

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه‌ی فناوری سامانه‌های ابزار دقیق نیروگاهی

مدیر پروژه: مهندس بابک امینی

گروه پژوهشی الکترونیک، کنترل و ابزار دقیق

راهبر: معاونت فناوری

ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر

سفارش دهنده: وزارت نیرو

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

✦ دکتر احمد افشار

✦ مهندس محمدعلی فرحناکیان

✦ دکتر حمید لطیفی

✦ دکتر محسن منتظری

✦ دکتر سید شمس‌الدین مهاجرزاده

✦ مهندس امیر نریمانی

ویرایش اول

۱۳۹۴

فراهم نمودن انرژی الکتریکی کافی و مطمئن به منزله تامین نیروی محرکه برای صنعت، کشاورزی، ساختمان‌های تجاری، ساختمان‌های مسکونی و دیگر خدمات اساسی، از بنیادی ترین نیازها و الزامات پیشرفت همه جانبه و توسعه پایدار می‌باشد. انرژی الکتریکی مورد نیاز عموماً توسط نیروگاه‌ها تولید می‌شود.

در نیروگاه تبدیل انرژی غیر الکتریکی به انرژی الکتریکی بوسیله ابزارهای پیچیده، حساس و گران قیمت انجام می‌شود. بنابراین مسائل وابسته به طراحی، ساخت، بهره‌برداری و نگهداری بهینه ابزارهای نیروگاهی از بالاترین درجه اهمیت دانشی-فنی و اقتصادی برخوردار هستند. بهره‌برداری و نگهداری بهینه نیز بدون استفاده از ابزارهای دقیق که وظیفه اندازه‌گیری پارامترهای گوناگون حفاظتی و کنترلی را دارا می‌باشند، ممکن نخواهد شد.

یکی از وظایف بنیادین سازمان‌های پژوهشی که نقش راهبری را در کشورها ایفا می‌کنند، شناخت دقیق وضعیت کنونی محورهای کاری مورد نظر، تعیین اهداف پژوهشی، بررسی فاصله و مسیر نیل به اهداف و نهایتاً برنامه‌ریزی برای دستیابی به اهداف تعیین شده می‌باشد. انجام مراحل اشاره شده، در واقع به RoadMapping یا فرآیند استخراج نقشه راه موسوم است، و سند نقشه راه یکی از محصولات این فرایند می‌باشد.

این پروژه، نگرشی فراگیر به شناخت نیازهای پژوهشی محور ابزار دقیق و اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها را مورد نظر قرار داده است. در همین راستا برون داد اصلی پروژه، سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته (ابزار دقیق) در نیروگاه‌های ایران خواهد بود.

این گزارش مربوط به فعالیت‌های صورت گرفته در گام یکم پروژه " تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها " بوده و توسط آقای مهندس امینی، خانم مهندس سیده فاطمه اشرفی، خانم مهندس یآوری و خانم مهندس علایی تهیه شده است.

## فهرست مطالب

- ۱- مقدمه ..... ۱
- ۲- تدوین مبانی سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها ..... ۱
  - ۱-۲- مرز بندی فنی ..... ۲
  - ۲-۲- اجزای سامانه اندازه‌گیری پیشرفته ..... ۳
  - ۳-۲- اهمیت و موارد کاربرد سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته (ابزار دقیق) ..... ۳
  - ۴-۲- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات ..... ۴
  - ۵-۲- تبیین سطح تحلیل ..... ۵
  - ۶-۲- تبیین افق زمانی تحلیل ..... ۶
  - ۷-۲- مشخصات فناوری‌های اندازه‌گیری پیشرفته ..... ۷
    - ۱-۷-۲- سابقه، پیچیدگی و دوره عمر سیستم‌های ابزار دقیق ..... ۷
    - ۳-۲- ضرورت توسعه و دلایل توجیه‌پذیر ..... ۱۳
    - ۱-۳-۲- منافع اجتماعی - اقتصادی حاصل از بومی‌سازی سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته ..... ۱۳
  - ۳- نتیجه‌گیری ..... ۱۴
- ۱۵- مراجع ..... ۱۵

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱- مقایسه میزان تولید برق نیروگاه‌های مختلف در سال ۱۳۹۲..... ۵
- جدول ۲- معرفی مراحل چرخه عمر فناوری‌های اصلی حوزه اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها..... ۱۱



## ۱- مقدمه

با توجه به نقش بنیادین انرژی برق در ساختار زیر بنایی صنعت و اقتصاد کشور، نیاز توجه به نیروگاه‌های برق به عنوان منابع پایه‌ای تولید این انرژی اهمیت بسیاری پیدا می‌کند. عموماً توان تولیدی این نیروگاه‌ها از طریق شبکه سراسری به شهرها و مراکز صنعتی، کشاورزی، تجاری و ... فرستاده می‌شود تا چرخه اقتصادی کشور به حرکت در آید. در واقع بدون وجود نیروگاه‌ها، سخن گفتن از مقوله‌ای به نام صنعت برق بیهوده است. بنابراین نصب، راه‌اندازی، بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها، از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد.

نگهداشت درست و مناسب، نقش بسیار زیادی را در افزایش عمر دستگاه‌های نیروگاه ایفا نموده و اثر بسزائی در بالابردن بهره اقتصادی آن دارد. همچنین داشتن آگاهی فراگیر از شیوه کارکرد و پایش دقیق و پیوسته کارکرد، موجب نگهداشت سرمایه‌های ملی می‌شود. یقیناً این اهداف بدون استفاده از ابزار دقیق به دست نخواهد آمد.

در ادامه بر پایه متدلوژی انجام پروژه که گام‌های اجرایی پروژه را مشخص نموده است، به تدوین مبانی سند نقشه راه توسعه سامانه‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها می‌پردازیم. لازم به توضیح است که برنامه زمانبندی انجام پروژه بر پایه این متدلوژی تنظیم شده و از مستندات پروژه می‌باشد.

## ۲- تدوین مبانی سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها

به منظور تدوین مبانی سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها، نخست باید چهارچوب موضوع برای انجام بررسی‌های بیشتر شناسایی شود.

در این طرح، گستره‌ی مطالعات و بررسی‌ها، به فناوری‌های دستگاه‌های ابزار دقیق نیروگاه‌های کنونی کشور و نیازهای بهره‌برداران آن‌ها بسته نمی‌شود، بلکه فناوری‌های اندازه‌گیری روز دنیا نیز مورد بررسی قرار می‌گیرند تا بستر مناسب برای آینده پژوهی، به دست آوردن دانش‌های فنی وابسته و در نهایت ساخت ابزار دقیق سال‌های آینده ایجاد شود. بنابراین می‌توان محورهای اصلی بررسی‌ها و واکاوی‌های این پروژه را به دسته‌های زیر بخش نمود:

- ✓ شناسایی تجهیزات ابزار دقیق کنونی به کار رفته در نیروگاه‌ها
- ✓ شناسایی فناوری‌های به کار رفته در ابزار دقیق کنونی نیروگاه‌ها

✓ شناسایی فناوری‌های به کار رفته در سایر تجهیزات اندازه‌گیری مشابه با پارامترهای اندازه‌گیری نیروگاه‌ها

✓ شناسایی فناوری‌های آینده‌دار در حوزه اندازه‌گیری ابزار دقیق

بر پایه مطالعات و بررسی‌های بالا، برون داده‌های زیر در قالب سند نقشه راه، به دست خواهد آمد:

➤ فهرست پروژه‌های طراحی و ساخت ابزار دقیق مورد نیاز نیروگاه‌ها که در قالب طرح‌ها و پروژه‌های اجرایی در

پژوهشگاه نیرو و یا با راهبری پژوهشگاه نیرو و به شیوه برون سپاری انجام خواهند شد.

➤ فهرست پروژه‌های پژوهشی فناوری‌های نوین و سال‌های آینده زمینه اندازه‌گیری که در قالب پروژه‌های پژوهشی،

کارشناسی ارشد و دکتری دنبال خواهد شد.

➤ فهرست پروژه‌ها یا سیاست‌های حمایتی در راستای دستیابی به اهداف سند، مانند: تقویت‌ساز و کارهای بومی‌سازی

تجهیزات، به کارگیری تجهیزات بومی‌سازی شده در نیروگاه‌ها و ...

در این بررسی‌ها، زمان و هزینه تقریبی انجام پروژه‌ها نیز مشخص خواهد شد.

## ۲-۱- تعریف ابزار دقیق

سامانه‌های ابزار دقیق عموماً شامل یک یا چند نوع حسگر بوده، که می‌توانند کمیت‌های فیزیکی مانند دما، فشار، فلو،

سطح، سرعت، نیرو را به کمیتی دیگر و غالباً الکتریکی تبدیل نموده، پس از مناسب‌سازی سطوح ولتاژ یا جریان، برای کاربر

نمایش داده و یا به دور دست بفرستند [۱ و ۵]. بخش حسگر به همراه مبدل را ترنس‌دیوسر می‌نامند.

به عبارت دیگر یک سامانه ابزار دقیق حتماً دارای بخش ترنس‌دیوسر است، اما نمایش می‌تواند به صورت محلی و یا در دور

دست صورت گیرد. اگر نمایش در دور دست صورت گیرد، سامانه ابزار دقیق، بخش انتقال دهنده داده را نیز در بر می‌گیرد، که

به مجموعه حسگر و بخش انتقال دهنده، ترنس‌میت‌ر گفته می‌شود. داده‌های اندازه‌گیری شده، در صورتیکه نیاز به پردازش بیشتر

داشته باشند، در دستگاه دیگری که آنالیزر نامیده می‌شود به کار گرفته می‌شوند.

برای نمونه در یک دستگاه ابزار دقیق فلومتر نوری گاز طبیعی، پس از حس کردن سرعت گاز با استفاده از فناوری

تشخیص برخورد ذرات معلق در گاز با نقطه‌های کانونی شده نور، عمل تبدیل شدت نور دریافتی به پالس‌های ولتاژ و همچنین

مناسب سازی انجام گرفته، سپس این سیگنال‌ها در آنالیزر پردازش می‌شوند تا پارامترهای مورد نظر مانند سرعت و حجم گاز

عبوری محاسبه شود. پارامترهای محاسبه شده می‌توانند از طریق درگاه‌های دستگاه پردازشگر برای دور دست نیز فرستاده شود.

لازم به توضیح است که محدوده تعریف پروژه‌های نهایی سند، بسته به نوع دستگاه اندازه‌گیری مورد نیاز می‌تواند از حسگر تا دستگاه پردازشگر گوناگون باشد، ولی فناوری‌های مورد بررسی در این پروژه تنها مربوط به بخش حسگر می‌باشد. فناوری بخش‌های ترنسدمیتر و یا آنالیزر در این سند مورد بررسی قرار نمی‌گیرند. به دیگر روی، پروژه‌های نهایی سند می‌تواند طراحی و ساخت یک ترنسدمیتر، یک ترنسدمیتر و یا یک آنالیزر باشد که عموماً چالش اصلی آن‌ها بخش حسگر آن‌ها است. در این پروژه تنها فناوری‌های گوناگون حسگرها بررسی خواهد شد.

## ۲-۲- اجزای سامانه اندازه‌گیری پیشرفته

اجزاء عمومی یک سامانه ابزار دقیق همان گونه که از تعریف آن بر می‌آید، به شرح زیر می‌باشند: [۱]

**حسگر:** بخشی از سامانه اندازه‌گیری است که کمیت مورد نظر دما، فشار، رطوبت و غیره را دریافت (حس) کرده و نسبت به آن واکنش نشان می‌دهد. این واکنش می‌تواند تغییر در اندازه، مقاومت، پلاریته یا شدت نور و ... حسگر باشد.

**مبدل:** در بخش دوم سامانه اندازه‌گیری بکار می‌رود و وظیفه آن تبدیل کمیت ورودی به کمیت الکتریکی است. زیرا کار کردن با سیگنال‌های الکتریکی بسیار آسان‌تر از ابزارهای نیوماتیکی، مکانیکی و شیمیایی است.

**مناسب ساز سیگنال:** در این بخش سیگنال‌های خروجی بخش مبدل، برای نمایش یا انتقال مناسب سازی می‌شود.

**انتقال دهنده:** بخشی از سامانه اندازه‌گیری است که سیگنال مناسب‌سازی شده را به مقصد مورد نظر انتقال می‌دهد.

**پردازشگر:** وظیفه پردازش داده‌ها و انجام محاسبات را به عهده دارد. کارهایی مانند حذف نویز و محاسبه پارامترها در این بخش صورت می‌گیرد.

## ۲-۳- اهمیت و موارد کاربرد سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته (ابزار دقیق)

پایش<sup>۱</sup> و واپایش<sup>۲</sup> هر دستگاهی که در تولید محصول یک فرایند نقش دارد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این فرایند می‌تواند چرخه تولید در تمامی صنایع باشد. با توجه به هزینه‌ی خرید، تعمیر و نگهداشت این دستگاه‌ها می‌توان به اهمیت نقش پایش پی برد، زیرا نگهداشت درست و مناسب، نقش بسیار مهمی را در افزایش عمر دستگاه‌ها ایفا نموده و اثر بسزائی در

<sup>1</sup>Monitoring

<sup>2</sup>Control

بالا بردن بهره اقتصادی آن دارد. همچنین داشتن آگاهی فراگیر از شیوه کارکرد، و پایش دقیق و پیوسته کارکرد، موجب نگهداشت سرمایه‌های ملی می‌شود. یقیناً این اهداف بدون استفاده از ابزار دقیق به دست نخواهد آمد.

برای نمونه اگر یک سامانه بسیار حساس باشد، با یک تغییر کوچک در ورودی، واکنش‌های شدیدی ایجاد می‌شود، بنابراین نیاز است تا تمام کمیت‌های سامانه مورد پایش قرار گیرد تا سامانه از کنترل خارج نشود. بنابراین می‌توان گفت، ابزار دقیق افزون بر پایش پارامترهای مهم فرآیندها، در کنترل آن‌ها نیز نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند.

با توجه به مطالب عنوان شده و با در نظر گرفتن اینکه سند در دست تهیه در راستای تولید تجهیزات ابزار دقیق می‌باشد می‌توان گفت فناوری مورد مطالعه، فناوری محصول می‌باشد.

## ۲-۴- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات

نیروگاه‌ها بسته به انرژی ورودی و همچنین شیوه کارکرد، به دسته‌های گوناگونی بخش می‌شوند که نام آشناترین آن‌ها عبارتند از:


- نیروگاه آبی
- نیروگاه بخاری
- نیروگاه گازی
- نیروگاه سیکل ترکیبی
- نیروگاه هسته‌ای
- نیروگاه بادی
- نیروگاه خورشیدی
- نیروگاه زمین گرمایی
- نیروگاه آبی جذر و مدی
- نیروگاه زیست توده

بسته به گونه نیروگاه، پارامترها و ابزار دقیق مورد نیاز، گوناگون می‌باشند. پارامترهایی که در بیشتر نیروگاه‌ها به کار رفته‌اند عبارتند از: تنش، کرنش، گشتاور، نیرو، جابجایی، تندی (سرعت)، شتاب، دما، رطوبت، فشار، بسامد، کیفیت شعله، شدت جریان

سیال، سطح، خوردگی، لرزش، جریان و ولتاژ، توزیع فشار سطحی، خوردگی لوله، شکست الکتریکی یا کرونا، گاز دودکش نیروگاه، آلاینده‌ها در پساب نیروگاه، و به مانند آن.

هر کدام از این نیروگاه‌ها سهمی در میزان تولید کشور دارند که در جدول (۱) آمده است [۲]. با توجه به اطلاعات جدول، آشکار است که نیروگاه سوخت سنگواره‌ای که شامل نیروگاه سیکل ترکیبی، نیروگاه بخار و نیروگاه گازی سهم زیادی در تولید برق دارند. به همین دلیل و با توجه به محدودیت‌های زمانی و مالی موجود، در این پروژه، تنها دستگاه‌های ابزار دقیق این نوع نیروگاه‌ها مورد بررسی قرار خواهد گرفت و بررسی ابزار دقیق انحصاری دیگر نیروگاه‌ها، در صورت نیاز، در ویرایش‌های بعدی سند راهبردی انجام می‌شود.

جدول ۱- مقایسه میزان تولید برق نیروگاه‌های مختلف در سال ۱۳۹۲

نمودار	درصد از کل	میزان تولید (مگاوات)	نوع نیروگاه
	۳۵/۲	۲۴۷۱۵	نیروگاه گازی
	۲۲/۵	۱۵۸۳۰	نیروگاه بخار
	۲۵/۴	۱۷۸۵۰	نیروگاه سیکل ترکیبی
	۱۴/۶	۱۰۲۶۵	نیروگاه برق آبی
	۱/۵	۱۰۲۰	نیروگاه هسته‌ای
	۰/۸	۶۰۱	بادی و انرژی‌های نو

## ۲-۵- تبیین سطح تحلیل

در این بخش، بر پایه تعریف پروژه، مرزهای جغرافیایی مطالعات و بررسی‌های موضوع "تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته (ابزار دقیق) در نیروگاه‌ها" مشخص خواهد شد. در همین راستا می‌توان چهارچوب بررسی‌ها را به دو دسته اشاره شده زیر بخش نمود:

### ➤ درون کشوری

یقیناً برای آماده نمودن سند راهبردی مورد نظر، باید یک رویکرد ملی وجود داشته باشد و در آن نیازهای کنونی و آینده نیروگاه‌های سراسر کشور دیده شود. البته به کارگیری ابزار دقیق تنها به صنایع نیروگاهی محدود نمی‌شود، و صنایع

مهمی مانند نفت و گاز و پتروشیمی را نیز در بر می‌گیرد. اما با توجه به تاکید وزارت نیرو بر انجام پروژه‌های نقشه راه در حوزه این وزارتخانه و همچنین محدود بودن زمان و بودجه انجام کار، چهارچوب سند محدود به نیروگاه‌ها خواهد بود. همانگونه که پیش از این اشاره شد، نیروگاه‌های کنونی کشور گوناگون بوده و بر پایه انرژی ورودی و همچنین شیوه کارکرد (بخاری، گازی و ...)، فناوری‌ها و ابزار دقیق گوناگونی نیز در آن‌ها به کار رفته است. این نیروگاه‌ها از نظر جغرافیایی نیز در سراسر کشور پراکنده می‌باشند. بنابراین، مطالعات و بررسی‌های لازم برای آماده کردن سند راهبردی، نیروگاه‌های سراسر کشور را در بر می‌گیرد.

### ➤ برون کشوری

کوشش‌های لازم برای آماده نمودن سند راهبردی موضوع، در پایان به ساخت محصولاتی خواهد انجامید که به نیازهای کنونی و آینده نیروگاه‌های کشور پاسخ می‌دهد. بخشی زیادی از این محصولات با توجه به اینکه گونه‌های نیروگاهی در جهان دارای شمار محدودی هستند، می‌توانند برای فروش، به بازارهای برون مرزی و به ویژه به کشورهای همسایه و همچنین کشورهای توسعه نیافته (آفریقایی و آمریکای لاتین) فرستاده شوند. ولی به سبب محدود بودن زمان و هزینه پروژه، بررسی گونه‌های نیروگاه‌های کشورهای برون مرزی اشاره شده و ابزار دقیق به کار رفته در آن‌ها، در چهارچوب مطالعاتی این پروژه نمی‌گنجد. هر چند که گونه‌های نیروگاهی عموماً در سراسر دنیا یکسان هستند.

## ۲-۶- تبیین افق زمانی تحلیل

یکی از ویژگی‌های سند راهبردی که باید آشکار شود، افق زمانی بررسی‌ها می‌باشد. برای این کار، موضوع از دو منظر

بررسی می‌شود:

### ➤ بازه زمانی نیازها

تا زمان عدم بروز تغییر بنیادین در شیوه تولید انرژی برق، نیروگاه‌های کنونی پابرجا خواهند بود و ابزار دقیق نیز در آن‌ها به کار خواهند رفت. همچنین فناوری‌های وابسته به آن‌ها نیز سال به سال تازه‌تر خواهند شد. بنابراین نیاز است تا پس از آماده نمودن سند راهبردی مورد نظر در این پروژه، سال به سال محصولات نوین جهانی ابزار دقیق رهگیری شده و برنامه‌ریزی‌های جدید، به سند راهبردی کنونی افزوده شود. همچنین، فهرست پروژه‌های جدیدی باید به سند کنونی افزوده شده و شاید شماری از

پروژه‌های کنونی نیز دگر شوند. بنابراین به جای کوشش برای یافتن نیازهای آینده دور، می‌توان بر روی نیازهای کوتاه و میان مدت (۱۴۰۴) همگرا شد.

### ➤ زمان دستیابی به دانش فنی محصولات

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت ابزار دقیق و یا فناوری‌های وابسته، بسته به پیچیدگی موضوع، زمان، هزینه و چالش‌های خود را در بر خواهد داشت.

همان‌گونه که در بخش‌های پیشین نیز اشاره شد، گاهی نیاز است پیش از آغاز پروژه طراحی و ساخت محصول مورد نظر، چالش‌های فناوری مربوطه، در قالب یک یا چند پروژه POC برطرف شوند. بنابراین دستیابی به دانش فنی ساخت محصول، می‌تواند کوتاه، در یک گام و یا بلند و در چند گام انجام شود.

بسته به زمان پیدایش فناوری، ابزارگان مورد نیاز برای به کارگیری فناوری و همچنین پیچیدگی فناوری، زمان مورد نیاز برای تولید ابزار دقیق مورد نظر گوناگون می‌باشد.

بر پایه گزاره‌های بالا، می‌توان افق زمانی واکاوی را به شیوه زیر بخش نمود:

- دستیابی به دانش فنی ابزار دقیق با چالش فناوری کم (۱-۵ سال)
- دستیابی به دانش فنی ابزار دقیق با چالش فناوری میانه (۵-۱۰ سال)

## ۷-۲- مشخصات فناوری‌های اندازه‌گیری پیشرفته

در این بخش جایگاه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها با توجه به چهارچوب زیر مشخص می‌شود.

### ۷-۲-۱- سابقه، پیچیدگی و دوره عمر سیستم‌های ابزار دقیق

الکترونیسته یکی از موضوعات جذاب دانشی از ابتدای سده هفدهم بوده است. یکی از نخستین مهندسين برق، آقای ویلیام گیلبرت می‌باشد که نخستین دستگاه اندازه‌گیری الکترونیسته یا الکتروسکوپ را طراحی کرد و آن را ورسوریوم<sup>۱</sup> نامید. همچنین او نخستین کسی بود که به شیوه شفاف مغناطیس و الکترونیسته‌ی ساکن را از هم تمیز داد.

<sup>۱</sup> Versorium

تلاش نخستین بشر برای درک زمان و تعیین موقعیت خود در شبانه‌روز از نخستین گام‌ها در طراحی سیستم‌های کنترل است که به ساخت ساعت‌های آبی انجامید. در همان دوران، سیستم‌های کنترل سطح روغن چراغ‌ها نیز طراحی شد. با رخداد انقلاب صنعتی در اروپا، کوره‌ها، بویلرها، موتورهای بخار پیشرفته و رگولاتورهای شناور طراحی شد که امکان کنترل آنها توسط سیستم‌های ساده امکان‌پذیر نبود. بنابراین سیستم‌های کنترل پیشرفته‌تری پس از انقلاب صنعتی طراحی شدند. کنترل آسیاب‌های بادی که برای نخستین بار توسط ایرانیان در سده هفتم میلادی ساخته شدند، گام مهمی در پیاده‌سازی کنترل خودکار به شمار می‌آید. این آسیاب‌ها در سال ۱۲۰۰ میلادی وارد اروپا شدند و تا سال ۱۶۰۰ میلادی مورد استفاده قرار گرفتند. در این آسیاب‌ها دو گونه سامانه کنترل وجود داشت، یکی کنترل راستای قرارگیری آسیاب به شیوه‌ای که بتواند از بیشینه نیروی باد استفاده کند و دیگری کنترل میزان گندم وارده به درون آسیاب. هر دوی این سامانه‌ها به شیوه تمام خودکار عمل کرده و نیاز به حضور هیچ کارگری نبود.

با گذشت زمان مهندسين به ساخت تجهيزاتى روى آوردند که در بالا بردن رفاه جامعه و سرعت بخشیدن به فعاليتها موثر باشد. از آنجایی که در ساخت این تجهیزات هزینه و زمان قابل ملاحظه‌ای صرف می‌شد، لذا همیشه مهندسان بدنبال راه‌حلی برای کاهش خسارت و تعیین هشدارهای لازم برای رفتار صحیح یا نادرست تجهیزات بوده‌اند تا از خرابی تجهیزات جلوگیری شود. بدین منظور روش‌های کنترلی، اندازه‌گیری و رفتارنگاری جهت تایید عملکرد صحیح تجهیز توسعه یافت، به طوریکه با پیشرفت و گسترش فناوری‌های مختلف علم ابزار دقیق جهت پایش بخش‌های مختلف تجهیزات توسعه یافته است. ابتدای سده بیستم، بیشتر واحدهای صنعتی تمام توان الکتریکی مورد نیاز را خود تولید می‌کردند. بین سال‌های نخستین دهه ۲۰ تا دهه ۷۰، صنعت برق رشد سریعی پیدا کرد. همزمان با این رشد سریع، هزینه‌های تولید نیروی برق نیز کاهش یافت که بیشتر به دلیل استفاده از فناوری‌های کارآ و پیشرفته در آن زمان بود. همچنین در این میان، بیشتر صنایع، تولید توان الکتریکی خود را به دلایل زیر قطع کردند:

- ✓ نیروگاه‌ها نرخ‌های برق تولیدی خود را کاهش دادند.
- ✓ قوانین مالیات بر درآمد به جای حمایت از سرمایه‌گذاری در امر فوق به نفع هزینه‌های خریداران برق بود.
- ✓ صنایع مشتاق بودند تا بیشتر به تولیدات توجه داشته باشند تا به مسائل جانبی تولید، مانند تولید توان الکتریکی.



اولین نیروگاه برق در سپتامبر ۱۸۸۲ در نیویورک به نام نیروگاه پرل استیریت توسط ادیسون برای روشنایی منهتن ساخته شد. پس از آن با توجه به افزایش تقاضا از طرف صنعت تعداد بیشتری نیروگاه احداث شد تا برق مورد نیاز را تامین کند. نیاز روز افزون کشورهای در حال توسعه به انرژی برق، نیازمند توسعه نیروگاه است. این امر طی سال‌های اخیر بسیار پر شتاب بوده است.

از آن جا که ساخت یک نیروگاه با صرف زمان و هزینه بالایی انجام می‌شود، لذا آشکار است که باید عملکرد هر یک از تجهیزاتی که در نیروگاه به کار گرفته می‌شوند به دقت مورد پایش قرار گیرد تا بتوان حداکثر استفاده از تجهیزات را برد. هر چه پارامترهای حیاتی در نیروگاه با دقت بیشتری اندازه‌گیری شوند، طول عمر کارکرد تجهیزات بالا رفته، نیاز به سرمایه‌گذاری برای ساخت نیروگاه جدید به تاخیر می‌افتد. بنابراین می‌توان گفت، استفاده از فناوری‌های نوینی که امکان پایش بهتری را در نیروگاه‌ها فراهم می‌کنند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

با توجه به گزاره‌های بالا، می‌توان گفت، پیشینه شکل‌گیری فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه به ابتدای سده بیستم میلادی بر می‌گردد. رشدی که تاکنون نیز ادامه دارد. با توجه به اهمیت تولید برق، سازندگان نیروگاه‌ها می‌کوشیدند از دستگاه‌ها و حسگرهای ابزار دقیق پیشرفته با ضریب اطمینان بالا، در راستای کنترل فرآیندهای تولید برق استفاده کنند. همواره با گذشت زمان و پیدایش فناوری‌های نوین، دستگاه‌های ابزار دقیق نوینی در نیروگاه‌ها به کار گرفته شده است که

از مهمترین فناوری‌های موجود در طراحی و ساخت تجهیزات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. [۳]

- فوتونیک
- میکروالکترونیک (Piezoptic, Piezoelectric, MOEMS, MEMS)
- تجهیزات الکترومغناطیس
- آکوستیک
- الکتروشیمیایی
- رادار
- الکترونیک
- مکانیک

در جدول (۲)، چرخه عمر این فناوری‌ها و دلایل انتخاب دوره‌ی مربوطه بیان شده است. لازم به توضیح است که دوره عمر معرفی شده برای هر یک از فناوری‌ها در جدول ۲، کلی بوده و ممکن است برای برخی تجهیزات متفاوت باشد. برای نمونه ممکن است فناوری مناسب و مورد استفاده برای ساخت یک دستگاه اندازه‌گیری فاصله (موقعیت)، الکترومغناطیسی باشد که به طور کلی از فناوری‌های قدیمی و رو به افول است، اما برای این دستگاه در مرحله رشد قرار داشته باشد. به این موضوع در گزارش‌های بعدی پروژه بیشتر پرداخته خواهد شد.

## جدول ۲- معرفی مراحل چرخه عمر فناوری‌های اصلی حوزه اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها

دورهٔ فناوری	دورهٔ بلوغ (اشباع)	دورهٔ رشد	دورهٔ معرفی (جینی)	دورهٔ پروردگی	دورهٔ افول (نزول)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>تغییرات عمده‌ای در تکنولوژی رخ نمی‌دهد، نوآوری به شدت کاهش می‌یابد و عمدتاً به بهینه‌سازی سیستم محدود می‌شود</li> <li>به دلیل بلوغ صنعت و تکنولوژی، بازار به بیشترین حد گسترش می‌یابد و رقابت در کاهش قیمت تشدید می‌شود</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>روند استفاده و بهره‌برداری از تکنولوژی به سرعت افزایش می‌یابد</li> <li>رقابت برای افزایش تولید و کاهش قیمت بالا می‌گیرد</li> <li>تحولات بنیادی در فرآیندهای تولید در جهت کاهش قیمت‌ها و تولید انبوه محصولات صورت می‌پذیرد</li> <li>استانداردشدن محصولات، قطعات و حتی فرآیندها است</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>محصول تکنولوژی وارد بازار شده است ولی بهره‌گیری از تکنولوژی رشد بسیار کندی دارد</li> <li>تکنولوژی در این مرحله بسیار متغیر و نامشخص (تثبیت نشده) است</li> <li>شرکت‌های بزرگ انگیزه و رغبتی برای سرمایه‌گذاری در تکنولوژی ندارند</li> <li>ریسک سرمایه‌گذاری بسیار بالا و در عوض قیمت‌ها و سود آن نیز بالا است</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>محصولات و فرآیندهای مرتبط با تکنولوژی در مرحلهٔ نوپایی قرار دارند</li> <li>مجموعه‌ای از نوآوری‌ها بی‌درپی رخ می‌دهند تا سرانجام یکی کامیاب شده و بر دیگران فائق می‌آید (جنگ ایده‌ها)</li> <li>آزمایش‌های تجربی صورت می‌گیرد و اشکالات اولیهٔ سیستم رفع می‌شود</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>از زمانی که تکنولوژی‌های جایگزین پا به عرصهٔ ظهور می‌گذارند، مرحلهٔ افول تکنولوژی قدیمی‌تر شروع می‌شود</li> <li>از دست رفتن بازار فروش و کاهش شدید قیمت‌ها</li> </ul>
		✓			
		✓			
	✓				
	✓				
	✓				
	✓				
	✓				
✓					

### Microelectronic و Optic

این فناوری به دلایل زیر در مرحله رشد قرار می‌گیرد.

- ✓ رشد بازار سریع
- ✓ افزایش تنوع محصولات و استانداردسازی آن‌ها
- ✓ رشد مالی حاصل از فروش محصولات که با سودآوری همراه است.
- ✓ کاهش هزینه تحقیق و توسعه با ادامه تولید محصول
- ✓ فروش محصول از رشد قابل توجهی برخوردار است

### Mechanic و Electronic ،Acoustic ،Radar

این فناوری به دلایل زیر در مرحله بلوغ قرار می‌گیرد.

- ✓ رشد بازار کاهنده
- ✓ کاهش قابل ملاحظه در تنوع محصولات
- ✓ کاهش قابل ملاحظه در تنوع محصولات و نیاز به تحقیق و توسعه فقط در مواقع لزوم
- ✓ تثبیت تعداد رقبا

### Electromagnetic و Electrochemical

این فناوری به دلایل زیر در مرحله افول قرار می‌گیرد.

- ✓ ظرفیت تولید کمتری در صنعت مورد نیاز است.
- ✓ صرف نکردن هزینه جهت انجام تحقیق و توسعه مگر برای فرآیند تولید یا احیای محصول تثبیت تعداد رقبا
- ✓ تعداد رقبا در این مرحله در حال کاهش است.

## ۲-۳- ضرورت توسعه و دلایل توجیه‌پذیر

دستیابی به دانش فناوری‌های نوین و بهره‌برداری از آن‌ها، یکی از سنجه‌های مهم رشد یافتگی کشورها به شمار می‌آید. با توجه به این که در جای جای سندهای گوناگون بالادستی کشور، به این سنجه اشاره شده است، بومی‌سازی فناوری‌های گوناگون در کشور ما، دارای اهمیت ویژه‌ای است.

درباره دانش اندازه‌گیری پیشرفته و یا ابزار دقیق، موضوع دارای اهمیت بیشتری است. صنایع پایه و مهمی چون نیرو و نفت به گونه‌ای گسترده از این ابزارها استفاده می‌کنند. می‌توان گفت بدون استفاده از دستگاه‌های ابزار دقیق، فرآیندهای تولید نیرو و نفت و دیگر صنایع وابسته ممکن نخواهد بود. همچنین، در بازی‌های سیاسی کنونی جهان، وارد آوردن فشارها اقتصادی با استفاده از ابزار تحریم‌های گسترده، بسیار رایج شده است. به همین سبب، توجه لازم و شایسته به بومی‌سازی دستگاه‌های مهم ابزار دقیق، اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. بر پایه گزارش کارشناسان خبره نیروگاهی، هم اکنون وابستگی بیش از ۷۰ درصدی به خرید تجهیزات ابزار دقیق از کشورهای دیگر وجود دارد.

با توجه به گزاره‌های بالا می‌توان مهم‌ترین دلایل نیاز به بومی‌سازی دستگاه‌های ابزار دقیق در کشور را به این گونه

برشمرد:

- گام برداشتن به سمت و سوی رشد یافتگی صنعتی و همسو شدن با اهداف سندهای بالادستی کشور
- کاهش وابستگی به دیگر کشورهای سازنده تجهیزات ابزار دقیق و کم اثر نمودن فشارهای تحریم اقتصادی
- کارآفرینی در کشور و تولید ثروت فراوان
- صرفه‌جویی ارزی
- به کارگیری ظرفیت انبوه دانشگاهی در راستای بومی‌سازی و ایجاد نشاط پژوهشی در میان دانشجویان

## ۲-۳-۱- منافع اجتماعی-اقتصادی حاصل از بومی‌سازی سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته

وجود بازار خرید چند صد میلیارد تومانی، از دیگر انگیزه‌های روی آوردن به موضوع بومی‌سازی این دستگاه‌ها است. با

دستیابی به دانش ساخت ابزار دقیق، می‌توان ثروت زیادی را در کشور تولید و از این روی، کارآفرینی نمود.

بر پایه اطلاعات به دست آمده از نیروگاه‌ها، برای یک نیروگاه ۸ واحدی ۱۸۰۰ مگاواتی فسیلی در حال بهره‌برداری، سالیانه حدود یک میلیارد تومان خرید خارجی برای دستگاه‌های ابزار دقیق صورت می‌گیرد. همچنین بر پایه گزارش‌های موجود وزارت نیرو، بیش از ۵۴۶ واحد گازی، بخاری و سیکل ترکیبی در کشور در حال بهره‌برداری و یا ساخت می‌باشند که سالیانه به حدود ۲۵۰ میلیارد تومان تجهیزات ابزار دقیق نیاز دارند.

آمار گمرک کشور در سال ۲۰۱۱ نیز ۱۷۷ میلیون دلار (حدود ۵۵۰ میلیارد تومان) واردات دستگاه‌های ابزار دقیق در کشور را اعلام می‌کند که نشان‌دهنده میزان مصرف بالای دیگر صنایع کشور می‌باشد. همچنین میزان واردات این نوع دستگاه‌ها توسط کشورهای مختلف در جهان، در سال ۲۰۱۳، بر پایه اطلاعات به دست آمده، ۷۳ میلیارد دلار می‌باشد که نشان از اهمیت و گستردگی موضوع اندازه‌گیری و دستگاه‌های وابسته می‌باشد [۴].

بر پایه گزاره‌های بالا می‌توان گفت، ورود هدفمند به حوزه دستگاه‌های ابزار دقیق می‌تواند منافع اقتصادی قابل توجهی را برای کشور در بر داشته باشد.

### ۳- نتیجه‌گیری

در این گزارش بر پایه متدلوژی گزینش شده برای پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته (ابزار دقیق) در نیروگاه‌ها"، اطلاعات گوناگونی در ارتباط با مبانی سند مورد نظر ارائه شد. تعریف موضوع ابزار دقیق، اجزاء مربوطه، چهارچوب و محدوده مطالعات پروژه، اهمیت موضوع از منظرهای اجتماعی و اقتصادی، افق زمانی برنامه‌ریزی و بازیگران اصلی حوزه ابزار دقیق از جمله موارد مطرح شده در این گزارش می‌باشند. همچنین در این گزارش به فناوری‌های اصلی دستگاه‌های ابزار دقیق و دوره عمر آن‌ها اشاره شد. در گزارش مرحله دوم پروژه جزئیات بیشتری در خصوص چگونگی شناسایی این فناوری‌ها، ابعاد فنی و پیچیدگی هر یک از آن‌ها ارائه خواهد شد.

## مراجع

[۱] حمیدرضا تقی راد "مبانی اندازه‌گیری در سیستم‌های ابزار دقیق" دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۲.

[2] [www.tavanir.org.ir](http://www.tavanir.org.ir)

[۳] گزارش مرحله دوم پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها" پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۳.

[4] [www.irica.gov.ir](http://www.irica.gov.ir)

[5] John G. Webster, "The Measurement, Instrumentation And Sensors HANDBOOK", 1999.

## فهرست مطالب

فصل اول: آشنایی با بخش‌های اصلی نیروگاه سیکل ترکیبی.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- نیروگاه‌های سیکل ترکیبی.....	۲
۱-۲-۱- واحد گازی.....	۳
۱-۲-۱-۱- کمپرسور.....	۳
۲-۱-۲-۱- محفظه احتراق.....	۴
۳-۱-۲-۱- توربین.....	۵
۴-۱-۲-۱- ژنراتور.....	۶
۵-۱-۲-۱- سیستم روانکاری.....	۷
۶-۱-۲-۱- آگزوز.....	۸
۷-۱-۲-۱- سوخت رسانی.....	۹
۲-۲-۱- واحد بخار.....	۱۰
۱-۲-۲-۱- بویلر.....	۱۰
۲-۲-۲-۱- کندانسور.....	۱۲
۳-۲-۲-۱- سیستم آب تغذیه.....	۱۲
۴-۲-۲-۱- واحد شیمی.....	۱۳
۵-۲-۲-۱- برج خنک کن.....	۱۴
۶-۲-۲-۱- دودکش نیروگاه.....	۱۵
فصل دوم: شناسایی حوزه‌های فناورانه اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه.....	
۱-۲- مقدمه.....	۱۵
۲-۲- پارامترهای مورد اندازه‌گیری و تجهیزات سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته (ابزار دقیق).....	۱۵
۳-۲- حسگر فشار.....	۱۶



- ۱۷-۳-۲- حسگر فشار دیافراگمی ..... ۱۷
- ۱۷-۳-۲- حسگر فشار خازنی ..... ۱۷
- ۱۷-۳-۲- حسگر فشار الکترومغناطیسی ..... ۱۷
- ۱۸-۳-۲- حسگر فشار پیزوالکتریک ..... ۱۸
- ۱۸-۳-۲- حسگر فشار نوری ..... ۱۸
- ۱۸-۳-۲-۱- فشارسنج توری پراش براگ یا FBG ..... ۱۸
- ۱۸-۳-۲-۲- فشارسنج ماخ-زندر ..... ۱۸
- ۱۹-۳-۲-۳- فشارسنج فابری پرو ..... ۱۹
- ۱۹-۳-۲-۴- فشارسنج فیبر نوری ..... ۱۹
- ۲۰-۳-۲-۵- Sagnac فشارسنج ..... ۲۰
- ۲۰-۳-۲-۶- حسگر فشار Surface Plasmon Resonance ..... ۲۰
- ۲۱-۳-۲-۶- حسگر فشار پتانسیومتری ..... ۲۱
- ۲۱-۳-۲-۷- حسگر فشار رزونانس ..... ۲۱
- ۲۱-۳-۲-۸- حسگر فشار پیزو رزیستور ..... ۲۱
- ۲۲-۳-۲-۹- حسگر فشار MEMS ..... ۲۲
- ۲۲-۳-۲-۱۰- حسگر فشار MOEMS ..... ۲۲
- ۲۲-۳-۲-۱۱- حسگر فشار هدایت گرمایی ..... ۲۲
- ۲۳-۳-۲-۱۲- حسگر فشار یونیزاسیون ..... ۲۳
- ۲۴-۳-۲-۱۳- سیستم اندازه‌گیری توزیع فشار سطحی ..... ۲۴
- ۲۴-۳-۲-۱۴- حسگر فشار SAW ..... ۲۴
- ۲۴-۲-۴- حسگر دبی سنج ..... ۲۵
- ۲۵-۴-۲-۱- دبی‌سنج‌های فشاری (Head Meters) ..... ۲۵
- ۲۵-۴-۲-۱-۱- دبی‌سنج‌های Orifice Plate ..... ۲۵

- ۲۶ ..... Venturi Tubes دبی‌سنج‌های ۲-۱-۴-۲
- ۲۶ ..... Rotameters دبی‌سنج‌های ۳-۱-۴-۲
- ۲۶ ..... Vortex Meters دبی‌سنج‌های ۴-۱-۴-۲
- ۲۶ ..... (Velocity Meters) دبی‌سنج‌های سرعتی ۲-۴-۲
- ۲۶ ..... Turbine Meters دبی‌سنج‌های ۳-۴-۲
- ۲۷ ..... Ultrasonic Meters دبی‌سنج‌های ۴-۴-۲
- ۲۷ ..... (Mass-Meters) دبی‌سنج‌های جرمی ۵-۴-۲
- ۲۷ ..... Thermal Meters دبی‌سنج‌های ۶-۴-۲
- ۲۸ ..... دبی‌سنج‌های جابجایی مثبت ۷-۴-۲
- ۲۸ ..... دبی‌سنج راداری ۸-۴-۲
- ۲۸ ..... دبی‌سنج نوری ۹-۴-۲
- ۲۸ ..... اندازه‌گیری سرعت جریان (دبی‌سنج) با استفاده از شیفت داپلر ۱-۹-۴-۲
- ۲۹ ..... Scintillation اندازه‌گیری سرعت جریان با استفاده از روش ۲-۹-۴-۲
- ۳۰ ..... اندازه‌گیری سرعت جریان با استفاده از جذب نور فرسرخ ۳-۹-۴-۲
- ۳۱ ..... L2F اندازه‌گیری سرعت جریان به روش ۴-۹-۴-۲
- ۳۲ ..... دبی‌سنج الکترومغناطیسی ۱۰-۴-۲
- ۳۲ ..... دبی‌سنج کوریولیس ۱۱-۴-۲
- ۳۲ ..... دبی‌سنج پیزوالکتریک ۱۲-۴-۲
- ۳۲ ..... SAW دبی‌سنج ۱۳-۴-۲
- ۳۳ ..... حسگر سطح سنج ۵-۲
- ۳۳ ..... سطح‌سنج شناوری ۱-۵-۲
- ۳۳ ..... سطح‌سنج اولتراسونیک ۲-۵-۲
- ۳۳ ..... سطح‌سنج سایت گلاس ۳-۵-۲

- ۳۳ ..... ۲-۵-۴- سطح‌سنج هیدرواستاتیک (اختلاف فشار).....
- ۳۴ ..... ۲-۵-۵- سطح‌سنج راداری .....
- ۳۴ ..... ۲-۵-۶- سطح‌سنج نوری .....
- ۳۴ ..... ۲-۵-۶-۱- سطح‌سنج منشوری .....
- ۳۵ ..... ۲-۵-۶-۲- سطح‌سنجی مایعات با استفاده از فیبر نوری.....
- ۳۵ ..... ۲-۵-۶-۳- سطح‌سنجی مایعات با تشخیص اختلاف حرارت.....
- ۳۵ ..... ۲-۵-۶-۴- اندازه‌گیری سطح مایع با روش زمان پرواز.....
- ۳۵ ..... ۲-۵-۷- سطح‌سنج مغناطیسی .....
- ۳۶ ..... ۲-۵-۸- سطح‌سنج بویانسی .....
- ۳۶ ..... ۲-۵-۹- سطح‌سنج اشعه گاما.....
- ۳۶ ..... ۲-۵-۱۰- سطح‌سنج ارتعاشی .....
- ۳۷ ..... ۲-۵-۱۱- سطح‌سنج پره‌ای پدالی .....
- ۳۷ ..... ۲-۵-۱۲- سطح‌سنج TDR.....
- ۳۷ ..... ۲-۶-۶- حسگر دما.....
- ۳۷ ..... ۲-۶-۱- دماسنج با مقاومت الکتریکی.....
- ۳۸ ..... ۲-۶-۲- دماسنج‌های پلاتینی صنعتی IPTR.....
- ۳۸ ..... ۲-۶-۳- دماسنج‌های مقاومتی.....
- ۳۸ ..... ۲-۶-۴- دماسنج گازی .....
- ۳۹ ..... ۲-۶-۵- دماسنج مایعی .....
- ۳۹ ..... ۲-۶-۶- دماسنج انبساط سیال .....
- ۳۹ ..... ۲-۶-۷- دماسنج الکتریکی.....
- ۳۹ ..... ۲-۶-۸- دماسنج کریستال کوآرتز .....
- ۳۹ ..... ۲-۶-۹- ترموکوپل .....

- ۲-۶-۱۰- دماسنج آلتراسونیک ..... ۴۰
- ۲-۶-۱۱- حسگر دما به روش پیزوالکتریک ..... ۴۰
- ۲-۶-۱۲- حسگر دما به روش SAW ..... ۴۰
- ۲-۶-۱۳- حسگر دما به روش نوری ..... ۴۰
- ۲-۶-۱۳-۱- دماسنج نوری پراکندگی رامان ..... ۴۰
- ۲-۶-۱۳-۲- دماسنج نوری پراکندگی بریلوئن ..... ۴۰
- ۲-۶-۱۳-۳- دماسنجی بر اساس تداخل سنج فابری- پرو ..... ۴۱
- ۲-۶-۱۳-۴- دماسنجی بر اساس تغییر ضریب شکست ..... ۴۱
- ۲-۶-۱۳-۵- دماسنجی بر اساس تداخل سنج ماخ- زندر ..... ۴۱
- ۲-۶-۱۳-۶- دماسنجی بر اساس نیمه‌رسانای GaAs ..... ۴۲
- ۲-۶-۱۳-۷- دماسنجی بر اساس جسم سیاه ..... ۴۲
- ۲-۶-۱۳-۸- دماسنج ترموکرومیک ..... ۴۳
- ۲-۶-۱۳-۹- دماسنج فلورسانت ..... ۴۳
- ۲-۶-۱۳-۱۰- دماسنج نوری براگ ..... ۴۴
- ۲-۶-۱۳-۱۱- حسگر دما به روش پلاسمون سطحی ..... ۴۴
- ۲-۶-۱۳-۱۲- حسگر دما به روش تداخل سنج sagnac ..... ۴۵
- ۲-۶-۱۳-۱۳- حسگر دما به روش هولوگراف ..... ۴۶
- ۲-۶-۱۳-۱۴- پیرومتر یا ترموالکتریک ..... ۴۷
- ۲-۶-۱۳-۱۵- دوربین ترموگرافی ..... ۴۸
- ۲-۷-۷- حسگر سرعت چرخشی ..... ۵۰
- ۲-۷-۱- تاکومترهای الکترومغناطیسی ..... ۵۰
- ۲-۷-۱-۱- تاکومتر با خروجی DC ..... ۵۱
- ۲-۷-۱-۲- تاکومترهای با روتور مغناطیس دائم ..... ۵۱

- ۵۱ ..... ۲-۷-۱-۳- تاکومترهای القای AC
- ۵۱ ..... ۲-۷-۱-۴- تاکومتر مغناطیسی روتور دندانه‌ای
- ۵۲ ..... ۲-۷-۲- تاکومترهای نوری
- ۵۲ ..... ۲-۷-۲-۱- تاکومتر لیزری
- ۵۲ ..... ۲-۷-۲-۲- تاکومتر مگنتوایپتیک فارادی
- ۵۳ ..... ۲-۷-۲-۳- استربوسکوپ
- ۵۴ ..... ۲-۷-۳- انکودرهای چرخشی
- ۵۴ ..... ۲-۷-۴- تاکومتر سویچی
- ۵۴ ..... ۲-۷-۵- تاکومتر کرنشی
- ۵۵ ..... ۲-۸-۱- شتاب‌سنج
- ۵۵ ..... ۲-۸-۱-۱- شتاب‌سنج پیزوالکتریک
- ۵۶ ..... ۲-۸-۲- شتاب‌سنج پیزومقاومتی
- ۵۶ ..... ۲-۸-۳- شتاب‌سنج حرارتی
- ۵۷ ..... ۲-۸-۴- Thermal MEMS شتاب‌سنج
- ۵۷ ..... ۲-۸-۵- Microthermal شتاب‌سنج
- ۵۷ ..... ۲-۸-۶- Surface micromachined capacitive شتاب‌سنج
- ۵۸ ..... ۲-۸-۷- Bulk micromachined capacitive شتاب‌سنج
- ۵۸ ..... ۲-۸-۸- Electromechanical Servo شتاب‌سنج
- ۵۹ ..... ۲-۸-۹- Spring mass Accelerometer شتاب‌سنج
- ۵۹ ..... ۲-۸-۱۰- شتاب‌سنج نوری
- ۵۹ ..... ۲-۸-۱۰-۱- شتاب‌سنج فیبر نوری
- ۶۰ ..... ۲-۸-۱۰-۲- FBG شتاب‌سنج
- ۶۱ ..... ۲-۸-۱۰-۳- sagnac شتاب‌سنج

- ۶۲ ..... PIGA شتاب‌سنج ۱۱-۸-۲
- ۶۳ ..... A closed loop electrostatic شتاب‌سنج ۱۲-۸-۲
- ۶۳ ..... شتاب‌سنج استرین گیج ..... ۱۳-۸-۲
- ۶۴ ..... شتاب‌سنج نوسانی ..... ۱۴-۸-۳
- ۶۴ ..... SAW شتاب‌سنج‌های ..... ۱۵-۸-۲
- ۶۴ ..... رطوبت‌سنج ..... ۹-۲-۹
- ۶۴ ..... رطوبت‌سنج خازنی ..... ۱-۹-۲
- ۶۴ ..... رطوبت‌سنج مقاومتی ..... ۲-۹-۲
- ۶۵ ..... Gravimetric رطوبت‌سنج ..... ۳-۹-۲
- ۶۵ ..... Hygrometric رطوبت‌سنج ..... ۴-۹-۲
- ۶۵ ..... رطوبت‌سنج پیزوالکتریک ..... ۵-۹-۲
- ۶۵ ..... رطوبت‌سنج هدایت گرمایی ..... ۶-۹-۲
- ۶۶ ..... SAW رطوبت‌سنج ..... ۷-۹-۲
- ۶۶ ..... MEMS رطوبت‌سنج ..... ۸-۹-۲
- ۶۶ ..... Metal-paper coil type رطوبت‌سنج ..... ۹-۹-۲
- ۶۶ ..... Psychrometer (wet & dry Bulb Thermometers) رطوبت‌سنج ..... ۱۰-۹-۲
- ۶۶ ..... Sling Psychrometer رطوبت‌سنج ..... ۱۱-۹-۲
- ۶۷ ..... Chilled-Mirror dew point رطوبت‌سنج ..... ۱۲-۹-۲
- ۶۸ ..... Quartz crystal microbalance رطوبت‌سنج ..... ۱۳-۹-۲
- ۶۸ ..... Capacitive carbon nanotube رطوبت‌سنج ..... ۱۴-۹-۲
- ۶۸ ..... Magneto elastic رطوبت‌سنج ..... ۱۵-۹-۲
- ۶۹ ..... Quartz tuning fork رطوبت‌سنج ..... ۱۶-۹-۲
- ۶۹ ..... رطوبت‌سنج نوری ..... ۱۷-۹-۲

- ۶۹ ..... ۲-۹-۱۷-۱- حسگر رطوبت‌سنج هولوگرافیک
- ۷۰ ..... ۲-۹-۱۷-۲- حسگر رطوبت Sagnac
- ۷۱ ..... ۲-۹-۱۷-۳- حسگر رطوبت تداخل‌سنج فابری پرو
- ۷۲ ..... ۲-۹-۱۷-۴- حسگر رطوبت FBG
- ۷۳ ..... ۲-۹-۱۷-۵- حسگر رطوبت فیبر اپتیکی
- ۷۴ ..... ۲-۹-۱۷-۶- حسگر رطوبت جذب اپتیکی
- ۷۴ ..... ۲-۹-۱۷-۷- حسگر رطوبت فوتونیک کریستال
- ۷۵ ..... ۲-۹-۱۷-۸- حسگر رطوبت مادون قرمز
- ۷۶ ..... ۲-۹-۱۷-۹- حسگر رطوبت‌سنج Surface Plasmon Resonance
- ۷۷ ..... ۲-۱۰-۱- شعله‌بین
- ۷۸ ..... ۲-۱۰-۱- شعله‌بین ماورای بنفش
- ۷۸ ..... ۲-۱۰-۲- شعله‌بین Near IR Array , IR3 , Dual IR , Infrared
- ۷۸ ..... ۲-۱۰-۳- شعله‌بین UV/IR
- ۷۸ ..... ۲-۱۰-۴- شعله‌بین Visible sensors
- ۷۸ ..... ۲-۱۰-۵- شعله‌بین با استفاده از دوربین
- ۷۸ ..... ۲-۱۰-۶- شعله‌بین Ionization current
- ۷۹ ..... ۲-۱۰-۷- شعله‌بین ترموکوپل
- ۷۹ ..... ۲-۱۱-۱- نشتی گاز
- ۷۹ ..... ۲-۱۱-۱- نشت یاب الکتروشیمیایی
- ۷۹ ..... ۲-۱۱-۲- نشت یاب نیمه‌هادی
- ۷۹ ..... ۲-۱۱-۳- نشت یاب آلتراسونیک
- ۷۹ ..... ۲-۱۱-۴- نشت یاب مادون قرمز
- ۸۰ ..... ۲-۱۱-۵- نشت یاب به روش نوری تداخل‌سنجی

- ۱۲-۲- تخلیه‌ی جزئی ..... ۸۱
- ۱۲-۲-۱- دوربین ماورای بنفش ..... ۸۲
- ۱۳-۲- ولتاژ و جریان ..... ۸۳
- ۱۳-۲-۱- اندازه‌گیری ولتاژ و جریان اثر هال ..... ۸۳
- ۱۳-۲-۲- اندازه‌گیری جریان روگوفسکی ..... ۸۳
- ۱۳-۲-۳- اندازه‌گیری ولتاژ و جریان پیزوالکتریک ..... ۸۳
- ۱۳-۲-۴- اندازه‌گیری ولتاژ و جریان پیزوپتیک ..... ۸۴
- ۱۳-۲-۵- اندازه‌گیری ولتاژ و جریان SAW ..... ۸۴
- ۱۳-۲-۶- دستگاه اندازه‌گیری جریان به روش نوری ..... ۸۴
- ۱۳-۲-۷- دستگاه اندازه‌گیری ولتاژ به روش نوری ..... ۸۴
- ۱۴-۲- کالریمتر ..... ۸۵
- ۱۴-۲-۱- کروماتوگرافی گاز ..... ۸۵
- ۱۴-۲-۲- کالریمتر به روش MEMS ..... ۸۶
- ۱۴-۲-۳- کالریمتر به روش شیمیایی ..... ۸۶
- ۱۴-۲-۴- کالریمتر به روش نوری ..... ۸۷
- ۱۵-۲- اندازه‌گیری غلظت گازها در روغن ترانس ..... ۸۷
- ۱۵-۲-۱- روش مادون قرمز ..... ۸۸
- ۱۵-۲-۲- روش فتوآکوستیک ..... ۸۸
- ۱۵-۲-۳- روش فتویونیزاسیون ..... ۸۸
- ۱۵-۲-۴- حسگرهای نیمه‌هادی ..... ۸۸
- ۱۶-۲- ارتعاش ..... ۸۹
- ۱۶-۲-۱- ارتعاش سنج SAW ..... ۸۹
- ۱۶-۲-۲- ارتعاش سنج پیزوالکتریک ..... ۸۹



- ۹۰ ..... ۳-۱۶-۲ ارتعاش سنج پیزومقاومتی
- ۹۰ ..... ۴-۱۶-۲ ارتعاش سنج خازنی
- ۹۰ ..... ۵-۱۶-۲ ارتعاش سنج نوری
- ۹۰ ..... ۱-۵-۱۶-۲ ارتعاش سنج لیزر داپلر
- ۹۱ ..... ۲-۵-۱۶-۲ ارتعاش سنج فیبر نوری
- ۹۳ ..... ۱۷-۲- اندازه‌گیری فاصله، موقعیت و جابجایی
- ۹۳ ..... ۱-۱۷-۲ اندازه‌گیری فاصله به روش آلتراسونیک
- ۹۳ ..... ۲-۱۷-۲ اندازه‌گیری فاصله به روش خازنی
- ۹۴ ..... ۳-۱۷-۲ اندازه‌گیری فاصله به روش جریان گردابی
- ۹۴ ..... ۴-۱۷-۲ اندازه‌گیری فاصله به روش SAW
- ۹۴ ..... ۵-۱۷-۲ اندازه‌گیری فاصله به روش LVDT
- ۹۵ ..... ۶-۱۷-۲ فاصله‌سنجی به روش نوری
- ۹۵ ..... ۱-۶-۱۷-۴ تداخل سنجی
- ۹۵ ..... ۲-۶-۱۷-۲ روش جابجایی فاز
- ۹۶ ..... ۳-۶-۱۷-۲ روش FMCW
- ۹۶ ..... ۴-۶-۱۷-۲ روش مثلث‌سازی
- ۹۶ ..... ۵-۶-۱۷-۲ روش زمان پرواز
- ۹۷ ..... ۶-۶-۱۷-۲ فاصله‌سنجی FBG
- ۹۸ ..... ۷-۶-۱۷-۲ فاصله‌سنجی به روش پلاسمون
- ۹۹ ..... ۸-۶-۱۷-۲ فاصله‌سنجی به روش هولوگرافیک
- ۹۹ ..... ۹-۶-۱۷-۲ روش اندازه‌گیری Laser confocal microscope
- ۱۰۰ ..... ۱۰-۶-۱۷-۲ روش اندازه‌گیری CCS prima confocal
- ۱۰۰ ..... ۷-۱۷-۲ اندازه‌گیری فاصله به روش پتانسیومتری

- ۱۰۱-۱۷-۲-۸- حسگر مجاورتی.....
- ۱۰۱-۱۷-۲-۹- اندازه‌گیری موقعیت به روش Encoders.....
- ۱۰۱-۱۷-۲-۱۰- اندازه‌گیری فاصله به روش Seismic displacement pick-up.....
- ۱۰۲-۱۷-۲-۱۱- اندازه‌گیری فاصله به روش Magneto-inductive.....
- ۱۰۲-۱۷-۲-۱۲- روش اندازه‌گیری RVDT.....
- ۱۰۲-۱۷-۲-۱۳- روش اندازه‌گیری پیزوالکتریک.....
- ۱۰۲-۱۸-۲- پایش مداوم گازهای دودکش نیروگاه‌ها.....
- ۱۰۴-۱۹-۲- اندازه‌گیری غلظت روغن در آب‌های فرایندی و پساب نیروگاه‌ها.....
- ۱۰۴-۱۹-۲-۱- جذب فرابنفش.....
- ۱۰۵-۱۹-۲-۲- روش فلورسانس.....
- ۱۰۵-۱۹-۲-۳- لیدار.....
- ۱۰۶-۲۰-۲- اندازه‌گیری هیدروژن.....
- ۱۰۶-۲۰-۲-۱- حسگرهای مقاومتی.....
- ۱۰۶-۲۰-۲-۲- حسگر گاز هیدروژن با ساختار سیلیکون.....
- ۱۰۷-۲۰-۲-۳- حسگر صوتی.....
- ۱۰۷-۲۰-۲-۱- فوتوآکوستیک.....
- ۱۰۷-۲۰-۲-۲- حسگرهای SAW.....
- ۱۰۷-۲۰-۲-۴- حسگر هدایت گرمایی با استفاده از فناوری MEMS.....
- ۱۰۷-۲۰-۲-۵- اندازه‌گیری غلظت هیدروژن به روش نوری.....
- ۱۰۷-۲۰-۲-۱-۵- اندازه‌گیری غلظت هیدروژن به روش مادون قرمز.....
- ۱۰۸-۲۰-۲-۲-۵- اندازه‌گیری غلظت هیدروژن به روش فیبر نوری.....
- ۱۰۹-۲۰-۲-۳-۵- اندازه‌گیری غلظت هیدروژن به روش FBG.....
- ۱۰۹-۲۰-۲-۴-۵- اندازه‌گیری غلظت هیدروژن به روش تداخل‌سنجی.....

- ۱۱۰-۲-۲۰-۵-۵- اندازه‌گیری غلظت هیدروژن به روش پلاسمون ..... ۱۱۰
- ۱۱۱-۲-۲۱- اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی ..... ۱۱۱
- ۱۱۱-۲-۲۱-۱- روش حجمی ..... ۱۱۱
- ۱۱۲-۲-۲۱-۲- روش‌های تجزیه وزنی ..... ۱۱۲
- ۱۱۲-۲-۲۱-۳- ولتامتری ..... ۱۱۲
- ۱۱۲-۲-۲۱-۴- تیتراسیون ..... ۱۱۲
- ۱۱۳-۲-۲۱-۴-۱- یدومتری - تیتراسیون وینکلر ..... ۱۱۳
- ۱۱۳-۲-۲۱-۴-۲- کمپلکسومتری ..... ۱۱۳
- ۱۱۳-۲-۲۱-۴-۳- نقره‌سنجی ..... ۱۱۳
- ۱۱۳-۲-۲۱-۵- روش کدری‌سنجی ..... ۱۱۳
- ۱۱۴-۲-۲۱-۶- فتومتری ..... ۱۱۴
- ۱۱۴-۲-۲۱-۷- اندازه‌گیری قابلیت رسانش الکتریکی آب ..... ۱۱۴
- ۱۱۴-۲-۲۱-۸- جذب اتمی ..... ۱۱۴
- ۱۱۵-۲-۲۱-۹- کمومتریکس ..... ۱۱۵
- ۱۱۵-۲-۲۱-۱۰- کروماتوگرافی ..... ۱۱۵
- ۱۱۵-۲-۲۱-۱۱- اشعه ایکس ..... ۱۱۵
- ۱۱۶-۲-۲۱-۱۲- دستگاه اندازه‌گیری اکسیژن محلول در آب به روش نوری ..... ۱۱۶
- ۱۱۷-۲-۲۱-۱۳- حسگر اندازه‌گیری PH به روش جذب ..... ۱۱۷
- ۱۱۷-۲-۲۱-۱۴- حسگر اندازه‌گیری PH به روش فلورسانس ..... ۱۱۷
- ۱۵ فصل سوم ..... ۱۵
- ۱۵ هوشمندی فناوری ..... ۱۵
- ۱۲۲-۳-۱- مقدمه ..... ۱۲۲
- ۱۲۲-۳-۲- رده‌بندی فناوری‌های بکارگرفته شده در ساخت حسگرها ..... ۱۲۲

- ۱۲۹..... ۳-۳- آینده پژوهی
- ۱۲۹..... ۳-۳-۱- شرکت SIEMENS
- ۱۳۰..... ۳-۳-۲- شرکت ABB
- ۱۳۲..... ۳-۳-۳- شرکت YOKOGAWA
- ۱۳۳..... ۳-۳-۴- شرکت GE
- ۱۳۳..... ۳-۳-۵- مراکز تحقیقاتی دنیا
- ۱۳۸..... نتیجه‌گیری
- ۱۳۹..... منابع و مراجع
- ۱۵۱..... پیوست شماره‌ی یک
- ۱۵۱..... جدول حسگرها
- ۱۶۰..... پیوست شماره‌ی دو
- ۱۶۰..... نشست نامه‌ها

### فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱-۱- بلوک دیاگرام نیروگاه سیکل ترکیبی ..... ۳
- شکل ۱-۲-۱- فشارسنج ماخ- زندر ..... ۱۹
- شکل ۲-۲-۲- فشارسنج فابری پرو ..... ۱۹
- شکل ۳-۲-۳- نحوه تصویرسازی در اتصال فیبرهای تک مد- چند مد- تک مد ..... ۲۰
- شکل ۴-۲-۴- تغییر مکان تصویر ایجاد شده در فیبر هنگامی که مجموعه تحت فشار خارجی قرار گیرد. .... ۲۰
- شکل ۵-۲-۵- نمایی از حسگر فشار هدایت گرمایی ..... ۲۳
- شکل ۶-۲-۶- حسگر فشار یونیزاسیون ..... ۲۴
- شکل ۷-۲-۷- عناصر اصلی حسگر فشار فابری پرو ..... ۲۴
- شکل ۸-۲-۸- ساختار حسگر SAW ..... ۲۵
- شکل ۹-۲-۹- جبهه‌های موج پراکنده شده از یک ذره که در مسیر AB در حال حرکت است ..... ۲۹
- شکل ۱۰-۲-۱۰- اساس کار اندازه‌گیر سرعت جریان با استفاده از جذب نور ..... ۳۱
- شکل ۱۱-۲-۱۱- اساس کار اندازه‌گیر سرعت گاز با روش L2F ..... ۳۱
- شکل ۱۲-۲-۱۲- سطح‌سنجی با استفاده از امواج رادار ..... ۳۴
- شکل ۱۳-۲-۱۳- سطح‌سنجی با استفاده از نور ..... ۳۵
- شکل ۱۴-۲-۱۴- سطح‌سنجی با استفاده از موج گاما ..... ۳۶
- شکل ۱۵-۲-۱۵- دماسنج فیبر نوری با حسگر فابری پرو ..... ۴۱
- شکل ۱۶-۲-۱۶- تداخل‌سنج ماخ - زندر ..... ۴۲
- شکل ۱۷-۲-۱۷- دماسنج فیبر نوری بر پایه‌ی نیمه‌رسانای GAAS ..... ۴۲
- شکل ۱۸-۲-۱۸- طرح ساده‌ای از دماسنج با حسگر ترموکرومیک ..... ۴۳
- شکل ۱۹-۲-۱۹- دماسنج فلورسانت ..... ۴۴
- شکل ۲۰-۲-۲۰- توری براگ فیبری ..... ۴۴
- شکل ۲۱-۲-۲۱- چیدمان حسگر دما براساس پلاسمون‌های سطحی. .... ۴۵

- شکل ۲-۲۲- (A) چیدمان حسگر دمایی به روش تداخل سنج SAGNAC (B) نمایش سطح مقطع فیبر نوری  
 ۴۶..... PM-PCF
- شکل ۲-۲۳- چیدمان اندازه‌گیری دما بر اساس هولوگرافی .....  
 ۴۷.....
- شکل ۲-۲۴- طیف امواج الکترومغناطیسی .....  
 ۴۸.....
- شکل ۲-۲۵- یک نمونه از پیرومترهای مدرن .....  
 ۴۸.....
- شکل ۲-۲۶- بلوک دیاگرام ترمومترهای غیر تماسی .....  
 ۴۹.....
- شکل ۲-۲۷- نشت حرارتی در تجهیزات گوناگون و نمایش آن توسط دوربین‌های مادون قرمز .....  
 ۵۰.....
- شکل ۲-۲۸- تاکومتر الکترومغناطیسی .....  
 ۵۰.....
- شکل ۲-۲۹- اساس کار تاکومتر لیزری .....  
 ۵۲.....
- شکل ۲-۳۰- اثر فارادی .....  
 ۵۳.....
- شکل ۲-۳۱- اساس کار تاکومتر فارادی .....  
 ۵۳.....
- شکل ۲-۳۲- استریوسکوپ .....  
 ۵۴.....
- شکل ۲-۳۳- نمای برشی .....  
 ۵۵.....
- شکل ۲-۳۴- نمای فشاری .....  
 ۵۵.....
- شکل ۲-۳۵- نمای خمشی .....  
 ۵۶.....
- شکل ۲-۳۶- شتاب‌سنج شانه محوری .....  
 ۵۷.....
- شکل ۲-۳۷- شتاب‌سنج خازنی .....  
 ۵۸.....
- شکل ۲-۳۸- شتاب‌سنج ELECTROMECHANICAL SERVO .....  
 ۵۸.....
- شکل ۲-۳۹- شتاب‌سنج بر پایه SPRING .....  
 ۵۹.....
- شکل ۲-۴۰- نمای کلی از یک شتاب‌سنج نوری .....  
 ۶۰.....
- شکل ۲-۴۱- توری براگ فیبری .....  
 ۶۰.....
- شکل ۲-۴۲- تغییرات ایجاد شده در داخل فیبر در اثر اعمال فشار .....  
 ۶۱.....
- شکل ۲-۴۳- شتاب‌سنج FBG .....  
 ۶۱.....

- شکل ۲-۴۴- نمایش چیدمان حسگر شتاب‌سنج SAGNAC..... ۶۲
- شکل ۲-۴۵- شتاب‌سنج PIGA..... ۶۲
- شکل ۲-۴۶- شتاب‌سنج الکتروستاتیکی..... ۶۳
- شکل ۲-۴۷- استرن گیج‌ها..... ۶۳
- شکل ۲-۴۸- رطوبت‌سنج مقاومتی..... ۶۵
- شکل ۲-۴۹- رطوبت‌سنج پیزوالکتریک..... ۶۵
- شکل ۲-۵۰- رطوبت‌سنج SLING PSYCHROMETER..... ۶۷
- شکل ۲-۵۱- رطوبت‌سنج CHILLED-MIRROR..... ۶۷
- شکل ۲-۵۲- رطوبت‌سنج نانوتیوپ کربنی..... ۶۸
- شکل ۲-۵۳- نمایش اساس کار حسگر رطوبت..... ۶۹
- شکل ۲-۵۴- نمایش تغییرات رطوبت حسگر هولوگرام..... ۷۰
- شکل ۲-۵۵- چیدمان حسگر رطوبت بر اساس تداخل‌سنج SAGNAC..... ۷۱
- شکل ۲-۵۶- نمایش ساختار لایه‌ی روی فیبر و منافذ آن..... ۷۱
- شکل ۲-۵۷- نمایش چیدمان اپتیکی رطوبت‌فابری پرو در راستای اندازه‌گیری رطوبت..... ۷۲
- شکل ۲-۵۸- (الف) نمایش طیف نور بازتابی از انتهای فیبر (ب) منحنی تغییر طول‌موج مرکزی مینیم بازتاب با تغییر رطوبت محیط..... ۷۲
- شکل ۲-۵۹- نمایش چیدمان آزمایشی ساخت حسگر..... ۷۳
- شکل ۲-۶۰- نحوه‌ی قرارگیری دو فیبر در حسگر رطوبت..... ۷۴
- شکل ۲-۶۱- نمایش چیدمان حسگر فوتونیک کریستال..... ۷۵
- شکل ۲-۶۲- چیدمان حسگر رطوبت..... ۷۶
- شکل ۲-۶۳- چیدمان اندازه‌گیری رطوبت بر اساس پلاسمون‌های سطحی..... ۷۷
- شکل ۲-۶۴- نمایش تداخل‌سنج گونه‌ماخ زندر با یک مدار فیدبک در حسگر نشت‌گاز..... ۸۱
- شکل ۲-۶۵- نمایش تداخل‌سنج گونه‌مایکلسون در حسگر نشت‌گاز..... ۸۱

- شکل ۲-۶۶- شماتیک ساده‌ای از ساختار داخلی یک دوربین ماورا بنفش ..... ۸۲
- شکل ۲-۶۷- شکست الکتریکی و تولید کورونا در اطراف تجهیزات نیروگاهی ..... ۸۳
- شکل ۲-۶۸- سیستم نوری ترانس نوری اندازه‌گیری ولتاژ ..... ۸۵
- شکل ۲-۶۹- شماتیک اجزاء اصلی میکروکروماتوگرافی گازی ..... ۸۶
- شکل ۲-۷۰- اجزاء اصلی کالریمتر نوری گاز ..... ۸۷
- شکل ۲-۷۱- ساختار حسگر ارتعاش SAW ..... ۸۹
- شکل ۲-۷۲- ارتعاش سنج داپلر ..... ۹۱
- شکل ۲-۷۳- تلفات ناشی از خمش فیبر نوری ..... ۹۲
- شکل ۲-۷۴- اساس کار ارتعاش سنج فیبر نوری ..... ۹۲
- شکل ۲-۷۵- حسگر جریان گردابی ..... ۹۴
- شکل ۲-۷۶- حسگر LVDT ..... ۹۵
- شکل ۲-۷۷- چگونگی روش مثلث‌سازی ..... ۹۶
- شکل ۲-۷۸- بلوک دیاگرام روش زمان پرواز ..... ۹۷
- شکل ۲-۷۹- نمایش چیدمان اندازه‌گیری فاصله با حسگر FBG ..... ۹۷
- شکل ۲-۸۰- نمایش چیدمان حسگر ..... ۹۸
- شکل ۲-۸۱- نمایش چیدمان حسگر فاصله‌یاب هولوگرام ..... ۹۹
- شکل ۲-۸۲- ساختار یک LASER CONFOCAL ..... ۱۰۰
- شکل ۲-۸۳- ساختار CCS PRIMA CONFOCAL ..... ۱۰۰
- شکل ۲-۸۴- ساختار یک PICK UP ..... ۱۰۲
- شکل ۲-۸۵- ساختار کلی OPTICAL BENCH ..... ۱۰۴
- شکل ۲-۸۶- جذب و نشر مولکولی و اساس کار سیستم اندازه‌گیری روغن موجود در آب ..... ۱۰۵
- شکل ۲-۸۷- نحوه کارکرد حسگر (مرحله ۱) ..... ۱۰۸
- شکل ۲-۸۹- نحوه کارکرد حسگر (مرحله ۲) ..... ۱۰۸



- شکل ۲-۹۰- نحوه کارکرد حسگر (مرحله ۳) ..... ۱۰۸
- شکل ۲-۹۱- نحوه کارکرد حسگر (مرحله ۴) ..... ۱۰۸
- شکل ۲-۹۲- نمای کلی حسگر فیبر نوری اکسید تنگستن / پلاتین ..... ۱۰۹
- شکل ۲-۹۳- نمایش پیکربندی کلی حسگر تداخلی فابری پرو ..... ۱۱۰
- شکل ۲-۹۴- چیدمان سنجش مقدار هیدروژن ..... ۱۱۱
- شکل ۲-۹۵- اثر اکسیژن بر روی ماده‌ی لومینوفور ..... ۱۱۶
- شکل ۲-۹۶- حسگرهای نوری اندازه‌گیری PH به روش جذب ..... ۱۱۷
- شکل ۳-۱- درخت فناوری‌های بکارگرفته در ساخت حسگرها ..... ۱۲۵
- شکل ۳-۲- درخت فناوری‌های اصلی در ساخت تجهیزات ابزار دقیق ..... ۱۲۵
- شکل ۳-۳- حوزه‌های مطالعاتی فناوری PHOTONIC ..... ۱۳۵
- شکل ۳-۴- حوزه‌های مطالعاتی فناوری MICROELECTRONIC ..... ۱۳۶
- شکل ۳-۵- حوزه‌های مطالعاتی فناوری ULTRASONIC & ACOUSTIC ..... ۱۳۷

## فهرست جدول‌ها

جدول ۳-۲- رده‌بندی فناوری	۱۲۶
جدول ۳-۱- معرفی مراحل چرخه عمر	۱۲۳
جدول ۳-۳- رده‌بندی شرکت‌های سازنده دستگاه‌های ابزار دقیق در سال ۲۰۰۸ از لحاظ میزان فروش محصولات	
	۱۳۵

## فصل اول

آشنایی با بخش‌های اصلی نیروگاه سیکل ترکیبی

## ۱-۱- مقدمه

با توجه به مطالب بیان شده در گزارش مرحله یکم پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها"، و معرفی انواع نیروگاه‌ها و میزان تولید انرژی در کشور، می‌توان گفت پر کاربردترین و مهم‌ترین نیروگاه‌های رایج در ایران و جهان، نیروگاه‌های سوخت سنگواره‌ای (فسیلی) هستند. این نیروگاه‌ها مبدل‌هایی هستند که انرژی نهفته در سوخت‌های جامد، مایع و گاز را به انرژی برق تبدیل می‌کنند. نیروگاه‌های زیست سوخت، هسته‌ای، زمین گرمایی و خورشیدی (بجز فتو ولتاییک) نیز جهت تولید برق از ساختار مشابه استفاده می‌کنند. فقط شیوه ایجاد حرارت برای گرم کردن سیال متفاوت است [۱].

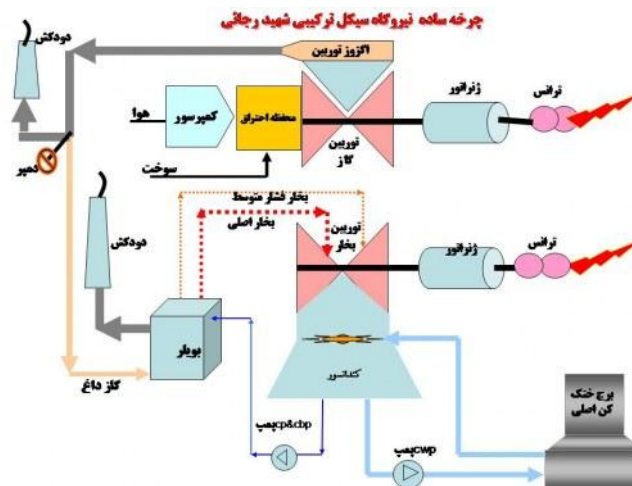
در کشور ایران جهت تولید برق از تمام نیروگاه‌های اشاره شده، به جز نیروگاه‌های مبتنی بر انرژی جزر و مد و امواج استفاده می‌شود. با توجه به اینکه نیروگاه‌های گازی، بخاری و سیکل ترکیبی سهم عمده‌ای (۸۳/۵ درصد از کل انرژی تولید شده توسط نیروگاه‌ها) در تولید برق کشور را دارا می‌باشند، و همچنین دستگاه‌های اندازه‌گیری (ابزار دقیق) بکارگرفته شده در این گونه نیروگاه‌ها، درصد بالایی از حوزه ابزار دقیق و صنعت برق را پوشش می‌دهد، این نوع نیروگاه‌ها به عنوان محدوده هدف، جهت تدوین سند راهبردی برگزیده شده‌اند.

در ادامه این فصل به معرفی مختصر بخش‌های گوناگون نیروگاه‌های سیکل ترکیبی که تا حد قابل قبولی نیروگاه‌های گازی و بخاری را نیز پوشش می‌دهد، پرداخته شده است.

## ۱-۲- نیروگاه‌های سیکل ترکیبی

به واحدهایی که برای تولید توان الکتریکی از بیش از یک سیکل ترمودینامیک استفاده می‌کنند، نیروگاه سیکل ترکیبی گفته می‌شود. در نیروگاه سیکل ترکیبی ابتدا هوا از طریق ورودی Air intake با فیلتراسیون بالا جهت جلوگیری از ورود هر گونه آلودگی رطوبت و گرد و خاک وارد کمپرسور شده و در طی طبقات چندگانه کمپرسور تا فشار کاری مورد نظر فشرده می‌شود. سپس در محفظه احتراق با سوخت مخلوط شده و گاز داغ دارای آنتالپی بالا برای انجام کار با پره‌های توربین برخورد می‌کنند و از طریق ایجاد گشتاور و انتقال از طریق شفت یکپارچه یا متصل به گیربکس موجب چرخش روتور در محفظه استاتور ژنراتور شده و جریان الکتریکی تولید می‌گردد تا از طریق پست نیروگاه، انرژی تولید شده به شبکه سراسری برسد. گازهای داغ خروجی از توربین گاز در نیروگاه سیکل ترکیبی اگر مورد نیاز نباشند، با بسته شدن دمپر ورودی بویلر بازیاب از

طریق آگزوز خارج می‌شوند و اگر بخواهیم سیکل نیروگاه سیکل ترکیبی کامل گردد این گازهای داغ به داخل بویلر حرارتی که می‌تواند مشعل دار یا بدون مشعل باشد هدایت شود و در آنجا طبق اصول کاری نیروگاه‌های حرارتی بخاری آب داغ را به بخار سوپرهیست تبدیل می‌کنند تا وارد توربین بخار شده و کار انجام دهند و همان سیکل تولید توان الکتریکی نیز در این قسمت انجام می‌شود و نهایتاً بخار انرژی دار بعد از انجام کار وارد کندانسور می‌گردد تا سیکل بسته نیروگاه‌های بخاری را به اتمام برساند و جهت کندانس شدن و پمپاژ به داخل سیکل آماده گردد. در واقع مطابق شکل (۱-۱) نیروگاه سیکل ترکیبی از دو بخش گازی و بخار تشکیل شده است که عملکرد این دو بخش مشابه نیروگاه‌های گازی و بخاری است. در ادامه به بررسی و مشخص کردن هر یک از اجزای آن به طور خلاصه پرداخته می‌شود [۲۲۵] و [۲].



شکل ۱-۱- بلوک دیاگرام نیروگاه سیکل ترکیبی

## ۱-۲-۱- واحد گازی

در این بخش اجزای گوناگون واحد گازی و پارامترهای مهمی که باید در آن اندازه‌گیری شود مورد مطالعه قرار می‌گیرد. تجهیزات اصلی نیروگاه گازی عبارتند از کمپرسور، محفظه‌ی احتراق، توربین گازی و ژنراتور [۲۲۵] و [۲].

### ۱-۲-۱-۱- کمپرسور

در نیروگاه‌ها معمولاً از دو گونه کمپرسور جریان محوری و گریز از مرکز استفاده می‌گردد. در کمپرسور محوری هوا از میان پره‌های کمپرسور عبور داده و به سمت عقب رانده می‌شود این کمپرسور دارای یک و یا دو و یا چند طبقه پره است که زاویه‌های پره‌ها در طبقه اول زیاد است و به تدریج هر قدر که به سمت محفظه احتراق پیش می‌رویم زاویه پره‌ها کم می‌شود و از سرعت سیال کم شده و به فشار و دمایش افزوده می‌شود در جداره این کمپرسورها پره‌های ثابتی وجود دارد که جهت هوای

ورودی را از هر طبقه به طبقه بعدی تنظیم می‌کند. ردیف‌های ثابت کمپرسور انرژی جنبشی را که توسط پره‌های متحرک به سیال عامل داده می‌شود به ازدیاد فشار تبدیل کرده و همچنین جهت سیال را به زاویه‌ای مناسب برای ورود به ردیف بعدی پره‌های متحرک تصحیح می‌نماید. کمپرسور شعاعی (گریز از مرکز) دارای پره‌های بسته است و هوا را از میان پره‌های خود عبور نمی‌دهد بلکه هوا را در جهت شعاع خود به سمت بیرون می‌راند و هوا پس از برخورد به پخش کننده (دیفیوژر) از سرعتش کاسته شده و به دما و فشارش افزوده می‌شود.

پارامترهای مهمی که باید در کمپرسور مورد بررسی قرار گیرد عبارتند از:

- کنترل فشار هوای ورودی و خروجی
- دمای هوای خروجی و ورودی (توسط ترموکوپل)
- مایکرو شکست نگاری جهت بررسی ایجاد ترک روی پرها
- کنترل ارتعاش
- کنترل وضعیت پره‌های گایدون
- کنترل رطوبت هوا

### ۱-۲-۱-۲- محفظه احتراق

در حقیقت وظیفه اصلی اطاق احتراق دریافت هوای فشرده از خروجی کمپرسور و انجام عمل احتراق کامل روی سوخت‌های وارد شده به آن، به شکل مداوم است. قسمت‌های گوناگون اطاق احتراق به شرح زیر است:

۱- نازل‌های سوخت: یک نازل سوخت برای پاشش سوخت به داخل اطاق احتراق در نظر گرفته می‌شود و می‌تواند برای سوخت گاز و یا گازوئیل و یا هر دو و با ارزش‌های حرارتی متفاوت مورد استفاده قرار گیرد.

۲- محفظه احتراق: در هر محفظه احتراق سه منطقه قابل تشخیص است:

- منطقه مخلوط کردن سوخت و هوا Mixing zone

- منطقه اشتعال Combustion zone

- منطقه رقیق کردن گازهای حاصل Dilution zone

در یک اتاق احتراق پارامترهای گوناگونی چون اطمینان از احتراق کامل سوخت، ایجاد فضای مورد نیاز در کوچکترین حجم ممکن، افت فشار کم، توزیع درجه حرارت یکسان در خروجی اطاق احتراق، کنترل دمای قطعات به کار رفته در ساختمان یک اطاق احتراق، پایداری شعله، عدم تشکیل کک و سایر اکسیدهای سوخت، حداقل بودن گازهای سمی در محصولات احتراق در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه پارامترهای مهمی که باید در کمپرسور مورد بررسی قرار گیرد عبارتند از:

- کنترل دمای
- شعله‌بین و آشکار ساز شعله
- کنترل فشار
- کنترل پایداری شعله
- کنترل سرو والوها و والوهای سوخت با استفاده از حسگرهای موقعیت سنج
- کنترل دبی سوخت
- کنترل و بررسی نشتی گاز با استفاده از حسگرهای تشخیص نشت
- کنترل دمای سوخت رسانی
- بررسی و کنترل سطح تانک سوخت رسانی با سطح‌سنج‌ها
- کالریمتر
- کنترل گازهای تولید شده
- اندازه‌گیری رطوبت

### ۱-۲-۱-۳- توربین

توربین موتوری چرخنده است که می‌تواند با عبور یک سیال با سرعت مشخص از میان پره‌های آن انرژی مکانیکی تولید کند. توربین‌ها بر اساس گونه سیال عبوری از میان پره‌ها به سه گونه گازی، بخار و آب تقسیم می‌شوند در ادامه به توضیح مختصر توربین گاز پرداخته می‌شود.

در توربین گاز، انرژی گاز متراکم شده در کمپرسور با عبور از پره‌های توربین آزاد می‌شود. وظیفه‌ی توربین این است که با چرخش محوری خود انرژی موجود در محصولات احتراق را به انرژی مکانیکی تبدیل کند. توربین‌ها معمولاً دارای دو گونه پره‌ی ثابت و متحرک هستند.

گازهای داغ احتراقی پس از انتقال انرژی به پره‌های توربین منبسط شده و فشار و دمای آنها افت می‌کند سپس از طریق آگروز به اتمسفر و یا به مسیر ورود به بویلر بازیاب وارد می‌شوند. گازهای داغ پس از برخورد با پره‌های مرحله‌ی اول توربین که ثابت‌اند و وظیفه‌ی جهت‌دهی گازهای داغ را دارند، با زاویه مناسبی جهت‌دهی می‌شوند و بر سرعت‌شان نیز افزوده می‌شود سپس به پره‌های متحرک توربین برخورد و انرژی را به این پره‌ها منتقل می‌شود و این تبادل انرژی تا مرحله‌ی آخر پره‌های توربین ادامه می‌یابد. چون پره‌های متحرک به شفت متصل است موجب چرخش شفت می‌شوند.

پارامترهای مهمی که باید در توربین مورد بررسی قرار گیرد عبارتند از:

- کنترل سرعت توربین
- کنترل و بررسی ارتعاش
- میکرو شکست نگاری
- کنترل و اندازه‌گیری دمای پره‌های توربین که به طور غیر مستقیم اندازه‌گیری می‌شود
- کنترل دور
- شتاب‌سنج
- اندازه‌گیری دما و فلو و سطح تانک روغن
- کنترل فشار
- اندازه‌گیری جابه‌جایی محوری شفت توربین

### ۱-۲-۱-۴- ژنراتور

ژنراتور از تجهیزات اصلی در نیروگاه است و وظیفه اصلی تولید برق در همه نیروگاه‌ها بر عهده مولد یا ژنراتور است. این ماشین انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند که بخش‌های اصلی زیر تشکیل شده است.

- قاب استاتور



- سیم پیچ استاتور
  - هسته استاتور
- پارامترهای مهمی که باید در ژنراتور مورد بررسی قرار گیرد عبارتند از:
- اندازه‌گیری تخلیه جزئی
  - اندازه‌گیری میزان لرزش و ارتعاش
  - اندازه‌گیری فاصله هوایی بین روتور و استاتور
  - اندازه‌گیری دائم میدان مغناطیسی قطب‌های روتور
  - اندازه‌گیری درجه حرارت روتور و استاتور
  - اندازه‌گیری توان اکتیو و راکتیو واحد
  - اندازه‌گیری ولتاژ
  - اندازه‌گیری جریان
  - اندازه‌گیری فرکانس
  - اندازه‌گیری دما و فلو و سطح تانک روغن
  - کنترل میزان هیدروژن جهت خنک کاری

### ۱-۲-۱-۵- سیستم روانکاری

عملکرد سیستم روانکاری به این صورت است که ابتدا روغن از مخزن به سمت پمپ اصلی منتقل شده و فشار آن افزایش می‌یابد سپس توسط کنترل ولو، فشار روغن تنظیم شده و به بخش‌های گوناگون سیستم می‌رود و پس از طی مسیرهای مورد نظر و جداسازی بخارات، روغن تصفیه شده از ناخالصی‌ها به مخزن باز می‌گردد. تمیز بودن روغن روانکاری از پارامترهای مهم است چرا که ورود هرگونه ذره معلق در روغن به معنای ایجاد اصطکاک، افزایش دمای روغن و اختلاف فشار و در نهایت خرابی و توقف تجهیز و یا حتی واحد خواهد بود. در واقع وظایف این سیستم به شرح زیر است:

۱. روغن کاری کلیه تجهیزات

۲. خنک‌کاری قطعاتی که در اثر کارکرد گرم می‌شوند.

۳. تامین روغن هیدرولیکی

اجزای این سیستم عبارتند از:

- مخزن روغن
- پمپ اصلی روغن‌کاری
- پمپ کمکی AC
- پمپ اضطراری DC
- فیلترهای روغن
- کولرهای روغن
- ولو تنظیم فشار
- ولو فشارشکن روغن

پارامترهای مهمی که باید در این بخش مورد بررسی قرار گیرد عبارتند از:

- کنترل دمای روغن
- کنترل فشار روغن
- کنترل دبی روغن
- بررسی و کنترل سطح تانک روغن با سطح‌سنج‌ها
- کنترل والوها توسط حسگرهای موقعیت

### ۱-۲-۱-۶-۱-۲-۱-۶-۱-۲-۱

گازهای داغ احتراقی پس از انتقال انرژی به پره‌های توربین منبسط شده و فشار و دمای آن‌ها افت می‌کند سپس از طریق

اگزوز به اتمسفر و یا به سمت بویلر بازیاب می‌رود در نتیجه وضعیت گازهای داغ جمع‌آوری شده در اگزوز از لحاظ دما و گونه

گازهای تولید شده مورد بررسی قرار می‌گیرد به طوریکه به هیچ وجه در اگزوز نباید دود دیده شود زیرا نشانه‌ی احتراق ناقص

است. به همین سبب در آگروز، ترموکوپل‌هایی نصب شده که دمای گاز خروجی را اندازه می‌گیرند و براساس این دما مشخص می‌شود که احتراق کامل است یا ناقص.

پارامترهای مهمی که باید در این بخش مورد بررسی قرار گیرد عبارتند از:

- کنترل دریچه‌های خروجی
- کنترل دما
- کنترل میزان تولید گازهای خطرناک

### ۱-۲-۱-۷- سوخت رسانی

سیستم سوخت رسانی به نحوی طراحی شده که می‌تواند از مازوت و گاز طبیعی و در مواردی از گازوئیل به عنوان سوخت استفاده کند. مسیرهای سوخت رسانی نیروگاه‌ها با یکدیگر یکسان نبوده ولی اساس کار آن‌ها یکسان است و تجهیزات اصلی که در هر مسیر به کار رفته‌اند تقریباً با یکدیگر شباهت دارند.

در خروجی تانک مصرف روزانه معمولاً دو عدد فیلتر و دو عدد پمپ به صورت موازی نصب می‌شوند تا یکی به صورت جایگزین عمل نموده و دیگری در حال کار باشد این دو پمپ به پمپ‌های اصلی سوخت معروف هستند. با توجه به چسبندگی زیاد مازوت در دمای محیط، بایسته است درجه حرارت آن را به میزان مشخصی افزایش یافته و در آن درجه حرارت ثابت نگه داشته شود تا جریان یافتن آن امکان پذیر باشد.

در مسیر راه سوخت یک شیر کنترل فشار قرار داده شده است. این شیر کنترل فشار همواره سعی می‌نماید فشار خط را ثابت نگه دارد به این ترتیب که چنانچه فشار از حد معینی زیادتر شده این شیر مسیر برگشت سوخت را باز می‌نماید و سوخت را به طرف تانک هدایت می‌کند. پس از آنکه پارامترهای گوناگون سوخت کنترل گردیدند سوخت به سمت مشعل‌ها هدایت می‌گردد در سر راه هر مشعل یک شیر دستی قطع و وصل که به صورت اتوماتیک و یا گرفتن فرمان از اطاق فرمان عمل می‌نماید قرار داشته که جریان سوخت را به طرف مشعل هدایت نموده و یا آنرا قطع می‌نماید.

پارامترهای مهمی که باید در این بخش مورد بررسی قرار گیرد عبارتند از:

- کنترل سرو والو و کنترل والو سوخت رسانی
- کنترل فشار سوخت رسانی ورودی

- کنترل درجه حرارت سوخت رسانی
- کنترل دبی سوخت رسانی
- کنترل فلوی گاز
- کنترل نشتی سنج گاز
- کنترل سطح تانک سوخت رسانی
- کالریمتر

### ۱-۲-۲- واحد بخار

سیکل بخار در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی شباهت زیادی با سیکل بخار نیروگاه‌های معمولی دارد. از اجزاء مهم سیکل بخار می‌توان به بویلر بازیاب، توربین بخار، کندانسور، دی‌اریتور، ژنراتور و... اشاره نمود. در این بخش از توضیح تجهیزات مشابه با واحد گازی خودداری شده و به توضیح مختصر سایر بخش‌ها پرداخته شده است.

### ۱-۲-۲-۱- بویلر

بویلر به دستگاهی گفته می‌شود که فرآیند جوش آوردن یا گرم کردن یک سیال را بر عهده دارد. بویلر از اجزای زیر تشکیل شده است [۳].

اکونومایزر: اکونومایزر حاوی تعدادی لوله موازی است که در مسیر خروج دود قرار می‌گیرد. این لوله‌ها آب تغذیه ورودی به بویلر را فراهم می‌سازد. این آب‌ها تا هنگامی که لوله‌های اکونومایزر را طی می‌نمایند، حرارت دود را جذب نموده و گرم می‌شوند، سپس به سمت درام هدایت می‌شوند.

لوله‌های دیواره‌ای و محوطه احتراق: این لوله‌ها اطراف محوطه احتراق قرار دارند و بخشی از حرارت حاصل احتراق، از طریق تشعشع و جابجایی به این لوله‌ها منتقل می‌گردد. این لوله‌ها نیز حرارت را به وسیله هدایت، به آب داخل خود منتقل می‌نمایند و حاصل این تبادل حرارت جذب حرارت توسط آب داخل لوله‌ها و تبدیل آن به بخار است.

درام: درام می‌تواند با ذخیره آب و یا بخار در خود در شرایط بحرانی، با بهره‌برداری از بویلر، مقداری از نیازهای ضروری آب و یا بخار را تأمین نماید همچنین آب و بخار ایجاد شده که وارد لوله‌های درام می‌شود، به وسیله تجهیزاتی که در داخل درام کاملاً از یکدیگر جدا شده به این ترتیب امکان عبور بخار بدون ذرات آب به طرف لوله‌های سوپر هیتز فراهم می‌شود.

سوپر هیتر : بخار خروجی از درام اگر چه قطره آبی را به همراه ندارد ولی چنانچه به کوچکترین سطح سردی برخورد نماید قسمتی از آن به آب تبدیل می‌شود. برای اینکه این بخار توانایی و انرژی بیشتری را دارا باشد، باید از درجه حرارت بالاتری برخوردار گردد و یا اصطلاحاً خشک شود. این عمل توسط سوپر هیتر انجام می‌گیرد. سوپر هیتر از مجموعه لوله‌های موازی تشکیل شده که معمولاً در مسیر گازهای خروجی از کوره (دود) قرار گرفته‌اند. این لوله‌ها حرارت ناشی از دود را به بخار داخل خود انتقال می‌دهند.

دی سوپر هیتر : وظیفه دی سوپر هیتر کنترل درجه حرارت بخار است. بخار خروجی از بویلر باید دارای درجه حرارت مشخصی باشد، در غیر این صورت مشکلاتی گوناگونی از جمله آسیب دیدن پره‌های توربین را باعث می‌گردد. برای این کار بین دو مرحله از سوپر هیتر یک دی سوپر هیتر نصب می‌گردد، که در آن آب تغذیه به داخل بخار پاشیده شده و به این ترتیب درجه حرارت آن را کاهش می‌دهد.

ری هیتر : وظیفه ری هیتر گرم کردن بخارهای برگشتی از توربین فشار قوی است، به این ترتیب که درجه حرارت بخار برگشتی را به اندازه درجه حرارت بخار اصلی بالا برده و آن را به سمت توربین فشار متوسط هدایت می‌نماید. ساختمان ری هیتر مشابه سوپر هیتر است، یعنی از مجموعه لوله های افقی و موازی که در مسیر دود قرار گرفته و حرارت دود را به بخار داخل خود منتقل می‌نماید.

دایورتر دمپر : گازهای داغ از اگزوز واحد گازی برای وارد شدن به بویلر بازیاب باید ابتدا از دایورتر دمپر سپس از گیوتین دمپر عبور کند. زمانی که واحد بخار در مدار باشد دایورتر دمپر به طور کامل مسیر دودکش واحد بخار را می‌بندد و مانع از خروج گازهای داغ از طریق دودکش می‌شود.

دی‌اریتور : آب تقطیر شده توسط کندانسور از قسمت انتهایی بویلر وارد دی‌اریتور می‌شود که وظیفه گاز زدایی آب را بر عهده دارد. گازهای نامحلول موجود در آب در سیکل بویلر در اثر حرارت آزاد شده و موجب خوردگی روی سطوح داخلی لوله‌های بویلر و درام می‌شوند. با توجه به اینکه حلالیت گازها در آب با افزایش درجه‌ی حرارت کاهش می‌یابد. به این ترتیب در دی‌اریتور آب به مدت کافی در درجه حرارت جوش قرار می‌گیرد و تمام گازهای محلول در آن از آب خارج شده و هوا می‌روند. در دی‌اریتور علاوه بر جداسازی گازهای ناخالص از آب، دمای آب سیکل تا حد مطلوب افزایش می‌یابد [۳].

پارامترهای مهمی که باید در این بخش مورد بررسی قرار گیرد عبارتند از:

- کنترل فشار
- کنترل درجه حرارت
- کنترل سطح درام و دی‌اریتور
- کنترل فلو
- فلوی دود ورودی به اکونومایزر
- کنترل سیستم هیدرولیکی از جمله کنترل دما و فشار و فلوی روغن دایورتر دمپر
- کنترل پارامترهای شیمیایی آب

### ۱-۲-۲-۲- کندانسور

وظیفه اصلی کندانسور عبارت است از مایع کردن بخار خروجی از توربین و بازیافت آب تغذیه با کیفیت بالا جهت استفاده مجدد در سیکل. لذا پارامترهای مهمی که باید در این بخش مورد بررسی قرار گیرد عبارتند از:

- کنترل سطح
- کنترل فشار
- کنترل درجه حرارت
- کنترل شیرهای اطمینان

### ۱-۲-۲-۳- سیستم آب تغذیه

این سیستم وظیفه تغذیه آب مورد نیاز به قسمت‌های فشار قوی و فشار ضعیف را بوسیله پمپ‌های فشار قوی و فشار ضعیف به عهده دارد [۳].

پارامترهای مهمی که باید در این بخش مورد بررسی قرار گیرد عبارتند از:

- کنترل سطح
- کنترل فشار
- کنترل درجه حرارت

### ۱-۲-۲-۴- واحد شیمی

کنترل خوردگی سیستم‌های تولید بخار و دستگاه‌های وابسته به آن‌ها در حین عملیات از هر نظر ضروری است، زیرا در غیر این صورت مشکلاتی مانند خوردگی لوله‌های دیگ بخار، تعمیرات، تعویض و خارج شدن واحد از کار را همراه داشته که برگرداندن سیستم به حالت عملیاتی مستلزم صرف هزینه‌های زیاد خواهد بود. هدف از کنترل شیمیایی سیکل گردش آب و بخار، ایجاد لایه محافظ پایدار بمنظور به حداقل رساندن عوارض نامطلوب مانند خوردگی و رسوب‌گذاری در لوله‌های انتقال سیال است. پارامترهای مهمی که در این بخش مورد بررسی قرار می‌گیرد عبارتند از:

- اندازه‌گیری PH آب
- اندازه‌گیری اکسیژن محلول در آب
- اندازه‌گیری آهن و مس
- اندازه‌گیری سیلیس
- اندازه‌گیری هیدرازین
- اندازه‌گیری آمونیاک
- اندازه‌گیری فسفات
- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی
- اندازه‌گیری سختی آب
- اندازه‌گیری TDS (جامدات حل شده در آب)
- اندازه‌گیری TSS (ذرات معلق)
- اندازه‌گیری میکرو ارگانسیم‌ها
- اندازه‌گیری کلر، سدیم، کلسیم، منیزیم، کربنات، سولفات و بیکربنات
- واکاوی روغن ترانس
- واکاوی روغن هیدرولیکی

## ۱-۲-۲-۵- برج خنک کن

برج خنک کن دستگاهی است که با ایجاد سطح وسیعی در تماس آب با هوا، عمل تبخیر را آسان نموده و در نتیجه باعث خنک شدن سریع آب می‌گردد. در سیستم برج خنک کننده آب گرم کندانسور از برج خنک کننده عبور می‌کند و با هوا تماس می‌یابد. برج‌های خنک کننده انواع گوناگونی دارد.

### برج‌های خنک کن تر:

یکی از راه‌های خنک کردن آب کندانسور، استفاده از برج‌های خنک کن تر است. در این برج‌ها، آب پس از ورود به آن بوسیله اسپری شدن به قطرات ریزی تبدیل شده و به طرف پایین برج سرازیر می‌شود. آب اسپری شده با برخورد با هوا و تبخیر شدن خنک شده و به مخزن انتهایی برج ریزش می‌کند.

### سیستم بسته یا برج خنک کن خشک:

در این گونه برج خنک کن، هوا با آب در تماس نیست، بلکه با یک سری مبدل‌های حرارتی (که حرارت آب یا بخار را به بیرون منتقل می‌کند) در تماس است، در نتیجه همه گرمای محسوس به هوای خنک کن داده می‌شود پارامترهای مهمی که باید در این بخش مورد بررسی قرار گیرد عبارتند از:

- میزان افت درجه حرارت (اختلاف دمای ورودی و خروجی برج)
- اختلاف بین درجه حرارت آب سرد و درجه حرارت مرطوب هوا
- سرعت جریان هوا
- رطوبت هوا
- کنترل خوردگی (CORROSION) و فرسایش
- کنترل تشکیل رسوب (SCALE)
- کنترل مشکلات ناشی از تشکیل میکروارگانیزم‌ها
- کنترل تجمع لجن‌ها (FOULING)



### ۱-۲-۲-۶- دودکش نیروگاه

دودکش نیروگاهی یک سازه مهم از تجهیزات جانبی بویلرهای نیروگاهی برای خارج سازی مواد آلاینده و محصولات احتراقی کوره‌ها به فضای جو است. در واقع وظیفه اصلی دودکش تخلیه گازهای خروجی از نیروگاه‌های برق به اتمسفر می‌باشد. در این زمینه ارتفاع دودکش و سرعت خروج گازها باید به گونه‌ای باشد که غلظت آلاینده‌ها در حد مجاز باشد [۳]. پارامترهای مهمی که باید در این بخش مورد بررسی قرار گیرد عبارتند از:

- انتشار اکسیدهای گوگرد
- انتشار اکسیدهای نیتروژن
- انتشار دی اکسید کربن
- انتشار منو اکسید کربن
- انتشار دی اکسید کربن
- انتشار هیدروکربن‌ها
- ذرات معلق
- اکسیژن
- سرعت گاز خروجی از دودکش
- دمای گاز خروجی

## فصل دوم

### شناسایی حوزه‌های فناورانه اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه

## ۲-۱ - مقدمه

امروزه با کوتاه‌تر شدن چرخه عمر کالاها و فناوری بکار گرفته شده در آن‌ها مقوله نوآوری اهمیت روزافزونی در تجارت پیدا کرده است. (جاکوبی و بیلینگر، ۲۰۰۵) این بدان معنی است که بسیاری از سازندگان تجهیزات و مراکز پژوهشی در دنیا مقدار بسیار زیادی از منابع را در جهت توسعه و شکوفا نمودن درخت نوآوری مصرف می‌کنند. در این میان مهمترین نیاز مدیران جهت تصمیم‌گیری صحیح و به‌موقع برای تخصیص هزینه به حوزه‌های فناورانه و داشتن آگاهی کافی و به روز در مورد فناوری‌ها می‌باشد. از آنجایی که سیاستگذاران فناوری همواره با مسئله تصمیم‌گیری و انتخاب مواجه هستند، تهیه نقشه راه در این زمینه می‌تواند کمک فراوانی کند تا با انتخاب فناوری‌های مناسب موجب تجمیع پتانسیل‌های موجود کشور در حوزه فناوری، از موازی کاری در داخل و خرید بی‌مورد فناوری از خارج جلوگیری کرده و امکان بهره‌گیری از توانمندی‌ها و فرصت‌های موجود در کشور را فراهم نماید.

در این فصل به معرفی حسگرهای نیروگاهی و فناوری‌های به کار رفته در آن‌ها پرداخته شده است، تا افزون بر شناخت جامع حسگرها و فناوری‌های مربوطه، بستر مناسب برای ارزیابی هر یک از این فناوری‌ها و حسگرها جهت برنامه‌ریزی‌های آینده ایجاد شود.

فناوری‌های بکارگرفته شده در ساخت حسگرهای گوناگون در قالب یک جدول، به صورت پیوست آورده شده است.

## ۲-۲ - پارامترهای مورد اندازه‌گیری و تجهیزات سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته

### (ابزار دقیق)

با توجه به مطالب فصل نخست، تمامی بخش‌های گوناگون معرفی شده در نیروگاه جهت تولید برق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. بر این پایه، به منظور بررسی کارکرد هر کدام از این بخش‌ها نیاز است که شماری از پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و ... در آن‌ها اندازه‌گیری شود. این پارامترها عبارتند از:

۱. فشار

۲. دبی

۳. سطح

۴. دما
۵. سرعت
۶. شتاب
۷. رطوبت
۸. شعله
۹. نشتی گاز
۱۰. تخلیه جزئی
۱۱. ولتاژ و جریان
۱۲. ارزش حرارتی گاز
۱۳. غلظت گازها در روغن ترانس
۱۴. ارتعاش
۱۵. فاصله موقعیت و جابجایی
۱۶. گازهای دودکش نیروگاه‌ها
۱۷. غلظت روغن در آب‌های فرایندی و پساب نیروگاه‌ها
۱۸. پارامترهای شیمیایی

از فناوری‌های گوناگونی جهت طراحی و ساخت حسگرهای مربوطه استفاده می‌شود. در ادامه این فناوری‌ها معرفی می‌شوند.

## ۲-۳- حسگر فشار

حسگر فشار عموماً فشار گاز یا مایع را اندازه می‌گیرد و به صورت نیرو بر سطح تعریف می‌شود. امروزه حسگرهای فشار برای کنترل و مانیتورینگ هزاران تجهیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. حسگرهای فشار می‌توانند به طور غیرمستقیم برای اندازه‌گیری سایر متغیرها استفاده شوند. برای مثال دبی سیال، سرعت، سطح مایع و ارتفاع از این متغیرها هستند. حسگرهای فشار از نظر فناوری، طراحی، عملکرد، کاربرد و قیمت با هم متفاوت هستند. همان‌گونه که در بخش‌های پیشین توضیح داده شد فشار یکی از پارامترهای مهمی است که باید در تجهیزات نیروگاهی اندازه‌گیری و کنترل شود.

حسگرهای فشار می‌توانند بر اساس بازه‌ی اندازه‌گیری، بازه‌ی دمایی عملکرد و از همه مهم‌تر گونه فشار اندازه‌گیری طبقه‌بندی شوند [۴].

حسگرهای فشار را می‌توان بر اساس نحوه‌ی عملکردشان به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

### ۲-۳-۱- حسگر فشار دیافراگمی

برخی از فشارسنج‌های مکانیکی که به فشارسنج‌های دیافراگمی معروف هستند، از خاصیت انحراف و جابجایی یک غشای انعطاف‌پذیری که دو منطقه با فشارهای گوناگون را از هم جدا می‌کند برای اندازه‌گیری فشار استفاده می‌کنند [۵]. تغییر شکل یک دیافراگم نازک بستگی به اختلاف فشار بین دو طرف آن دارد. یک طرف مرجع و طرف دیگر با فشار تحت اندازه‌گیری در ارتباط است. میزان تغییر شکل دیافراگم را می‌توان به روش‌های مکانیکی، نوری یا خازنی اندازه‌گیری کرد. معمولاً دیافراگم به صورت فلزی یا سرامیکی ساخته می‌شوند [۵].

### ۲-۳-۲- حسگر فشار خازنی

در این حسگرها از دیافراگم و کاواک فشار برای ایجاد خازن متغیر استفاده می‌شود تا کشش ناشی از فشار اعمالی را تعیین کند. در تکنولوژی‌های معمولی از فلز، سرامیک و دیافراگم‌های سیلیکونی استفاده می‌شود. این تکنولوژی‌ها برای فشارهای کم کاربرد دارند. در حسگر خازنی فشار اعمال شده، باعث می‌شود دیافراگم به یکی از صفحات خازن نزدیک شده و از دیگری دور شود. بنابراین ظرفیت خازن تغییر می‌کند که این تغییر متناسب با فشار اعمال شده به دیافراگم است. تغییر ظرفیت خازن توسط مدار الکتریکی و ترنسمیتر تبدیل به سیگنال الکتریکی می‌شود که در واحدهای فشار کالیبره شده است [۶].

### ۲-۳-۳- حسگر فشار الکترومغناطیسی

جابجایی دیافراگم از طریق تغییر در اندوکتانس، اثر هال و یا قانون جریان ادی اندازه‌گیری می‌شود. حسگر فشار القایی دارای دو سیم‌پیچ است که با یک هسته‌ی مغناطیسی کوپل شده‌اند. هنگامی که فشار اعمال شده دیافراگم را حرکت دهد، این هسته جابجا می‌شود. خاصیت القایی توسط مدارهای الکترونیکی مانند مدارهای رزونانس اندازه‌گیری می‌شود [۷].

### ۲-۳-۴- حسگر فشار پیزوالکتریک

در این حسگرها از اثر پیزوالکتریک استفاده می‌شود تا کشش ناشی از فشار را اندازه بگیرند. پیزوالکتریک در اثر تغییر شکل مکانیکی، سیگنال الکتریکی تولید می‌کند که سطح ولتاژ این سیگنال متناسب با میزان تغییر شکل پیزو است این سیگنال خروجی دامنه کوچکی دارد (در محدوده‌ی میکروولت) که جهت استفاده باید تقویت شود. به منظور جلوگیری از اتلاف سیگنال، تقویت‌کننده باید در نزدیکی حسگر قرار گیرد [۶].

### ۲-۳-۵- حسگر فشار نوری

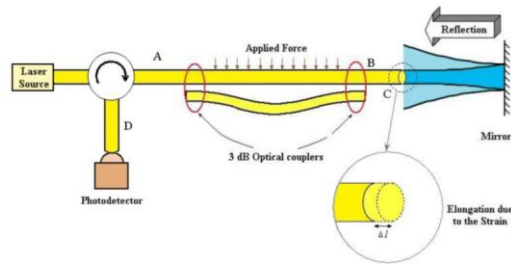
در این حسگرهای فشار از تغییر فیزیکی فیبر نوری برای تعیین کشش ناشی از فشار اعمالی استفاده می‌شود. این فناوری در کاربردهایی که با چالش همراه هستند استفاده می‌شود. حسگرهای فشار نوری بیشتر در مکان‌های غیر قابل دسترس، دماهای بالا و یا در فناوری‌های مصون از تداخلات الکترومغناطیس و اندازه‌گیری‌های راه دور استفاده می‌شود [۸].

### ۲-۳-۵-۱- فشارسنج توری پراش براگ یا FBG

اساس کار فشارسنج توری پراش براگ همانند ارتعاش‌سنج‌های توری پراش براگ است. هنگامی که فیبر تحت فشار قرار می‌گیرد، ضریب شکست و فواصل شکست درون فیبر تغییر می‌کند. بنابراین فشار اعمالی باعث می‌شود که طول موج نور بازتابیده شده تغییر کند. در واقع پرتو نور بازگشتی با تنش و فشار اعمال شده مدوله می‌شود. این حسگر در مکان‌های غیر قابل دسترس و دماهای بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد [۹] و [۱۵۲].

### ۲-۳-۵-۲- فشارسنج ماخ-زندر

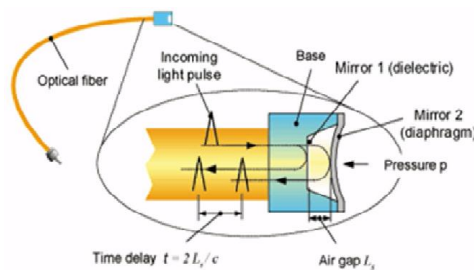
اساس کار این فشارسنج که در شکل (۲-۱) نشان داده شده است، تداخل‌سنج ماخ-زندر است. این تداخل‌سنجی بیش از صد سال است که ساخته شده، همچنان در بسیاری از حسگرهای نوری کاربرد دارد. این حسگر از دو کوپلر تشکیل شده که به دو بازوی فیبر نوری با طول‌های غیر یکسان متصل است. نور تابش شده توسط کوپلر به دو قسمت تقسیم و مجدداً توسط کوپلر دوم با هم ترکیب می‌شود. در اثر اعمال فشار، اختلاف در طول بازوی فیبر بوجود می‌آید و در نهایت از روی اختلاف فاز ایجاد شده می‌توان فشار و نیروی وارده را اندازه‌گیری کرد [۱۴۵].



شکل ۲-۱- فشارسنج ماخ- زندر

### ۲-۳-۵-۳- فشارسنج فابری پرو

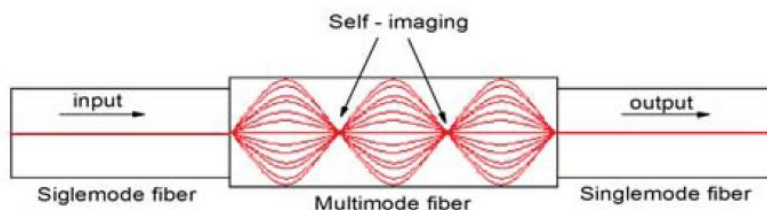
اساس کار این فشارسنج در شکل (۲-۲) نشان داده شده است. این فشارسنج بر اساس تداخل سنجی فابری پرو کار می‌کند. همان گونه که در شکل نشان داده شده است، دو آینه دی‌الکتریک که به صورت موازی و با یک فاصله هوایی از یکدیگر قرار دارند، بر روی فیبر نوری نشانده می‌شود. آینه‌ی دوم قابلیت انعطاف دارد. در حالت عادی پالس نوری به این آینه‌ها برخورد کرده و بازتاب می‌کند. در صورتی که فشار خارجی به آینه‌ی دوم وارد شود، فاصله‌ی بین آینه‌ها کمتر می‌شود. در نتیجه پالس نوری بازگشتی در زمانی کوتاه‌تر بازخواهد گشت. با توجه به این تغییر زمانی، میزان فشار اعمال شده قابل اندازه‌گیری خواهد بود [۱۵۰] و [۱۵۱] و [۱۸].



شکل ۲-۲- فشارسنج فابری پرو

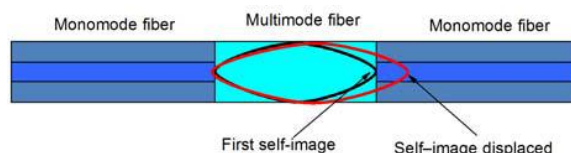
### ۲-۳-۵-۴- فشارسنج فیبر نوری

در فشارسنج‌های فیبر نوری از اتصال فیبرهای نوری تک مد و چند مد مطابق شکل (۳-۲) استفاده می‌شود. همان گونه که در شکل نشان داده شده است، تصویر نقطه‌ی ورودی فیبر چند مد در فواصل مشخصی در طول فیبر میانی ایجاد می‌شود. تعداد تصویرهای ایجاد شده به طول موج نور ارسالی، ضرایب شکست فیبرهای نوری و طول فیبر چند مد بستگی دارد.



شکل ۲-۳- نحوه تصویرسازی در اتصال فیبرهای تک مد- چند مد- تک مد

شکل (۲-۴) حالتی را نشان می‌دهد که تنها یک تصویر در انتهای فیبر نوری چند مد ایجاد می‌شود. هنگامی که مجموعه تحت تنش از بیرون قرار گیرد، مکان تصویر ایجاد شده تغییر خواهد کرد. از روی تغییر مکان تصویر، می‌توان میزان فشار اعمالی را اندازه‌گیری کرد. از این تکنیک می‌توان برای اندازه‌گیری پارامترهای دیگر استفاده کرد [۱۴۶] و [۱۴۷].



شکل ۲-۴- تغییر مکان تصویر ایجاد شده در فیبر هنگامی که مجموعه تحت فشار خارجی قرار گیرد.

### ۲-۳-۵- فشارسنج Sagnac

به طور کلی در تداخل‌سنج‌های Sagnac، دو پرتو انتشاری در دو جهت مخالف در یک مسیر که توسط کوپلر به دو قسمت تقسیم و به وسیله‌ی فیبر نوری هدایت می‌شوند، پس از رسیدن به مکان اولیه با هم تداخل کرده و تشکیل یکسری الگوهای تداخلی را می‌دهند. برای ساخت حسگر فشار با استفاده از این تکنیک از فیبرهای دوشکستی استفاده می‌کنند. اختلاف راه طی شده توسط نور در یک مسیر در دو جهت مخالف می‌تواند فشار را اندازه‌گیری کند. در این سیستم‌ها برای اندازه‌گیری دقیق فشار و از بین بردن عوامل دیگر از فیبرهای PM-PCF استفاده شده است تا از انبساط دمایی ماده‌ی تشکیل دهنده‌ی فیبرها صرف‌نظر شود. تغییر قله‌ی طیف عبوری تداخل‌سنج Sagnac روش اندازه‌گیری فشار سیستم خواهد بود [۱۴۸] و [۱۴۹].

### ۲-۳-۵-۶- حسگر فشار Surface Plasmon Resonance

اساس کار پلاسمون‌ها با تغییرات ضریب شکست نمایش داده می‌شود. تغییرات ضریب شکست، تغییرات فشار سطح پلاسمون‌ها را به همراه خواهد داشت که با اندازه‌گیری فشار سطح پلاسمون‌ها، فشار گاز مورد نظر اندازه‌گیری می‌شود. در این حسگر، نور پلاریزه با برخورد به منشور و با قاعده‌ی بازتابش کلی مواجه می‌شود. نور برخوردی به سطح انتهایی منشور تحت بازتابش کلی قرار می‌گیرد. در بازتابش کلی نور جزئی وارد محیط دوم می‌شود، که این نور ورودی به محیط دوم به صورت میرا



خواهد بود و بردی به اندازه  $1/4$  طول موج نور فرودی خواهد داشت. حال از این موج میرا شونده برای تحریک پلاسمون‌های سطحی بین فصل مشترک فلز و دی‌الکتریک استفاده می‌شود و در این صورت پلاسمون‌های سطحی بوجود می‌آیند و مولفه پلاریزه P میدان میرا شونده موج می‌تواند منجر به تحریک الکترون‌های آزاد داخل ماده‌ی هدایتی شود. نکته‌ی قابل توجه این است که هنگامی که بردار تکانه‌ی نور فرودی با تکانه‌ی پلاسمون‌های سطحی انتشاری داخل لایه فلزی برابر باشد، رزونانس پلاسمون‌های سطحی اتفاق می‌افتد و انرژی فرودی جذب پلاسمون‌های سطحی می‌شود.

از آنجایی که ضریب شکست گاز با فشار به صورت خطی تغییر می‌کند. در این صورت با داشتن منحنی و نیز ضریب شکست نور در مونوکروماتور، فشار گاز مجهول قابل اندازه‌گیری خواهد بود [۱۵۳].

### ۲-۳-۶- حسگر فشار پتانسیومتری

این حسگرها با استفاده از حرکت یک لغزنده بر روی مقاومت، فشار را اندازه‌گیری می‌کنند به طوری که با حرکت لغزنده بر اثر اعمال فشار، مقاومت تغییر می‌کند و از روی میزان تغییرات مقاومت می‌توان فشار را اندازه گرفت [۱۰].

### ۲-۳-۷- حسگر فشار رزونانس

در این حسگرها اعمال فشار باعث ایجاد تغییر در چگالی گاز شده و موجب تغییر فرکانس رزونانس می‌شود. می‌توان عنصر رزونانس کننده را به طور مستقیم در معرض ماده قرار داد. در این صورت فرکانس نوسان به چگالی ماده وابسته خواهد شد. حسگرها از سیم‌های نوسان‌کننده، تیوب‌های نوسان‌کننده، کوارتز و سیستم‌های میکرو الکترومکانیکی (MEMS) ساخته می‌شوند. خروجی پایدار از مهم‌ترین ویژگی‌های حسگرهای فشار با این فناوری است [۱۱].

### ۲-۳-۸- حسگر فشار پیزو رزیستور

در این حسگرها از اثر پیزورزیستو استفاده می‌شود تا کشش ناشی از فشار را اندازه بگیرند در این حسگر فشار اعمال شده منجر به تغییر مقاومتی شده و از روی اندازه‌گیری تغییرات مقاومت می‌توان فشار را اندازه‌گیری کرد. عموماً در این مدار تقویت‌کننده این حسگر از پل وتستون استفاده شده است تا خروجی حسگر را حداکثر کنند. این معمول‌ترین فناوری به کار گرفته شده برای اهداف عمومی اندازه‌گیری فشار است [۱۲]، [۱۳] و [۳۳].

### ۲-۳-۹- حسگر فشار MEMS

در دهه اخیر فناوری ساخت ابزار دقیق در ابعاد بسیار کوچک رشد سریع داشته و استفاده از حسگرها و عملگرهای میکرو و نانومتری در حوزه‌های فراوانی گسترش یافته است. در این فناوری اجزای مکانیکی، حسگرها، محرک‌ها و قطعات الکترونیکی بر روی یک لایه سیلیکون در ابعاد بسیار کوچک قرار گرفته‌اند. از این فناوری در ساخت حسگرهای فشار استفاده می‌شود به طوری که حسگرهای فشار پیزو رزیستور، خازنی و... با استفاده از این فناوری طراحی می‌شوند که این گونه حسگرها به دلیل دقت بالا، ابعاد کوچک، کاهش چشمگیر مصرف توان از محبوبیت بالایی برخوردار هستند [۱۴]، [۱۵] و [۱۶].

### ۲-۳-۱۰- حسگر فشار MOEMS<sup>۱</sup>

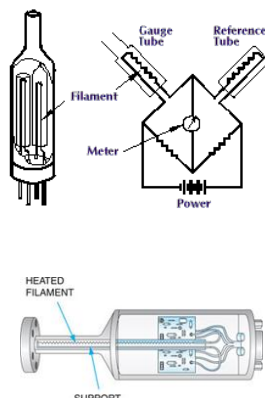
این حسگر با استفاده از فناوری‌های MEMS و OPTIC در کنار هم، جهت اندازه‌گیری فشار با دقت بالا در مکان‌هایی که دمای بسیار بالا دارند استفاده می‌شود این حسگر بر اساس Fabry-Pero فشار را اندازه‌گیری می‌کند. که در بخش‌های پیشین توضیح داده شده است [۱۷]، [۲۰] و [۳۲].

### ۲-۳-۱۱- حسگر فشار هدایت گرمایی<sup>۲</sup>

در گازهای واقعی هر چه چگالی گاز (مثلاً بر اثر افزایش فشار) بیشتر شود، توانایی آن در هدایت حرارت افزایش پیدا می‌کند. لذا از این خاصیت گازها برای اندازه‌گیری فشار استفاده می‌شود. در این گونه حسگرها، یک سیستم فیلامان با جریان الکتریکی گرم می‌شود. سپس دمای فیلامان با یک دماسنج مقاومتی (RTD) اندازه‌گیری می‌شود. این دمای اندازه‌گیری شده به میزان از دست دادن حرارت فیلامان به محیط اطراف خود یا همان هدایت حرارتی گاز بستگی دارد. این گونه دماسنج‌ها به دو گونه دو سیمه و یک سیمه تقسیم می‌شوند. گونه دو سیمه این فشارسنج‌ها، از یک سیم پیچ به عنوان گرم‌کننده و از سیم دیگر که نزدیکی فیلامان گرم‌کننده قرار دارد، برای اندازه‌گیری دما استفاده می‌کنند. این سیم‌ها معمولاً از جنس پلاتین هستند. شکل (۲-۵) شماتیک این حسگر فشار را نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup> Micro Opto Electromechanical Systems

<sup>۲</sup> Thermal Conductivity



شکل ۲-۵- نمایی از حسگر فشار هدایت گرمایی

گونه یک سیمه‌ی این حسگر که به فشارسنج پیرانی<sup>۱</sup> معروف است، از یک سیم پلاتین که در معرض فشار تحت اندازه‌گیری است تشکیل شده است. سیم توسط یک جریان الکتریکی گرم شده و توسط گاز اطراف آن خنک می‌شود. اگر فشار گاز کم شود (مثلاً با افزایش مقدار خلاء)، اثر خنک‌کنندگی کاهش پیدا می‌کند و بنابراین دمای تعادل سیم افزایش پیدا می‌کند. در نتیجه مقاومت سیم که تابعی از دمای آن است تغییر کرده و با اندازه‌گیری ولتاژ دو سر آن که در اثر عبور جریان مناسب گرم‌کننده ایجاد می‌شود، می‌توان فشار را اندازه‌گیری کرد [۲۱]، [۱۹] و [۱۰].

### ۲-۳-۱۲- حسگر فشار یونیزاسیون

این حسگرها، فشارسنج‌های حساسی هستند و برای اندازه‌گیری فشارهای بسیار کم استفاده می‌شوند. آنها فشار را بطور غیرمستقیم و از طریق یون‌های الکتریکی ایجاد شده در اثر بمباران الکترونی گاز اندازه می‌گیرند. گاز می‌تواند هوای معمولی درون یک محفظه که فشار آن تحت اندازه‌گیری است، باشد.

برای ایجاد الکترون‌ها از پدیده ترمیونیک که در کاتدهای داغ یا کاتدهای سرد بوجود می‌آید، استفاده می‌کنند. این الکترون‌ها با اتم‌های گاز برخورد کرده و یون‌های مثبت بوجود می‌آورند. این یون‌ها توسط یک الکتروود جمع‌کننده که به ولتاژ مناسبی متصل است جذب می‌شوند. جریان ایجاد شده در این الکتروود جمع‌کننده، متناسب با میزان یونیزاسیون گازی است که فشار آن تحت اندازه‌گیری است. شکل (۲-۶) به طور شماتیک این گونه حسگر فشار را نشان می‌دهد [۱۰].

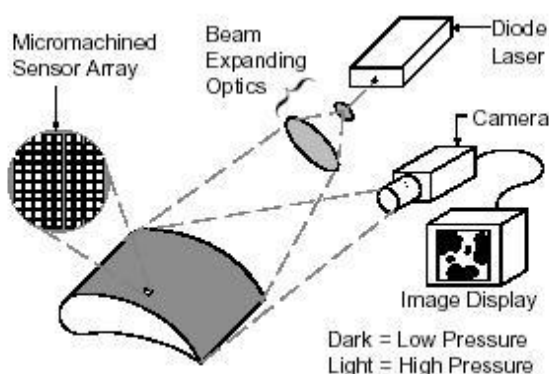
<sup>۱</sup> Pirani



شکل ۲-۶- حسگر فشار یونیزاسیون

### ۲-۳-۱۳- سیستم اندازه‌گیری توزیع فشار سطحی

یکی از اجزاء اصلی این حسگرها، مطابق شکل (۲-۷) سطحی است که شامل تعداد زیادی حسگر فشار فابری پرو از جنس سیلیکن تک کریستال است. این حسگرها با یک دیود لیزری روشن می‌شوند و شدت نور بازتابی توسط دوربین‌های مادون قرمز به تصویر کشیده می‌شود.



شکل ۲-۷- عناصر اصلی حسگر فشار فابری پرو

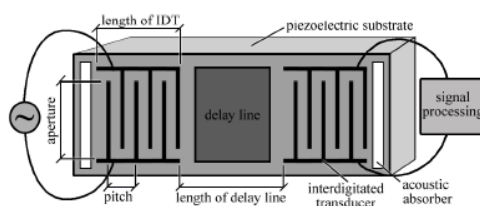
هر یک از سلول‌های این حسگر در حدود یک میلی‌متر است که سرعت پاسخ دهی تمامی آن‌ها مشابه یکدیگر است. این سیستم می‌تواند که به طور همزمان، وضعیت هر یک از سلول‌های حسگر را مورد بررسی قرار دهد و در نهایت از هر یک از آن‌ها، تصاویری متناسب با فشار وارد شده، نمایش دهد.

### ۲-۳-۱۴- حسگر فشار<sup>۱</sup> SAW

موج‌های صوتی سطحی، موج‌های مکانیکی هستند که در سطح یک ماده پیزو الکتریک منتشر می‌شوند که مهم‌ترین آنها، موج‌های رایلی (Rayleigh) است این حسگر مطابق شکل (۲-۸) شامل دو جفت الکتروود فلزی شانه‌ای شکل، روی به روی هم در دو انتهای یک لایه پیزو الکتریک است و سیگنال الکتریکی اعمال شده به یکی از این جفت الکتروود، باعث تولید میدان

<sup>۱</sup> Surface Acoustic Wave

الکتريکی در لایه پیزو الکتريک و تغيير شکل موج‌ها در سطح شده و در نتیجه با انتشار موج در سراسر سطح، این امواج به الکتروود ديگر می‌رسد تا به عنوان یک سیگنال الکتريکی قابل آشکارسازی باشد. چنانچه حسگر در معرض تنش حاصل از تغيير فشار قرار گیرد تغييراتی در زمان یا فرکانس موج سطحی ایجاد می‌شود که از روی این تغييرات می‌توان فشار را محاسبه کرد [۳۴].



شکل ۲-۸- ساختار حسگر SAW

## ۲-۴- حسگر دبی سنج

اندازه‌گیری جریان یکی از مهم‌ترین جنبه‌های کنترل فرآیند است، و در حقیقت رایج‌ترین پارامتر اندازه‌گیری فرآیندها است. دبی‌سنج‌ها برای تعیین مقدار سیال عبوری از لوله به کار می‌روند. دبی‌سنج‌ها از نظر فناوری، طراحی، عملکرد، کاربرد و قیمت با هم متفاوت هستند [۳۶] و [۴۲].

### ۲-۴-۱- دبی‌سنج‌های فشاری (Head Meters)

دبی‌سنج‌های اختلاف فشاری رایج‌ترین گونه وسایل اندازه‌گیری فلو در صنعت می‌باشند و به طور غیر مستقیم، دبی سیال را به کمک افت فشار ایجاد شده اندازه‌گیری می‌کنند که این افت فشار در سیال با قرار دادن یک مانع بر سر راه آن ایجاد می‌شود. با استفاده از ضرایب تبدیل مرتبط با نوع دبی‌سنج مورد استفاده و قطر لوله، افت فشار به دبی حجمی تبدیل می‌شود [۳۵].

### ۲-۴-۱-۱- دبی‌سنج‌های Orifice Plate

محبوب‌ترین و متداول‌ترین وسیله اندازه‌گیری دبی است. اساس کار آن بدین گونه است که اختلاف فشاری که در طول این وسیله توسط یک صفحه واقع در خط فرآیند ایجاد شده است اندازه‌گیری می‌شود تا دبی جریان تعیین گردد. سه نوع متداول Orifice Plate وجود دارد که عبارتند از: هم مرکز، گوناگون مرکز و قطعه‌ای (Segmental) [۳۷] و [۳۸].

## ۲-۴-۱-۲- دبی‌سنج‌های Venturi Tubes

دبی‌سنج و نتوری شامل یک قسمت ورودی مخروطی شکل همگرا است که در طول آن سطح مقطع جریان کاهش یافته و سرعت افزایش می‌یابد. پس از افزایش سرعت، فشار کاهش می‌یابد. قسمت واگرای و نتوری فشار سیال را به حالت اولیه برمی‌گرداند. از افت فشار ایجادشده در قسمت همگرای دبی‌سنج می‌توان دبی جریان را بدست آورد [۳۹].

## ۲-۴-۱-۳- دبی‌سنج‌های Rotameters

روتامترها (دبی‌سنج‌های سطح متغیر) عمدتاً از یک لوله شیشه‌ای که قطر آن با شیب ملایم کم می‌شود ساخته شده‌اند و به طور عمودی نصب شده تا جریان وارد آن شود. جسم شناوری که به اندازه پایه لوله شیشه‌ای است درون آن قرار گرفته و متناسب با مقدار جریان به سمت بالا حرکت می‌کند. به سبب آن که قطر لوله در بالا نسبت به پایین بزرگتر است جسم شناور در نقطه‌ای از لوله شیشه‌ای نسبت به کف آن قرار می‌گیرد که اختلاف فشار بین سطوح بالایی و پایینی با وزن جسم شناور به تعادل برسد. در اکثر موارد دبی مستقیماً از درجه بندی‌هایی که روی لوله شیشه‌ای نوشته شده است خوانده می‌شود [۴۰].

## ۲-۴-۱-۴- دبی‌سنج‌های Vortex Meters

اساس کار دبی‌سنج‌های Vortex مبتنی بر پدیده Vortex Shedding است. درون آن یک مانع (Bluff Body) است و به هنگام عبور سیال از آن سیال شکافته شده و گردابه‌های (Eddies) کوچکی تولید می‌شود که در امتداد و پشت مانع جمع می‌شوند. این گردابه‌ها باعث نوسان فشار می‌شوند و این نوسان فشار توسط حسگر اندازه گرفته می‌شود. فرکانس تولید گردابه به طور مستقیم با سرعت سیال متناسب است [۴۵].

## ۲-۴-۲- دبی‌سنج‌های سرعتی (Velocity Meters)

مبنای محاسبه دبی در این گونه دبی‌سنج‌ها بر اساس سنجش سرعت سیال و تولید سیگنالی متناسب با سرعت سیال است که سیگنال تولیدی دبی حجمی جریان، رابطه خطی دارد [۴۱].

## ۲-۴-۳- دبی‌سنج‌های Turbine Meters

یک دبی‌سنج توربینی از یک روتور چند تیغه که توسط یاتاقانی نگه داشته شده است تشکیل می‌شود به طوری که مقطع لوله، عمود بر جریان قرار می‌گیرد. سیال روتور را متناسب با سرعت سیال به حرکت در می‌آورد و دبی حجمی جریان بدست

می‌آید. یک سیم پیچ (Coil) بیرون دستگاه اندازه‌گیری، هنگامی که تیغه خطوط مغناطیسی سیم پیچ را قطع می‌کند ولتاژ متناوبی تولید می‌کند، هر پالس ولتاژ تولیدی بیانگر حجم مایع عبوری است. این دبی‌سنج به سبب آن که روتور آن معمولاً از فولاد ضد زنگ ساخته شده با بسیاری از سیالات سازگار است و سرعت پاسخ آن‌ها بالا بوده و دقت خوبی دارند [۴۳] و [۴۴].

### ۲-۴-۴- دبی‌سنج‌های Ultrasonic Meters

این دبی‌سنج‌ها جهت تعیین دبی سیال از امواج صوتی استفاده می‌کنند. و با روش‌هایی که در زیر شرح داده شده، اندازه‌گیری می‌شود [۴۶] و [۱۴].

روش اول اندازه‌گیری، روش ترانزیت زمانی است. در این روش دو مبدل مقابل هم قرار گرفته‌اند و امواج صوتی عبوری از میان آن‌ها زاویه ۴۵ درجه با جهت سیال درون لوله می‌سازند، سرعت صوت از مبدل بالا دست تا مبدل پایین دست، برابر سرعت ذاتی صوت به اضافه سرعت سیال است. در یک اندازه‌گیری همزمان در دو طرف لوله، مقداری که (به طور الکتریکی) تعیین می‌شود بیانگر سرعت سیال است و به طور خطی متناسب با دبی جریان است.

روش دیگر اندازه‌گیری این دبی‌سنج استفاده از اثر دوپلر است. وسایل اندازه‌گیری جریان در این روش از دو مبدل استفاده می‌کنند که در یک طرف لوله قرار گرفته‌اند. یک موج مافوق صوت با فرکانس ثابت توسط یکی از مبدل به سیال ارسال می‌شود سپس حباب‌های درون سیال، موج صوتی را به المنت مقصد منعکس می‌کنند. فرکانس دریافتی در المنت مقصد با فرکانس ارسال شده مقایسه می‌شود تا اختلاف فرکانسی را که مستقیماً متناسب با سرعت سیال در لوله است، محاسبه شود.

### ۲-۴-۵- دبی‌سنج‌های جرمی (Mass-Meters)

این نوع دبی‌سنج‌ها برخلاف دبی‌سنج‌های حجمی، میزان دبی را مستقیماً و بدون واسطه اندازه می‌گیرند. این دبی‌سنج‌ها از ترکیب دو وسیله که یکی سرعت سیال و دیگری دانسیته را اندازه می‌گیرد. تشکیل شده‌اند. ورودی‌ها در یک ریز پردازنده همراه با یک سری اطلاعات اضافی ترکیب شده و خروجی به عنوان دبی جرمی گزارش می‌شود [۴۷].

### ۲-۴-۶- دبی‌سنج‌های Thermal Meters

اساس کار این وسیله بدین صورت است که جریان سیال، انرژی گرمایی خود را به المنت حساس به گرما می‌دهد و با اندازه‌گیری گرمای منتقل شده به المنت جرم سیال عبور کرده محاسبه می‌شود. مقدار گرمای جابجا شده به سرعت سیال، ظرفیت گرمایی و هدایت گرمایی سیال بستگی دارد و لذا این دبی‌سنج مستقل از دانسیته، فشار و ویسکوزیته سیال است [۴۸].

## ۲-۴-۷- دبی‌سنج‌های جابجایی مثبت<sup>۱</sup>

دبی‌سنج‌های جابجایی مثبت از طریق محصور کردن حجم مشخصی از سیال در یک نقطه و تخلیه آن در خروجی کار می‌کنند. با جاروب کردن هر حجم، تعداد گردش‌ها (معمولا توسط یک ژنراتور پالس) به صورت نوری یا الکترومغناطیسی شمرده می‌شود. از انواع پرکاربرد آن می‌توان به پیستون چرخشی، روتور بادامی شکل، پره لغزنده و پیستون رفت و برگشتی اشاره کرد [۴] و [۴۹].

## ۲-۴-۸- دبی‌سنج راداری

فلومتری راداری انقلابی در اندازه‌گیری دبی مایعات کانال‌های باز، تونل‌های فاضلاب، رودخانه‌ها، ورودی و خروجی تصفیه خانه‌ها و... محسوب می‌شود. به دلیل غیر تماسی بودن و عملکرد بسیار مطلوب می‌توان از این حسگر در مواقعی که سطح کانال با چوب یا روکش پلاستیکی پوشانده شده باشد، استفاده نمود. این دستگاه با ارسال سیگنال در سطوح مختلف سیال نسبت به اندازه‌گیری دقیق سرعت سیال و ارتفاع آن اقدام می‌کند، که در نهایت می‌توان دبی لحظه‌ای و دبی کل را محاسبه نمود [۵۰] و [۲۸].

## ۲-۴-۹- دبی‌سنج نوری

اصول کار دبی‌سنج نوری براساس آشکارسازی نور پراکنده شده از ذرات معلق در گاز است. با ایجاد دو کانون اپتیکی در مسیر جریان گاز، نور پراکنده شده ناشی از ذرات میکرونی (۱۰-۳۰ میکرون) را می‌توان آشکار نمود در واقع هر ذره به هنگام عبور از این دو نقطه تولید پالس می‌نماید از آن‌جا که فاصله دو کانون نوری ثابت و معلوم است، با اندازه‌گیری زمان عبور ذرات از این دو نقطه می‌توان براحتی سرعت ذرات و لذا سرعت گاز را محاسبه نمود. که از روش‌های گوناگونی در ساخت آن استفاده می‌شود.

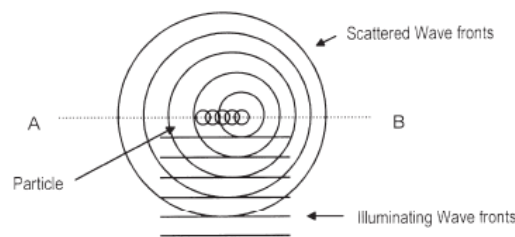
## ۲-۴-۹-۱- اندازه‌گیری سرعت جریان (دبی‌سنج) با استفاده از شیفت داپلر

پایه‌ی تمام سرعت سنج‌های نوری به دست آوردن سرعت از روی نور پراکنده شده از مایع یا گاز در حال حرکت است. شکل (۲-۹) جبهه‌های موج پراکنده شده از یک ذره که در مسیر AB در حال حرکت است را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که جبهه‌های موج در فواصل نامنظمی از یکدیگر قرار دارند. بنابراین فرکانس یا طول موج موج پراکنده شده بستگی به زاویه‌ی

<sup>1</sup> Positive displacement meters



تابش دارد. این پدیده همان شیفت فرکانسی داپلر است. شیفت فرکانسی داپلر اساس یکی از روش‌های اندازه‌گیری سرعت جریان است که به روش<sup>۱</sup> LDV معروف است. از طرفی ملاحظه می‌شود که جبهه‌های موج پراکنده شده به شکل دایره هستند. با استفاده از این مشخصه می‌توان مکان ذره را مشخص کرد. تعیین محل ذره در دو یا چند زمان اساس روش دیگری از اندازه‌گیری سرعت جریان است که به Pulsed Laser Velocimeters معروف است.



شکل ۲-۹- جبهه‌های موج پراکنده شده از یک ذره که در مسیر AB در حال حرکت است

سرعت سنج‌های LDV تغییر در فرکانس یا همان شیفت داپلر که نتیجه پراکنده شدن موج از یک ذره در حال حرکت است را اندازه‌گیری می‌کنند [۱۵۴] و [۱۵۵].

## ۲-۴-۹-۲- اندازه‌گیری سرعت جریان با استفاده از روش Scintillation

در برخی روش‌هایی که برای اندازه‌گیری سرعت گاز وجود دارد سر حسگر درون مسیر حرکت گاز قرار می‌گیرد. این روش‌ها برای مقاصد صنعتی دارای دقت پایینی هستند. یکی از مشکلات این روش‌ها تغییر الگو و سرعت حرکت گاز بر اثر وجود سر حسگر درون مسیر حرکت گاز است. از طرفی به علت کثیف و مخرب بودن گاز (برای نمونه اسیدی بودن آن)، محافظت و تمیز کردن سر حسگر عمل پرهزینه‌ای است. برای حل این مشکل روش‌های جدیدی برای اندازه‌گیری سرعت گاز ابداع شده است که یکی از آن‌ها L2B است [۱۵۶].

ضریب شکست گاز بر اثر تلاطم<sup>۲</sup> دچار تغییراتی می‌شود. با استفاده از این تغییرات می‌توان سرعت حرکت گاز را اندازه‌گیری کرد. شیوه پیشرفته این روش، Laser-Two-Beam (L2B)، توسط شرکت Photon Control ثبت شده است [۱۵۷]. عبارت Scintillation یک مفهوم کلی است که توصیف‌کننده تغییرات در وضوح یک مکان یا روشنایی یک جسم هنگام مشاهده آن از اتمسفر است. مثال بارز آن چشمک زدن ستاره‌ها است.

<sup>۱</sup> Laser Doppler Velocimetry

<sup>۲</sup> Turbulence

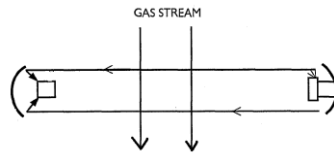
فرستنده نوری یک باریکه نور را در جهت عمود بر مسیر حرکت گاز تولید می‌کند. در گیرنده نوری، دو لنز قرار می‌گیرد که نور عبور کرده از مسیر حرکت گاز را بر روی آشکارسازهای نوری متمرکز می‌کند. این لنزها با فاصله از یکدیگر در راستای حرکت گاز، قرار می‌گیرند. برای هر یک از این لنزها یک آشکارساز نوری در نظر گرفته می‌شود. خروجی الکترونیکی این آشکارسازها بر اساس تغییرات به وجود آمده در باریکه نور با توجه به تغییر ضریب شکست گاز بر اثر تلاطم آن (scintillation)، خروجی الکترونیکی تولید می‌کنند. این خروجی‌ها پس از تقویت و تبدیل به سیگنال دیجیتال با استفاده از پردازشگر سیگنال دیجیتال توسط تکنیک cross correlation با یکدیگر مقایسه می‌شوند. از خروجی پردازشگر سیگنال دیجیتال با توجه به این که کدام زمان دارای اکسترمم است می‌توان به تاخیر بین دو باریکه نور رسیده به آشکارسازهای نوری پی برد و به این ترتیب سرعت حرکت گاز مشخص می‌شود [۱۵۶].

### ۲-۴-۹-۳- اندازه‌گیری سرعت جریان با استفاده از جذب نور فروسرخ

تمام گازها مانند  $O_2$ ،  $N_2$ ،  $NO$ ،  $CO$ ،  $CO_2$  در حالت گازی خود نامرئی هستند. اما اگر به این گازها نوری در طیف فرکانسی فروسرخ اعمال شود، بسته به طول موج، گونه گاز، دما و فشار گاز جذب می‌شود. این جذب نور فروسرخ اساس کار این گونه اندازه‌گیری سرعت گاز است [۱۵۸].

اساس کار اندازه‌گیر سرعت بر پایه جذب بدین صورت است که دو باریکه موازی از IR LED ها یا لیزرهای فروسرخ به صورت عمود، لوله انتقال گاز را قطع می‌کنند. وجود هیدروکربن‌ها و یا قطره‌های آب درون جریان باعث تغییر در انتقال نور از درون لوله می‌شود. ضریب انتقال هر یک از دو باریکه نور نیز به صورت جداگانه آشکار می‌شوند. با استفاده از تکنیک cross-correlation اختلاف زمانی بین دو سیگنال آشکار شده، مشخص می‌شود.

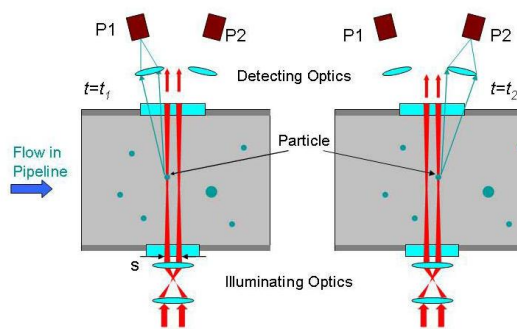
با توجه به شکل (۲-۱۰)، این اندازه‌گیر سرعت متشکل از دو منبع نوری فروسرخ است که در امتداد مسیر حرکت گاز با فاصله‌ای مشخص از یکدیگر قرار گرفته‌اند. نورهای خروجی این دو منبع به صورت موازی عمود بر مسیر حرکت گاز در می‌آیند. در آن سوی لوله انتقال گاز دو گیرنده نور فروسرخ در امتداد مسیر حرکت گاز با فاصله‌ای مشخص از یکدیگر قرار گرفته‌اند که نور رسیده را آشکار می‌کنند. با توجه به جذب نور توسط ابرهای گاز و مسیر حرکت گاز که عمود بر دو باریکه نور خروجی از دو منبع نوری است، می‌توان انتظار داشت که سیگنال‌های تولید شده در خروجی به مداری داده می‌شوند تا با استفاده از تکنیک cross-correlation این اختلاف زمانی مشخص شود. با معلوم بودن فاصله‌ی دو منبع نوری (دو باریکه نور داخل لوله‌ی انتقال گاز) و مشخص شدن اختلاف زمانی، سرعت حرکت گاز تعیین می‌شود.



شکل ۲-۱۰- اساس کار اندازه‌گیر سرعت جریان با استفاده از جذب نور

## ۲-۴-۹-۴- اندازه‌گیری سرعت جریان به روش L2F

در سال ۱۹۶۸ Thompson برای اولین بار ساختاری را ارائه کرد که سرعت گاز را به روش L2F اندازه‌گیری کرد. L2F مخفف کلمه‌ی Laser Two Focus است. در این روش به جای این که از دو باریکه نور برای اندازه‌گیری سرعت گاز استفاده شود (روش L2B)، نور را در دو نقطه کانونی می‌کنند. اساس کار این حسگر در شکل (۲-۱۱) توصیف شده است. ذره‌های کوچکی که در گاز طبیعی وجود دارند از دو باریکه نور که در لوله انتقال گاز متمرکز شده‌اند، عبور می‌کنند. هنگامی که ذره از اولین باریکه نور عبور می‌کند، نور لیزر پراکنده<sup>۱</sup> می‌شود. نور پراکنده شده توسط یک لنز بر روی آشکارساز نوری P1 که در محل مناسبی باید قرار گیرد، متمرکز می‌شود. در این صورت آشکارساز نوری P1 یک سیگنال الکتریکی تولید می‌کند. اگر همان ذره از باریکه دوم نیز عبور کند، آشکارساز نوری P2 نیز یک سیگنال الکتریکی دیگری تولید می‌کند. با اندازه‌گیری فاصله‌ی زمانی بین این دو پالس الکتریکی ( $\tau$ ) و دانستن فاصله‌ی بین دو باریکه نور متمرکز شده می‌توان سرعت حرکت گاز را اندازه‌گیری کرد [۱۵۹].



شکل ۲-۱۱- اساس کار اندازه‌گیر سرعت گاز با روش L2F

<sup>۱</sup> Scatter

## ۲-۴-۱۰- دبی سنج الکترومغناطیسی

دبی سنج الکترومغناطیسی بر اساس اصل فاراده عمل می‌کنند. بدین صورت که EMF القا شده در یک هادی متحرک در یک میدان مغناطیسی متناسب با سرعت هادی است. به کمک اندازه‌گیری تغییرات شار مغناطیسی در اثر سرعت سیال می‌توان مقدار فلو را با دقت قابل قبولی اندازه‌گیری کرد [۴] و [۲۲].

## ۲-۴-۱۱- دبی سنج کوریولیس

دبی سنج کوریولیس با اندازه‌گیری نیروی ناشی از شتاب و جرم در حال حرکت به سمت (و یا به دور از) یک مرکز چرخش است، می‌تواند مقدار فلوی جرمی سیالات گوناگون اندازه‌گیری کند. این اثر را می‌توان در جریان آب یک حلقه شلنگ انعطاف پذیر، وقتی جریان آب به شدت از آن عبور می‌کند و شلنگ تمایل به چرخش در جهات مختلف را دارد، نشان داد. در حقیقت دبی سنج کوریولیس با اندازه‌گیری این پیچ و تاپ که رابطه مستقیمی با فلوی جرمی دارد می‌تواند مقدار فلوی جرمی را با کمی پردازش و خطی کردن مقادیر با دقت بالا به دست آورد [۵۱].

## ۲-۴-۱۲- دبی سنج پیزوالکتریک

این دبی سنج از خاصیت تغییرات فرکانس که در اثر تغییرات فلوی گاز در حسگر piezoresistive ایجاد می‌شود، استفاده می‌کند از آنجایی که هرچه قدر سرعت تغییرات حرکت گاز زیاد شود رزونانس حسگر زیادتر می‌شود در نتیجه به راحتی می‌توان دبی مورد نظر را محاسبه کرد. این حسگر به سبب دقت بالایی در محاسبات، ابعاد کوچک و بکارگیری آسان از محبوبیت زیادی برخوردار است. همچنین این حسگر را با استفاده از فناوری MEMS ساخته می‌شود.

## ۲-۴-۱۳- دبی سنج SAW

این دبی سنج از امواج صوتی سطحی جهت اندازه‌گیری دبی گاز استفاده می‌کند. از آنجایی که فشار با دبی رابطه خطی دارد در این روش ابتدا با عبور گاز از حسگر، در فشار معمولی تاخیر زمانی معینی بین IDT ها (الکترودها) بوجود می‌آید. با تغییر فشار تاخیر زمانی بین الکترودها تغییر می‌کند در نتیجه می‌توان با اندازه‌گیری اختلاف زمانی، دبی مورد نظر اندازه‌گیری کرد [۲۷].

## ۲-۵- حسگر سطح سنج

یکی از نیازهای پایه‌ای در صنعت، اطلاع از موجودی مخازن در چرخه فرآیند است. آگاهی نداشتن از میزان موجودی مخازن در بعضی از موارد موجب پیدایش حوادث خطرناکی می‌شود. در نیروگاه اندازه‌گیری سطح آب درام، بویلر، مخازن سوخت، مخازن روغن و .. از نکات مهم در عملکرد درست نیروگاه است. سطح‌سنج‌ها از نظر فناوری، طراحی، عملکرد، کاربرد و قیمت با هم متفاوت هستند. که در ادامه به صورت کوتاه معرفی می‌شوند.

### ۲-۵-۱- سطح سنج شناوری

از قدیمی‌ترین روش‌های اندازه‌گیری سطح مایعات، استفاده از خاصیت غوطه‌وری مواد در سطح مایع و نمایش این تغییرات به کمک یک شاخص است. این سطح‌سنج به کمک گوی‌های شناوری که در وسط آن میله‌ای با قابلیت حرکت تعبیه شده است، به راحتی با افزایش ارتفاع می‌تواند سطح مایع را اندازه‌گیری کند. [۵۲]

### ۲-۵-۲- سطح سنج اولتراسونیک

سطح‌سنج اولتراسونیک با ارسال پالس‌های صوتی و دریافت انعکاس همان پالس و مقایسه سرعت رفت و برگشت آن با توجه به مشخص بودن سرعت صوت در محیط، می‌تواند ارتفاع سطح مخازن را اندازه‌گیری کند [۲۲].

### ۲-۵-۳- سطح سنج سایت گلاس

در این روش یک شیشه‌ی قابل دید در کنار مخزن نصب می‌شود. سطح مایع در مخزن با سطح مایع در شیشه‌ی قابل دید، برابر خواهد بود. این روش دارای خطای کمی است و قیمت آن نیز نسبتاً پایین است. ولی تحمل فشار و دمای آن محدود است. این روش از جمله ساده‌ترین روش‌های اندازه‌گیری سطح (ارتفاع) مایع در داخل مخازن است [۵۲].

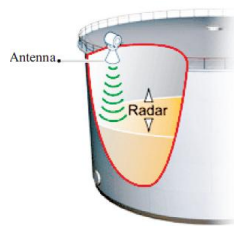
### ۲-۵-۴- سطح سنج هیدرواستاتیک (اختلاف فشار)

نحوه‌ی عملکرد در این روش به این صورت است که یک ترانسیمتر فشار در پایین مخزن نصب می‌شود. با تغییر ارتفاع مایع در مخزن، فشار کف آن تغییر می‌کند. بنابراین با اندازه‌گیری فشار کف مخزن می‌توان ارتفاع مایع را به دست آورد. این روش یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای اندازه‌گیری سطح (ارتفاع) مایعات در مخازن است [۵۴].

## ۲-۵-۵- سطح‌سنج راداری

سطح‌سنج‌های راداری در حقیقت تجهیزاتی هستند که با ارسال امواج رادار، فضای خالی بالای مخزن را اندازه‌گیری می‌کنند. با کسر ارتفاع خالی مخزن از ارتفاع واقعی آن که به عنوان مقدار اولیه به حسگر داده شده است، ارتفاع مایع قابل محاسبه خواهد بود.

سطح‌سنج‌های راداری امواج رادار را به صورت پالس‌های کوتاه با دوره‌های تناوب معینی ارسال می‌کند. در حقیقت هر پالس، شامل تعدادی موج الکترومغناطیسی بوده که تعداد آن بستگی به فرکانس و زمان تناوب امواج خواهد داشت. پالس‌ها در فواصل زمانی معین پشت سر هم ارسال می‌گردند. اساس کار در این روش، محاسبه‌ی زمان پیمایش امواج رادار در مسیر رفت و برگشت است. امواج پس از برخورد با سطح مورد نظر، بازتاب می‌شوند. سطح مایع متناسب با زمان رفت و برگشت امواج خواهد بود. فرستنده با اندازه‌گیری مدت زمان سپری شده در رفت و برگشت امواج، ارتفاع مایع درون مخزن را اندازه‌گیری می‌کند [۵۵].

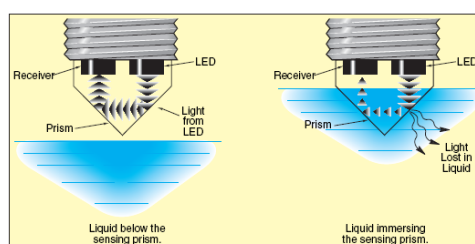


شکل ۲-۱۲- سطح‌سنجی با استفاده از امواج رادار

## ۲-۵-۶- سطح‌سنج نوری

### ۲-۵-۶-۱- سطح‌سنج منشوری

سطح‌سنج نوری از منشور، LED نور قرمز و آشکارساز نوری ساخته شده و عملکرد آن به این صورت است که نوری توسط LED به سطح منشور تابیده شده و نور بازگشتی توسط آشکارساز دریافت می‌شود. ماهیت این نور هنگامی که حسگر، داخل مایع و یا خارج مایع باشد به دلیل ضریب شکست متفاوت، تغییر می‌کند [۵۳].



شکل ۲-۱۳ - سطح‌سنجی با استفاده از نور

### ۲-۵-۶-۲ - سطح‌سنجی مایعات با استفاده از فیبر نوری

این سطح‌سنج در اصل شامل تعداد زیادی فیبرهای نوری U شکل است که هر خم U شکل، در سطح مایع مورد نظر قرار می‌گیرد. یک منبع نور در ابتدای بازوی اول هر فیبر نوری تعبیه شده و آشکارساز نوری در انتهای دیگر فیبر قرار گرفته است. از میزان نور دریافتی توسط آشکارساز می‌توان سطح مایع را اندازه‌گیری کرد [۵۶].

### ۲-۵-۶-۳ - سطح‌سنجی مایعات با تشخیص اختلاف حرارت

در این روش یک فیبر نوری به کار می‌رود که شامل یک المان جاذب انرژی است که روی قسمتی از غلاف فیبر قرار می‌گیرد و در نتیجه تبادل حرارتی بین این المان و غلاف وجود خواهد داشت. فیبر نوری در مخزن به گونه‌ای قرار می‌گیرد که المان جاذب انرژی روی آن، به میزان مشخصی در مخزن پایین برود و سطح مایع را در محدوده‌ای معین قطع کند. نورهای تک فرکانس، در هسته فیبر نوری ارسال می‌شوند. یک سیگنال انرژی به صورت ضربه، در طول مسیر برای گرم کردن المان جاذب ایجاد می‌شود و نور منتقل شده در انتهای دیگر فیبر دریافت می‌گردد. تغییر فاز نور منتقل شده در اثر ضربه انرژی، اندازه‌گیری شده و موقعیت سطح مایع بر طبق آن تعیین می‌شود [۱۸۹].

### ۲-۵-۶-۴ - اندازه‌گیری سطح مایع با روش زمان پرواز

این سطح‌سنج بر اساس قانون زمان پرواز<sup>۱</sup> (TOF) کار می‌کند. در این روش نیز نظیر سطح‌سنج راداری زمان ارسال نور لیزر به سطح مایع و بازگشت آن اندازه‌گیری می‌شود [۱۸۸].

### ۲-۵-۷ - سطح‌سنج مغناطیسی

در این روش یک آهنربا در داخل شناوری که روی سطح مایع قرار دارد، تعبیه می‌شود. حرکت این شناور باعث چرخش نوارهای مغناطیسی که در بیرون مخزن نصب شده‌اند، می‌شود. از آنجا که رنگ دو طرف این نوارها متفاوت است، به سادگی می‌توان با مشاهده‌ی رنگ نوارها به موقعیت سطح مایع در مخزن پی برد. از این روش برای اندازه‌گیری سطح (ارتفاع) مایعات در مخازن استفاده می‌شود [۵۷].

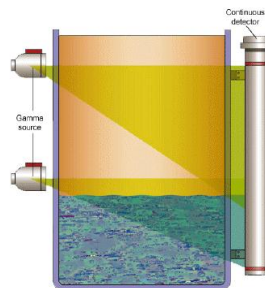
<sup>۱</sup> - Pulsed Time Of Flight

## ۲-۵-۸- سطح سنج بویانسی

در این روش یک شناور بلند در داخل مایع غوطه‌ور می‌شود. هر قدر که سطح مایع افزایش یابد، نیروی ارشمیدس وارد بر این شناور نیز افزایش پیدا می‌کند. با اندازه‌گیری این نیرو به روش‌های مکانیکی یا الکتریکی می‌توان سطح مایع را تعیین کرد. از این روش می‌توان برای اندازه‌گیری ارتفاع مایعات، در مخازن باز یا بسته (تحت فشار) استفاده کرد. ارتفاع قابل اندازه‌گیری در این روش به چند متر محدود می‌شود. با توجه به امکان نصب حسگر از بالای مخزن، از این روش می‌توان برای اندازه‌گیری ارتفاع مخازنی که در زمین مدفون هستند و امکان دسترسی به اطراف آن‌ها وجود ندارد استفاده کرد [۵۷].

## ۲-۵-۹- سطح سنج اشعه گاما<sup>۱</sup>

این سیستم از یک یا چند منبع تولید اشعه گاما، آشکارساز و پردازنده تشکیل شده است. اساس کار این حسگر به این صورت است که منابع اشعه‌ی گاما روی دیواره‌ی مخزن قرار می‌گیرد و آشکارساز در طرف مقابل منبع روی دیواره نصب می‌شود. این آشکارساز، انرژی تابیده شده از منبع را اندازه‌گیری می‌کند که با بالا آمدن مایع، مقدار انرژی دریافتی کاهش می‌یابد. در واقع انرژی دریافتی با سطح رابطه عکس دارد [۵۸].



شکل ۲-۱۴- سطح‌سنجی با استفاده از موج گاما

## ۲-۵-۱۰- سطح‌سنج ارتعاشی<sup>۲</sup>

سطح‌سنج‌های ارتعاشی یا لرزشی که به نام‌های دیپازونی هم مشهورند برای کنترل سطح مایعات و جامدات پودری مورد استفاده قرار می‌گیرند. اساس کار این سطح‌سنج به این صورت است که در حالت عادی شروع به ارتعاش با فرکانس تعریف شده‌ای می‌کند. هنگامی که مواد پودری جامد و یا مایع به آن سطح می‌رسد، تغییراتی در دامنه و فرکانس ارتعاشی ایجاد می‌شود. این تغییرات بیانگر میزان سطح خواهد بود [۵۹].

<sup>1</sup> Gamma ray level meter

<sup>2</sup> Vibro level meter



## ۲-۵-۱۱- سطح‌سنج پره‌ای پدالی<sup>۱</sup>

سطح‌سنج‌های پره‌ای بیشتر در مواردی نظیر مخازن مواد غذایی و مواد جامدی نظیر ماسه و ... کاربرد دارد. این سطح‌سنج مکانیکی از یک پره‌ی فلزی که دائماً در حال چرخش است تشکیل شده است. زمانی که مواد به پره می‌رسند، از حرکت پره جلوگیری می‌کنند. ایستادن پره باعث می‌شود موتور از محور خود تغییر وضعیت بدهد و میکروسوئیچی را تحریک کند. بدین ترتیب میزان سطح اندازه‌گیری می‌شود [۶۰].

## ۲-۵-۱۲- سطح‌سنج TDR<sup>۲</sup>

در این حسگر پالس‌هایی تولید می‌شود که به داخل یک موجبر (پروب حسگر) ارسال می‌شود. هنگامی که پالس‌ها به سطح برخورد می‌کنند، با توجه به ارتفاع مایع، پالس‌های بازگشتی خواهیم داشت که می‌توان با اندازه‌گیری اختلاف زمانی بین پالس ارسالی و دریافتی به ارتفاع مایع پی برد [۶۱] و [۶۲].

## ۲-۶- حسگر دما

دماسنج وسیله‌ای است که به کمک آن میزان گرما اندازه‌گیری می‌شود. دما بر خلاف کمیت‌هایی همانند جرم، طول یا زمان، کمیتی است که معمولاً به صورت غیرمستقیم و در اثر تغییر رفتار و مشخصات مواد، مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد. برای نمونه می‌توان از تغییر حجم مایعات، تغییر طول میله‌ی فلزی، تغییر مقاومت یک سیم مقاومتی، تغییر فشار گاز محبوس در مخزن و تغییر رنگ لامپ در اثر تغییر حرارت، دما را اندازه‌گیری کرد. روش‌های گوناگونی برای اندازه‌گیری دما وجود دارد که در ادامه به معرفی آن‌ها پرداخته می‌شود.

## ۲-۶-۱- دماسنج با مقاومت الکتریکی

دماسنج مقاومتی، پلاتین استاندارد SPRT است. SPRT سیم بلندی است که به صورت مارپیچ در آمده است. این قطعه در داخل تیوبی پر شده از گاز خنثی هلیوم یا هیدروژن قرار داده می‌شود. مقاومت المنت در مقابل افزایش دما تغییر می‌کند، در نتیجه با اندازه‌گیری مقاومت، دما اندازه‌گیری می‌شود.

1 Paddle Level switch

2 Time Domain Reflectometry

## ۲-۶-۲- دماسنج‌های پلاتینی صنعتی IPTR

اساس کار این دماسنج‌ها مشابه دماسنج‌های SPTR است، با این تفاوت که IPTR ها نسبت به SPTR ها از کیفیت پایین‌تری برخوردارند.

## ۲-۶-۳- دماسنج‌های مقاومتی

به صورت کلی مواد نسبت به افزایش دما دو رفتار متفاوت در برابر تغییر مقاومت الکتریکی از خود نشان می‌دهند. در یک گروه با افزایش دما، مقاومت الکتریکی بالا می‌رود. به این گروه که دارای ضریب دمایی مثبت هستند، PTC گفته می‌شود. در گروه دیگر با افزایش دما، مقاومت الکتریکی کاهش می‌یابد. به این گروه که دارای ضریب دمایی منفی هستند NTC گفته می‌شود.

در دماسنج‌های مقاومتی اندازه‌گیری دما بر اساس تغییر مقاومت الکتریکی حسگر آن انجام می‌شود. بنابراین در یک لحظه که تعادل ترمودینامیکی برقرار شده باشد، باید مقدار مقاومت اندازه‌گیری شود. برای اندازه‌گیری مقاومت دو روش متداول وجود دارد.

- اندازه‌گیری مقاومت با استفاده از پل (روش صفر)
- اندازه‌گیری مقاومت با استفاده از جریان ثابت (با استفاده از ولتمتر)

## ۲-۶-۴- دماسنج گازی

این دماسنج شامل حبابی از جنس شیشه، چینی، کوارتز، پلاتین یا پلاتین - ایریدیم است که به وسیله‌ی یک لوله‌ی موئین به فشارسنج جیوه‌ای متصل می‌شود. این دماسنج بر اساس دو قانون ذکر شده در مورد گاز کامل کار می‌کند. قانون بویل ماریوت: حجم مقدار معینی از هر گاز در دمای معین با فشاری که بر آن وارد می‌شود، بطور معکوس، متناسب است.

قانون شارل گیلوساک: فشار هر گاز در حجم معین به ازای هر یک درجه سانتیگراد افزایش دما، به اندازه  $\frac{1}{273}$  حجم اولیه‌اش افزایش می‌یابد.

## ۲-۶-۵- دماسنج مایعی

دماسنج‌های جیوه‌ای یا الکی یکی از رایج‌ترین انواع دماسنج‌های مورد استفاده در صنعت است. ساختمان این گونه دماسنج‌ها از یک مخزن مایع و یک لوله‌ی موئین تشکیل شده که مایع درون مخزن در اثر انبساط از لوله‌ی موئین بالا رفته و دمای متناسب را نشان می‌دهد.

## ۲-۶-۶- دماسنج انبساط سیال

این گونه دماسنج یکی از باصرفه‌ترین، رایج‌ترین و تطبیق‌پذیرترین وسایل اندازه‌گیری دما در صنعت است. با افزایش دما، فشار درون حباب که می‌تواند محتوی مایع، گاز یا بخار باشد، بالا رفته و توسط فشارسنج اندازه‌گیری می‌شود. فشار اندازه‌گیری شده با دما متناسب است.

## ۲-۶-۷- دماسنج الکتریکی

اساس کار دماسنج‌های الکتریکی مشابه دماسنج‌های مقاومتی است. این گونه دماسنج‌ها کاربردهای فراوانی در صنعت داشته و قادرند از دماهای پایین تا دماهای بسیار بالا را اندازه‌گیری نمایند.

## ۲-۶-۸- دماسنج کریستال کوارتز

دماسنج کریستال کوارتز بر اساس حساسیت فرکانس تشدید کریستال کوارتز به تغییر دما کار می‌کند. هنگامی که از زاویه‌ی برش مناسب برای کریستال استفاده شود، یک رابطه‌ی خطی میان فرکانس و دما وجود دارد.

## ۲-۶-۹- ترموکوپل

در ترموکوپل‌ها از خاصیت انبساط و انقباض اجسام جامد استفاده می‌شود. گستره‌ی یک ترموکوپل بستگی به موادی دارد که ترموکوپل از آن ساخته شده است. مزیت ترموکوپل در این است که بخاطر جرم کوچک، بسیار سریع با سیستمی که اندازه‌گیری دمای آن مورد نظر است، به حال تعادل گرمایی در می‌آید. لذا تغییرات دما به آسانی بر آن اثر می‌کند، ولی دقت دماسنج مقاومتی پلاتین را ندارد.

## ۲-۶-۱۰- دماسنج آلتراسونیک

این حسگر بر اساس وابستگی دمایی به سرعت صوت در مواد کار می‌کند. در واقع هنگامی که صوت از مواد عبور می‌کند، شامل اطلاعاتی از دمای داخل آن مواد است. به دلیل غیر تماسی بودن این حسگر مقدار اندازه‌گیری شده از پارامترهای فشار، چگالی، هدایت مستقل است.

## ۲-۶-۱۱- حسگر دما به روش پیزوالکتریک

این دماسنج از حساسیت بالای پیزوالکتریک نسبت به تغییرات دما استفاده می‌کند. از آنجایی که با کاهش یا افزایش دما در ماده‌ی پیزوالکتریک تغییر ایجاد می‌شود در نتیجه به راحتی می‌توان دمای مورد نظر را محاسبه کرد و با استفاده از فناوری mems می‌توان ابعاد این دماسنج را کاهش و همچنین کارایی آن را بالا برد [۳۱].

## ۲-۶-۱۲- حسگر دما به روش SAW

ساختار این حسگرها مشابه حسگرهای فشار با فناوری SAW است. تغییر دما در مجاورت این حسگرها منجر به تغییراتی در سرعت انتشار امواج صوتی می‌شود که این امر موجب تاخیر در رسیدن سیگنال به الکتروود آشکارساز شده و در نتیجه می‌توان گفت میزان این تاخیر متناسب با تغییرات دما است. به دلیل دقت بالا در این روش می‌توان از این فناوری در اندازه‌گیری دمای کابل‌های انتقال فشار قوی و ماشین‌های دوار استفاده کرد [۲۱۲].

## ۲-۶-۱۳- حسگر دما به روش نوری

روش‌های گوناگونی برای اندازه‌گیری دما به روش نوری وجود دارد که در ادامه به تعدادی از آن اشاره می‌شود.

### ۲-۶-۱۳-۱- دماسنج نوری پراکندگی رامان

این گونه دماسنج نوری بر پایه‌ی پراکندگی رامان کار می‌کند. کاربرد اصلی این حسگرها، اندازه‌گیری توزیعی دما و متوسط دما بر روی سطوح بزرگ و یا در طول اشیای طویل مانند لوله‌ها است [۲۰۷].

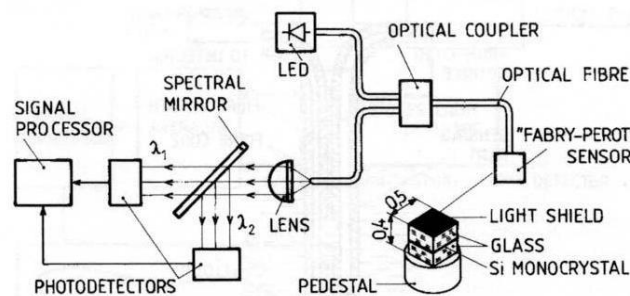
### ۲-۶-۱۳-۲- دماسنج نوری پراکندگی بریلوئن

دماسنج‌هایی که بر اساس پراکندگی بریلوئن کار می‌کنند، برای اندازه‌گیری توزیع دما بسیار مناسب هستند و رقیبی برای دماسنج‌های پراکندگی رامان به شمار می‌آیند. با این روش امکان اندازه‌گیری مکان و دمای نقاط داغ در طول چند ده کیلومتر از

کابل‌ها با وضوح دقت چند متر وجود دارد. اثر بریلوئن یک اثر غیر الاستیک است که در نتیجه‌ی برهم‌کنش امواج نوری و صوتی درون فیبر حاصل می‌شود [۲۰۸].

### ۲-۶-۱۳-۳- دماسنجی بر اساس تداخل‌سنج فابری- پرو

در ساختار داخلی این دماسنج‌ها از یک LED به عنوان منبع نوری استفاده می‌شود. در انتهای فیبر نوری یک لایه فیلم نازک Si (به عنوان حسگر) قرار دارد که توسط دو لایه‌ی شیشه‌ای احاطه شده است. نور تابیده شده به فیلم نازک با توجه به ضریب انعکاس وابسته به طول موج منعکس می‌شود. نور بازتابش شده توسط همان فیبر نوری به یک آینه‌ی نیمه‌شفاف منتقل می‌گردد که این آینه، تابش رسیده را به دو پرتو تابشی با طول‌موج‌های  $\lambda_1$  و  $\lambda_2$  تجزیه می‌کند. دمای حسگر به نسبت شدت تابش در این دو طول موج وابسته است که این نسبت نیز به طور مستقیم با نسبت دو سیگنال الکتریکی به دست آمده از دیودهای نوری، متناسب است. شکل (۲-۱۵) شماتیکی از این گونه دماسنج را نشان می‌دهد [۲۰۲] و [۲۰۳].



شکل ۲-۱۵- دماسنج فیبر نوری با حسگر فابری پرو

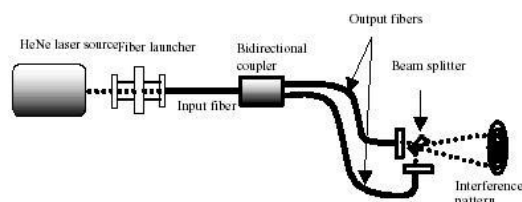
### ۲-۶-۱۳-۴- دماسنجی بر اساس تغییر ضریب شکست

در این گونه دماسنجی، وابستگی دمایی ضریب شکست یک فیبر نوری برای اندازه‌گیری مستقیم دما استفاده می‌شود. می‌توان فیبر را به دور جسم پیچید. با تغییر دما، ضریب شکست فیبر و در نتیجه تلفات فیبر در خم‌های فیبر تغییر می‌کند. تلفات نوری وابسته به دما در خم‌های فیبر می‌تواند مقدار دما را در طول فیبری که به طور یکنواخت پیچیده شده است را بدهد. این روش برای اندازه‌گیری متوسط دما مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۰۹].

### ۲-۶-۱۳-۵- دماسنجی بر اساس تداخل‌سنج ماخ- زندر

دماسنجی بر اساس تداخل‌سنج ماخ - زندر که در شکل (۲-۱۶) نشان داده شده است، شامل دو مقسم نوری و دو آینه است. ابتدا نور لیزر وارد یکی از فیبرهای تک مد می‌شود. کوپلر، نور رسیده را به دو پرتو تجزیه می‌کند که در طول دو بازوی

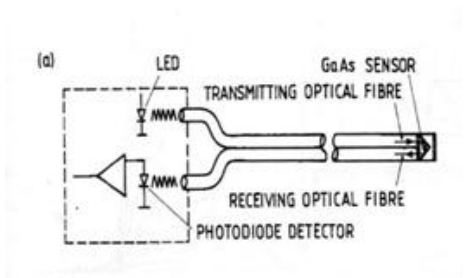
فیبر منتشر می‌شوند. در این حسگر، یکی از دو بازوی فیبر به عنوان بازوی حسگر عمل می‌کند که دما به آن اعمال می‌شود. در حالی که بازوی دوم به عنوان بازوی مرجع در نظر گرفته می‌شود. از روی تغییر فاز نوری میان بازوهای حسگر و در نهایت تغییر الگوی تداخلی، دما قابل اندازه‌گیری خواهد بود [۲۰۴].



شکل ۲-۱۶- تداخل سنج ماخ - زندر

## ۲-۶-۱۳-۶- دماسنجی بر اساس نیمه‌رسانای GaAs

دماسنجی که در شکل (۲-۱۷) نشان داده شده است، بر مبنای وابستگی ضریب جذب نیمه‌رسانای GaAs به دمای خود و فرکانس تابش فرودی ساخته شده است. در این دماسنج، منبع نور LED، نور را در طول فیبر منتشر می‌کند تا به منشور GaAs برسد. نور بازتاب شده توسط فیبر دوم به سمت آشکارساز هدایت می‌شود. منشور GaAs یک جابجایی در مرز طیف تابشی می‌دهد. سیگنال خروجی از لحاظ جابجایی به دمای منشور GaAs وابسته است [۲۱۱].



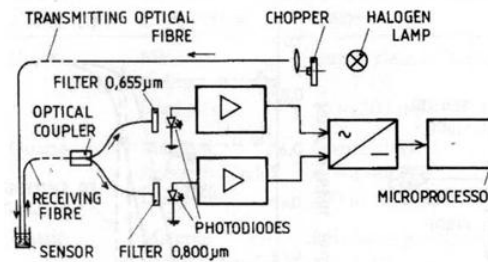
شکل ۲-۱۷- دماسنج فیبر نوری بر پایه‌ی نیمه‌رسانای GaAs

## ۲-۶-۱۳-۷- دماسنجی بر اساس جسم سیاه

توان گسیلی یک جسم سیاه تابعی از دمای آن است. هنگامی که جسم سیاه در اثر مجاورت با شی‌ای که قرار است دمای آن اندازه‌گیری شود قرار بگیرد، گرم شده و تابش می‌کند. شدت این تابش به دمای جسم مورد نظر وابسته است. این تابش توسط فیبر نوری به گیرنده‌ی نوری منتقل می‌شود و در نهایت دما از سیگنال خروجی بدست می‌آید. این دماسنج قابلیت استفاده در بازه‌های دمایی بزرگ را دارد [۲۱۰].

## ۲-۶-۱۳-۸- دماسنج ترموکرومیک

مواد ترموکرومیک کریستال‌های مایعی هستند که با دما تغییر رنگ می‌دهند. دماسنج‌های ترموکرومیک بر پایه‌ی وابستگی فاکتور انعکاس کریستال‌های مایع به دما ساخته شده‌اند. در این دماسنج‌ها از یک لامپ هالوژن استفاده شده که نور آن توسط فیبر نوری به یک حسگر دما منتقل می‌شود. حسگر یک میله کوچک است که محلول ترموکرومیک را شامل می‌شود. نور رسیده به حسگر توسط آینه‌ای که در انتهای میله قرار دارد منعکس شده و وارد فیبر نوری می‌شود. در آنجا به دو پرتو نور با طول‌موج‌های متفاوت تجزیه می‌شود. هر دو سیگنال توسط گیرنده‌های نوری، آشکار و پس از تقویت، به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل می‌شوند. نسبت این سیگنال‌ها معرف مقدار دما خواهد بود. این دماسنج‌ها در پزشکی کاربرد فراوانی دارند. شکل (۲-۱۸) این دماسنج را نشان می‌دهد [۲۰۶].



شکل ۲-۱۸- طرح ساده‌ای از دماسنج با حسگر ترموکرومیک

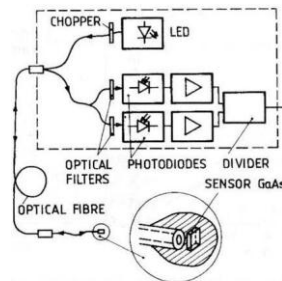
## ۲-۶-۱۳-۹- دماسنج فلورسانت

در این گونه دماسنج‌ها، یک ماده‌ی فلورسانت که در انتهای یک فیبر نوری قرار می‌گیرد، با تابشی در طول‌موج مشخص برانگیخته می‌شود. تحریک خارجی باعث می‌شود که حسگر در طول‌موج خاصی فلورسانس شود و نوری با طول‌موج دیگری تابش کند. تابش فلورسانس و تابش اولیه در معرض فیلتر تک رنگ<sup>۱</sup> قرار می‌گیرند.

نحوه‌ی کارکرد این دماسنج‌ها در شکل (۲-۱۹) نشان داده شده است. حسگر GaAs که در انتهای فیبر نوری کار گذاشته شده است، زمانی که توسط نور منبع LED برانگیخته می‌شود، از خود تابش می‌کند. نور حاصل از نور فلورسانت مرئی ساطع شده از حسگر و نور تحریک کننده، توسط یک فیبر نوری حمل می‌شوند. این نور به دو پرتو تجزیه می‌شود. سپس هر دو پرتو

<sup>۱</sup> monochromatic repartition

از یک فیلتر عبور می‌کنند. سیگنال‌های به دست آمده از هر فیلتر قبل از تقویت شدن، از دیودهای نوری آشکارساز می‌گذرند. از مقایسه‌ی این دو سیگنال می‌توان دما را اندازه‌گیری کرد [۲۰۵].

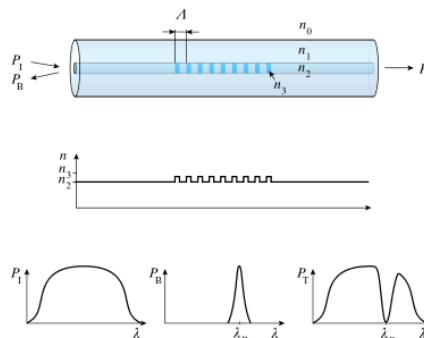


شکل ۲-۱۹- دماسنج فلورسانت

## ۲-۶-۱۳-۱۰- دماسنج نوری براگ

حسگر براگ، گونه‌ای بازتابنده توزیع شده براگ است که در قسمت کوچکی از فیبر نوری ساخته می‌شود که طول موج خاصی از نور را بازتاب می‌کند و بقیه طول موج‌ها را عبور می‌دهد. این اثر با ایجاد یک تغییر متناوب در ضریب شکست مغزی فیبر ایجاد می‌شود. توری براگ فیبری در شکل (۲-۲۰) نشان داده شده است.

در این گونه حسگرهای فیبر نوری، دما باعث تغییر در طول موج براگ می‌شود. بنابراین با اندازه‌گیری تغییر طول موج، می‌توان به تغییرات دما پی برد [۲۰۱].



شکل ۲-۲۰- توری براگ فیبری

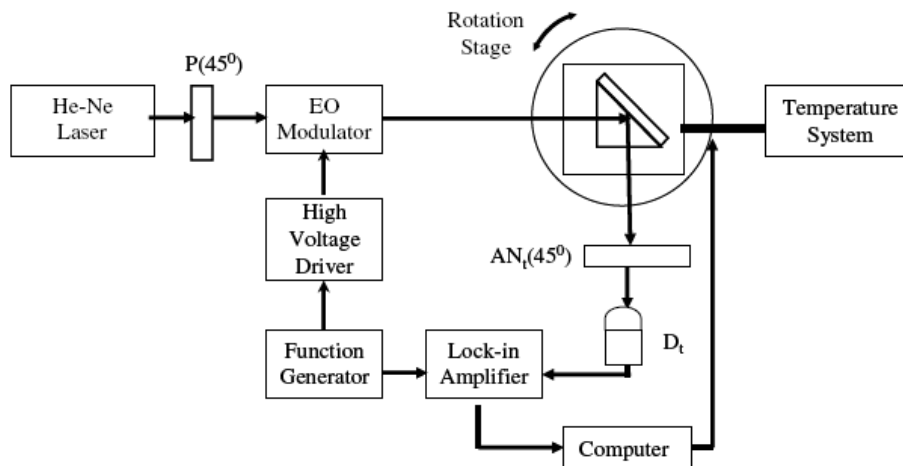
## ۲-۶-۱۳-۱۱- حسگر دما به روش پلاسمون سطحی<sup>۱</sup>

پلاسمون‌های سطحی اشاره به نوسان مجموعه الکترون‌های آزاد در فصل مشترک دو سطح فلز-دی‌الکتریک دارد. در حسگر دما بر اساس پلاسمون‌ها، با استفاده از تغییر فاز میان نورهای پلاریزه‌ی S و P، اندازه‌گیری دما با حساسیت بسیار بالایی

<sup>۱</sup> Surface Plasmon Resonance



انجام می‌شود. در این روش مطابق با چیدمان شکل (۲-۲۱)، نور لیزر هلیوم-نئون پس از عبور از پلاریزور خطی به مدولاتور الکترواپتیکی وارد می‌شود. در این مدولاتور محور سریع در راستای افقی قرار دارد. سپس نور به یک منشور وارد می‌شود. این منشور از جنس کوارتز است و ضلع انتهایی آن با لایه‌ای از جنس فلز پوشیده شده است. فصل مشترک منشور و فلز-دی‌الکتریک تحت تاثیر دمای محیط اطراف آن است و فرکانس نوسان وابسته به دمای محیط است. لایه‌ی فلزی به یک کنترل‌کننده‌ی دمایی متصل است. نور پس از برخورد به این لایه از سطح منشور بازتاب شده و پس از عبور از یک آنالایزر که با زاویه ۴۵ درجه نسبت به پلاریزور قرار دارد وارد دتکتور می‌شود. باید توجه داشت که تنها موج با قطبش P، پلاسمون‌های فصل مشترک دی‌الکتریک-فلز را تحریک می‌کند. بنابراین روابط بر پایه‌ی اختلاف فاز و دامنه موج با قطبش P حاکم است. شدت نور خروجی از منشور و آشکار شده در فوتودتکتور، به دامنه و فاز موج با قطبش P وابسته است. پس از آشکارسازی اختلاف فاز ظاهر شده در Lock-in Amplifier با توجه به دمای لایه‌ی فلزی منشور قابل بررسی خواهد بود [۱۹۹].

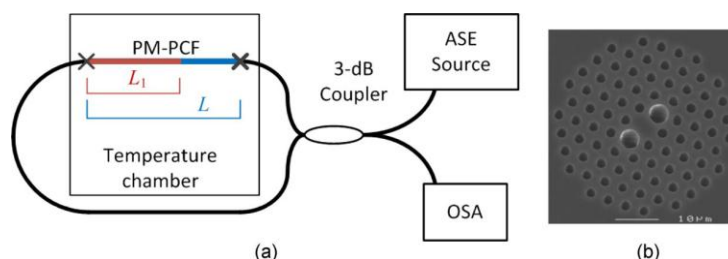


شکل ۲-۲۱- چیدمان حسگر دما براساس پلاسمون‌های سطحی.

## ۲-۶-۱۳-۱۲- حسگر دما به روش تداخل سنج sagnac

اساس کار این حسگر وابسته به ضریب شکست ماده‌ی انتخابی فیبر PM-PCF است. از آنجائی که مایعات مثل آب یا اتانول ضریب انبساط حرارتی بسیار بالاتری نسبت به جامداتی مثل سیلیکا دارند (ماده‌ی فیبر)، ضریب شکست موثر محورهای سریع و آهسته ماده PM-PCF به طور قابل توجهی با دما تغییر می‌کند. بنابراین منجر به تغییر دو شکستی ماده‌ی انتخابی فیبر PM-PCF می‌شود. این تغییر القاکننده‌ی دما بوسیله‌ی تداخل سنج sagnac، آشکارسازی می‌شود.

چیدمان اندازه‌گیری دما و شماتیک حسگر دما در شکل (۲-۲۲) نشان داده شده است. در فیبر مورد استفاده در این تداخل‌سنج دو روزنه‌ی بزرگ در راستای یکی از محورهای سطح مقطع و تعدادی روزنه‌های کوچک در بخش دیگر غلاف قرار داده شده است. آرایش غیر متقارن روزنه‌های هوا منجر به دوشکستی فیبر PM-PCF می‌شود. تداخل‌سنج sagnac یک حلقه‌ی فیبر نوری است که از یک قطعه انتخابی PM-PCF تشکیل شده که دو سر آن به یک کوپلر متصل است. ورودی این حلقه به یک منبع نوری و خروجی آن به یک طیف‌سنج<sup>۱</sup> متصل است. فیبر نوری حسگر داخل اتاقک دمایی در دماهای گوناگون قرار می‌گیرد. کل طول فیبر PM-PCF دارای طول  $L$  است و طول فیبر انتخابی برای حسگر  $L_1$  خواهد بود. همان‌گونه که در شکل نشان داده شده است، کل طول  $L$  داخل اتاقک دمایی قرار دارد.



شکل ۲-۲۲- (a) چیدمان حسگر دمایی به روش تداخل‌سنج sagnac (b) نمایش سطح مقطع فیبر نوری PM-PCF.

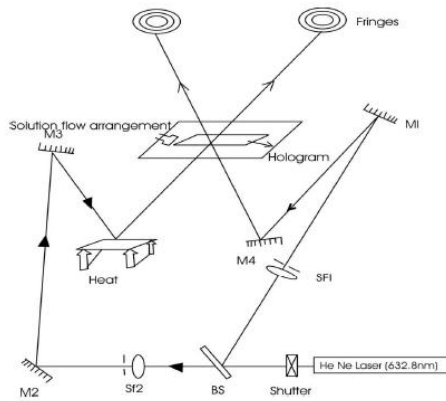
مکانیزم حسگر به این صورت است که نور ورودی به کوپلر به دو بخش تقسیم می‌شود. بخش اول مسیر ساعتگرد و بخش دوم مسیر پادساعتگرد را طی کرده و به کوپلر می‌رسد. دو پرتو عبوری در دو راستای مخالف هم، طول اپتیکی گوناگونی را ناشی از دو شکستی فیبر انتخاب شده تجربه می‌کنند و در نهایت دو موج رسیده به کوپلر با یکدیگر تداخل می‌کنند. از روی اختلاف فاز ظاهر شده دما محاسبه می‌شود [۱۹۸].

## ۲-۶-۱۳-۱۳- حسگر دما به روش هولوگراف

یکی از کاربردهای هولوگرام، در ساخت حسگر هولوگرام برای نمایش و اندازه‌گیری دما است. این حسگرها به صورت تماسی و غیر تماسی دمای مورد نظر را اندازه‌گیری می‌کنند. در تکنیک غیر تماسی بر اساس تداخل‌سنجی هولوگرام استفاده می‌شود. در این روش که در شکل (۲-۲۳) نمایش داده شده است، با تابش یک پرتو لیزر به یک شکافنده نور، نور لیزر به دو دسته پرتو تقسیم می‌شود. نورهای لیزر در دو مسیر گوناگون حرکت می‌کنند. پرتو از یک آینه روی سطح مرجع که تشکیل حسگر می‌دهد، می‌افتد. در این چیدمان از یک منبع گرمایی، برای گرم کردن لایه نازک آلومینیومی پشت حسگر استفاده

<sup>۱</sup> Optical Spectrum Analyzer

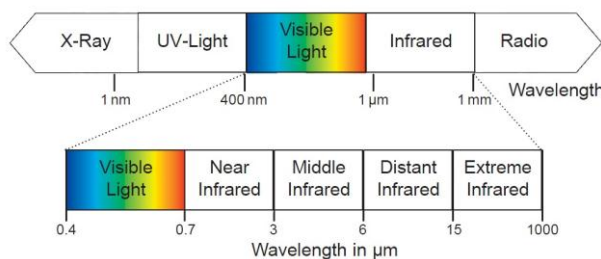
می‌شود. هر دو پرتوی مرجع و بازتابیده از سطح هولوگرام آشکارسازی می‌گردند. در حالت کلی فرانزهای هولوگرافیک با کیفیت پایین و مرئی مشاهده می‌شوند. در لایه نازک پشت حسگر هنگامی که دما از دمای لایه‌نشانی تغییر می‌کند، به دلیل انبساط گرمایی تفاضلی بین فیلم آلومینیم و زیر لایه، تنش زیاد می‌شود. لذا جبهه‌ی موج در یک دمای خاص اولیه ثبت و بازسازی می‌شود. حال جبهه موج مثبت ثبت شده با جبهه موج بازتابیده از حسگر در دمای دیگری تداخل می‌کنند. اگر دمای حسگر تغییر کند، این دمای جدید منجر به ایجاد فرانزهای موثری می‌شود که رفتار دینامیکی دمای سطح را نشان می‌دهد. تغییر دمای ایجاد شده منجر به تغییر تعداد فرانزهای نمایش داده شده روی پرده می‌شود. با محاسبه‌ی تعداد فرانزهای روی صفحه نمایش و روابط آن با انبساط گرمایی لایه‌ی آلومینیم پشت حسگر، می‌توان تغییر دمای ایجاد شده را محاسبه کرد [۲۰۰].



شکل ۲-۲۳- چیدمان اندازه‌گیری دما بر اساس هولوگرافی

## ۲-۶-۱۳-۱۴- پیرومتری یا ترموالکترونیک

یکی از روش‌های اندازه‌گیری دما، روش پیرومتری است. پیرومتری عبارت است از اندازه‌گیری دمای اجسام بدون برقراری تماس فیزیکی. امروزه پیرومتری به روشی استاندارد و مشخص برای اندازه‌گیری دما در فعالیت‌های صنعتی تبدیل شده است. دقت و سرعت بالا، کار در شرایط آلوده و ... از ویژگی‌های این حسگرها بشمار می‌آید. هر جسمی با دمای بالاتر از صفر مطلق (۲۷۳/۱۵- درجه سانتیگراد) از خود تشعشعاتی ایجاد می‌کند. طول موج این امواج الکترومغناطیسی، بالاتر از ناحیه‌ی مرئی و در منطقه‌ی مادون قرمز<sup>۱</sup> قرار دارد. با اندازه‌گیری این تشعشعات حامل انرژی، می‌توان دمای اجسام را به طور دقیق بدست آورد. در شکل (۲-۲۴) طول موج نواحی گوناگون امواج الکترومغناطیسی نشان داده شده است.



<sup>۱</sup> Infrared

## شکل ۲-۲۴- طیف امواج الکترومغناطیسی

همان گونه که امواج رادیویی از طریق یک فرستنده ارسال و توسط یک گیرنده جذب می‌شود، تشعشعات مادون قرمز ناشی از گرمای منتشر شده از یک جسم نیز توسط یک آشکارساز دریافت و به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل می‌شود. وسیله‌ای که می‌تواند انرژی تشعشعات ناشی از دمای اجسام را از طریق غیر تماسی اندازه‌گیری کند، دماسنج تابشی یا تشعشعی<sup>۱</sup> و یا پیرومتر نام دارد. این واژه از دو واژه‌ی یونانی Pyro به معنای آتش و Metron به معنی اندازه‌گیری اقتباس شده است. در شکل (۲-۲۵) یک نمونه از پیرومترهای مدرن امروزی نشان داده شده است.



شکل ۲-۲۵- یک نمونه از پیرومترهای مدرن

## ۲-۶-۱۳-۱۵- دوربین ترموگرافی

بهره‌گیری از فن‌آوری ترموگرافی یکی از مباحث اساسی پایش وضعیت تجهیزات در صنایع گوناگون به خصوص صنعت برق است. فن‌آوری ترموگرافی (با نام‌های دیگر ترموویژن، تصویربرداری حرارتی، گرمانگاری، عکسبرداری حرارتی) از اواسط قرن نوزدهم میلادی با کاربری‌های نظامی مورد توجه بوده و کاربرد آن در واحدهای صنعتی از نیمه دوم قرن نوزدهم با دوربین‌های بسیار سنگین با وزنی حدود ۵۰ کیلوگرم آغاز گردیده است. اما امروزه با پیشرفت تکنولوژی و بهره‌گیری از دتکتورهای بسیار حساس و کم حجم، دوربین‌هایی با دقت و حساسیت فوق‌العاده و وزن پایین جایگزین مدل‌های قدیمی شده است.

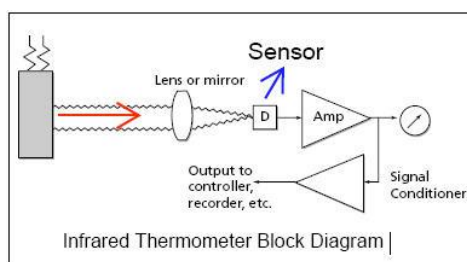
در تجهیزات الکتریکی، نقاط گرم بر اثر وجود مقاومت‌های تشکیل شده و عبور جریان الکتریکی ایجاد می‌گردد. علل ایجاد این مقاومت‌ها را می‌توان شل بودن اتصالات، کثیف بودن، گرد و غبار، اکسیده شدن سطوح داخلی اتصالات و ایجاد نقاط جوش خورده به هم، ناخالص و نامرغوب بودن یراق‌آلات مانند کلمپ‌ها، اتصالات با مقاطع نامناسب، فرسوده بودن اتصالات، درگیر

<sup>۱</sup> Radiation Thermometer

نشدن کامل تیغه‌های سکسیونرها و ... تلقی کرد. پس از انجام ترموگرافی نقاط بسیار داغی با دمای متجاوز از ۲۰۰ درجه سانتیگراد قابل مشاهده خواهد بود. در این قسمت به طرز کار دوربین‌های ترموگرافی می‌پردازیم

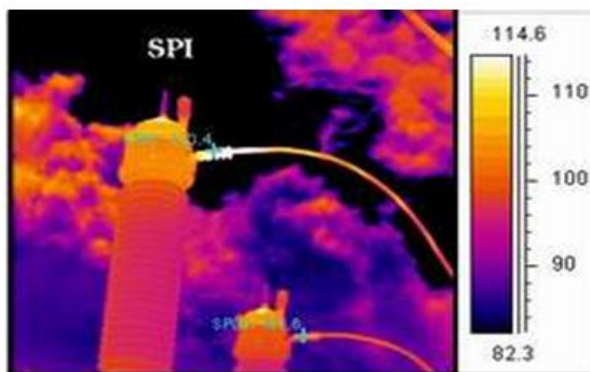
هر جسمی با دمای بالاتر از صفر مطلق از خود تشعشعاتی ساطع می‌کند. طول موج این امواج الکترومغناطیسی، بالاتر از ناحیه‌ی مرئی و در منطقه‌ی مادون قرمز قرار دارد. با اندازه‌گیری این تشعشعات حامل انرژی، می‌توان دمای اجسام را به طور دقیق بدست آورد.

تشعشعات مادون قرمز ناشی از گرمای منتشر شده از یک جسم نیز توسط یک آشکارساز دریافت و به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل می‌شود. این دماسنج‌ها دارای یک لنز هستند که انرژی مزبور از میدان دید خود را روی یک حسگر متمرکز می‌کنند. بلوک دیاگرام ساده‌ی یک ترمومتر غیر تماسی در شکل (۲-۲۶) نشان داده شده است.



شکل ۲-۲۶- بلوک دیاگرام ترمومترهای غیر تماسی

اصول کار دوربین‌های ترموگرافی مشابه ترمومترهای غیر تماسی است، با این تفاوت که در دوربین ترموگرافی بجای یک حسگر از هزاران حسگر استفاده می‌شود که هر یک از حسگرها دمای بخش کوچکی از میدان دید لنز دوربین را اندازه‌گیری می‌کند. این حسگرها روی صفحه‌ای که به آن آشکارساز می‌گویند به صورت سطری در کنار هم چیده شده‌اند. دوربین بعد از قرائت دما، به هر دما رنگی را اختصاص می‌دهد و بدین ترتیب به هر یک از خانه‌های جدول دمای فوق رنگی اختصاص می‌یابد. در نهایت جدول رنگ‌ها به صفحه‌ی نمایش ارسال می‌شود و آنچه ما در دوربین مشاهده می‌کنیم در واقع یک جدول دما است که هر یک از خانه‌های آن بجای دمای اندازه‌گیری شده توسط حسگر مربوطه، رنگ اختصاص داده شده به آن را منعکس می‌کند. شکل (۲-۲۷) نشت حرارتی در تجهیزات گوناگون را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲۷- نشت حرارتی در تجهیزات گوناگون و نمایش آن توسط دوربین‌های مادون قرمز

## ۲-۷- حسگر سرعت چرخشی<sup>۱</sup>

این دسته از حسگرها به سنجش سرعت زاویه‌ای می‌پردازند. این گونه حسگرها، در صنعت کاربرد بیشتری در مقایسه با

حسگرهای سرعت خطی دارند. رایج‌ترین این حسگرها عبارتند از:

### ۲-۷-۱- تاکومترهای الکترومغناطیسی<sup>۲</sup>

در تاکومتر الکترومغناطیسی، ولتاژ DC یا AC حاصله در خروجی متناسب با سرعت شفت سیستم دوار است که به سه

دسته تقسیم می‌شوند.



شکل ۲-۲۸- تاکومتر الکترومغناطیسی

<sup>۱</sup> Rotational Sensors

<sup>۲</sup> Electromagnetic Tachometer

### ۲-۷-۱-۱- تاکومتر با خروجی DC

از یک استاتور و یک روتور چرخنده تشکیل شده و خصوصیات یک ماشین DC را به صورت کامل دارد. سرعت نیز متناسب با ولتاژ حاصله در تاکومتر است.

### ۲-۷-۱-۲- تاکومترهای با روتور مغناطیس دائم

در این گونه از تاکومترها روتور که می‌چرخد مغناطیس دائم متصل به روتور، یک میدان مغناطیسی AC در فضای استاتور و سیم‌پیچ به وجود می‌آید. بنابراین ولتاژی که بر روی سیم‌پیچ استاتور در اثر قطع خطوط مغناطیسی حاصل می‌شود متناسب با سرعت چرخش روتور است.

### ۲-۷-۱-۳- تاکومترهای القای AC

استاتور این تاکومترها شامل دو سیم‌پیچ در اطراف پل‌ها است. بر روی یکی از آن‌ها ولتاژ متناوب قرار می‌گیرد و بر روی دیگری ولتاژ متناوب القاء می‌شود. هنگامی که روتور در ماشین شروع به چرخش می‌کند، شار مغناطیسی بر روی سیم‌پیچ دوم و متعاقب آن ولتاژ القایی بر روی آن تغییر می‌کند. لذا با بررسی دقیق تأثیر نحوه‌ی قرار گرفتن روتور در تغییر ضریب القایی بر روی سیم‌پیچ دوم می‌توان موقعیت و سرعت چرخش شیء متحرک را محاسبه کرد.

### ۲-۷-۱-۴- تاکومتر مغناطیسی روتور دندانه‌ای<sup>۱</sup>

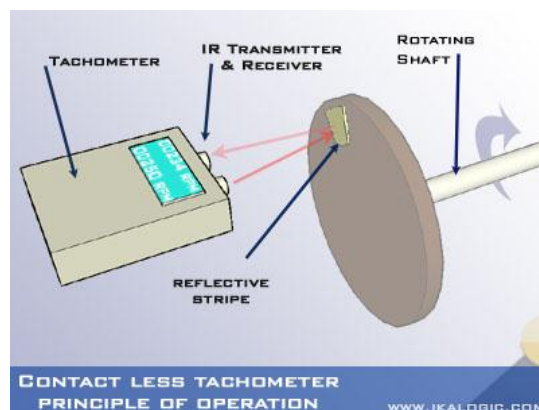
مدار مغناطیسی این تاکومترها شامل یک روتور مغناطیسی، مغناطیس دائم، مواد رسانای شار مغناطیسی و سیم‌پیچ است. ولتاژی که در سیم‌پیچ القاء می‌شود متناسب با جایگاه روتور تغییر خواهد کرد. در اثر حرکت روتور دندانه‌دار، متناوباً شار مغناطیسی کم و زیاد می‌شود. با شمارش تعداد کم و زیاد شدن ولتاژ در سیم‌پیچ در اثر تغییر رلوکتانس و در نظر گرفتن تعداد دندانه‌های روتور می‌توان سرعت روتور و شیء متحرک را اندازه‌گیری کرد.

<sup>۱</sup> Toothed Rotor Magnetic Tachometer

## ۲-۷-۲- تاکومترهای نوری<sup>۱</sup>

### ۲-۷-۲-۱- تاکومتر لیزری

تاکومترهای لیزری می‌توانند سرعت دوران یک شفت را بدون برقراری تماس با آن اندازه‌گیری کنند. در این تاکومترها باید یک جسم منعکس کننده‌ی نور بر روی شفت مورد نظر نصب شود. تاکومتر، یک اشعه لیزر به شفت می‌تاباند و با هر بار رد شدن جسم نصب شده از زیر نور لیزر، انعکاس آن به تاکومتر می‌رسد. با در نظر گرفتن این دور زدن‌ها در بازه‌ی زمانی می‌توان سرعت جسم چرخنده را بدست آورد [۱۷۴].



شکل ۲-۲۹- اساس کار تاکومتر لیزری

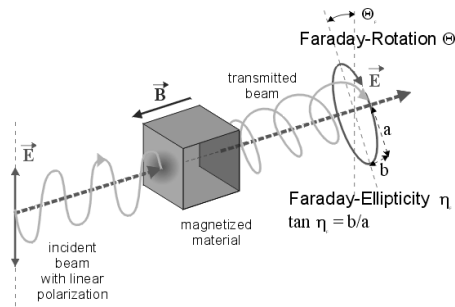
### ۲-۷-۲-۲- تاکومتر مگنتوآپتیک فارادی

تاکومترهای نوری جدیدی برای اندازه‌گیری سرعت وجود دارد که به تاکومترهای مگنتوآپتیک فارادی معروف هستند. اساس کار آن‌ها مانند ترانس‌های نوری اندازه‌گیری جریان است که به آن اشاره خواهد شد.

بعضی از مواد مانند کریستال‌های Yttrium Gallium Garnet (YIG) و Terbium Gallium Garnet (TGG) خواص مگنتوآپتیک دارند. یعنی اگر نور پلاریزه‌ای در حضور میدان مغناطیسی وارد این مواد شود، در حین عبور دچار تغییراتی خواهد شد. این تغییرات به صورت چرخش در پلاریزاسیون نمایان می‌شود. این پدیده‌ی نوری را می‌توان در شکل (۲-۳۰) مشاهده کرد.

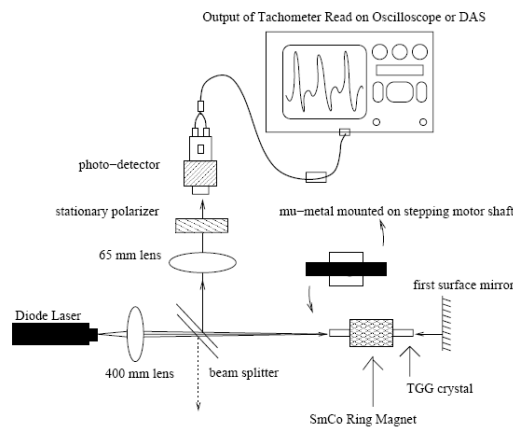
<sup>۱</sup> Optical Tachometers





شکل ۲-۳۰- اثر فارادی

اساس کار بدین صورت است که یک فلز با ضریب نفوذپذیری مغناطیسی بالا بر روی محور دوار نصب می‌شود. آهنربای ثابتی اطراف محور قرار دارد. در اثر چرخش محور، میدان مغناطیسی اطراف کریستال مگنتوآپتیک به طور مداوم تغییر می‌کند. این تغییرات در میدان مغناطیسی باعث می‌شود پلاریزاسیون نور تابش شده نیز تغییر کند. بدین ترتیب با کمک روابط موجود می‌توان سرعت محور دوار را بدست آورد. شکل (۲-۳۱) اساس کار تاکومتر مگنتوآپتیک فارادی را نشان می‌دهد [۱۷۵].



شکل ۲-۳۱- اساس کار تاکومتر فارادی

## ۲-۷-۲-۳- استروبوسکوپ<sup>۱</sup>

این حسگرها از یک منبع نوری تشکیل شده است که با فرکانسی قابل تنظیم، نور را به سمت جسم در حال چرخش می‌تاباند. هر بار که این منبع چشمک می‌زند جسم در حال چرخش رویت می‌شود و هنگامی که خاموش است جسم دیده نمی‌شود. این حسگرها از این اثر استفاده می‌کنند که هرگاه فرکانس حرکت چرخ با فرکانس نور دریافتی توسط منبع برابر شود،

<sup>۱</sup> Stroboscope

جسم ثابت دیده می‌شود. پس ما در حقیقت به فرکانس حرکت جسم چرخنده رسیده‌ایم. از استروبوسکوپ جهت تشخیص عیوب سطح ورق‌ها و یا سطوحی که عیوب متوالی و با فاصله زمانی مشخص در خط تولید دارند، می‌توان استفاده کرد [۱۷۶].



شکل ۲-۳۲- استروبوسکوپ

### ۲-۷-۳- انکودرهای چرخشی<sup>۱</sup>

این گونه از حسگرها همانند انکودرهای خطی موقعیت را اندازه‌گیری کرده و با در نظر گرفتن تعداد پالس‌ها در هر دور و شمردن تعداد پالس‌ها، سرعت چرخشی را محاسبه می‌کند.

### ۲-۷-۴- تاکومتر سویچی<sup>۲</sup>

اساس این تاکومتر را باز و بسته شدن متناوب کنتاکت‌های الکتریکی تشکیل می‌دهد. این کار توسط یک زائده و یا یک صفحه که از خاصیت گریز از مرکز استفاده می‌کند در اتصال به روتور انجام می‌شود. تعداد بسته شدن کانتکتی که با زائده روی روتور در ارتباط است، متناسب با سرعت چرخشی روتور و شیء متحرک است.

### ۲-۷-۵- تاکومتر کرنشی<sup>۳</sup>

این گونه تاکومتر از یک میله تشکیل شده که دو طرف آن را strain gage هایی احاطه کرده‌اند. این میله در تماس با روتور است. این تماس از طریق یک زائده بر روی روتور و یا یک صفحه که از خاصیت گریز از مرکز استفاده می‌کند با روتور برقرار می‌شود. تعداد خم شدن‌های میله مرتبط با gage ها در هر بار تماس غیر مستقیم با روتور سبب تغییر مقاومت آن‌ها می‌شود. با سنس کردن تعداد دفعات تغییر مقاومت می‌تواند بیانگر سرعت چرخشی روتور و یا شیء متحرک باشد.

<sup>۱</sup> Encoder Type Angular Speed Transducer

<sup>۲</sup> Switch Tachometer

<sup>۳</sup> Strain Gage Tachometers

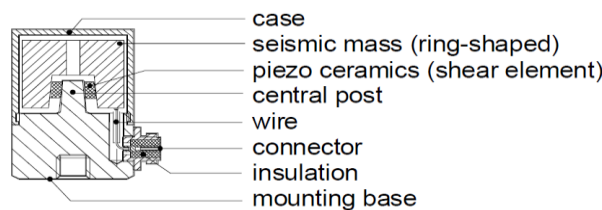
## ۲-۸- شتاب‌سنج

شتاب‌سنج‌ها برای پایش درستی کارکرد دستگاه‌های چرخشی مانند پمپ‌ها، پنکه‌ها، غلتک‌ها و ... استفاده می‌شوند که بکارگیری آن‌ها هزینه‌های تعمیر و نگهداری و زمان از کارافتادگی دستگاه‌ها را کاهش می‌دهد. اطلاعات مربوط به شتاب‌سنج‌ها به کاربر اجازه‌ی پایش تجهیزات و پیدا کردن خطاهایی که باعث از کار افتادن تجهیزات چرخان می‌شود را می‌دهد. از فناوری‌های گوناگونی جهت طراحی و ساخت شتاب‌سنج‌ها استفاده شده است که در ادامه به آن‌ها پرداخته می‌شود.

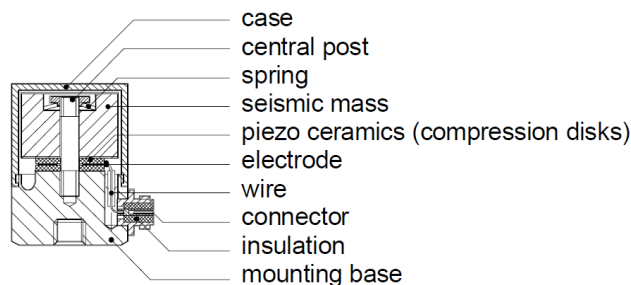
### ۲-۸-۱- شتاب‌سنج پیزوالکتریک

اولین شتاب‌سنج پیزوالکتریک در سال ۱۹۵۰ توسط Abe Dranetz ساخته شد [۶۵]. این شتاب‌سنج‌ها متکی بر اثر پیزوالکتریکی کوآرتز یا کریستال موجود در ساختار خود است. اثر پیزوالکتریک باعث تجمع‌ی از ذرات باردار در کریستال می‌شود که متناسب با نیروی اعمالی به آن است. بار تجمع‌ی در کریستال باعث ایجاد سیگنال الکتریکی متناسب با شتاب در خروجی خواهد شد [۶۳] و [۶۴].

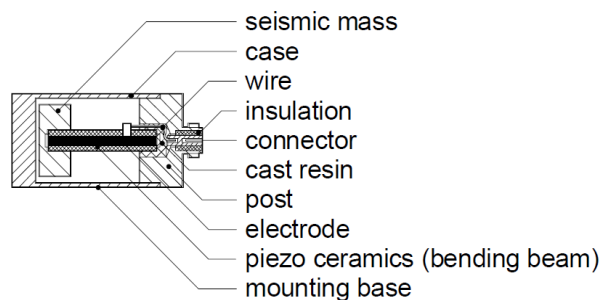
این حسگرها از نظر ساختار به سه دسته تقسیم می‌شوند: تیر برشی، خمشی و فشاری



شکل ۲-۳۳- نمای برشی



شکل ۲-۳۴- نمای فشاری



شکل ۲-۳۵- نمای خمشی

شرکت‌های مختلفی در ساخت این سنسور فعالیت دارند که برخی از سازندگان آن عبارتند از:

- HONEYWELL
- DYTRAN instruments
- Vibra sens

## ۲-۸-۲- شتاب‌سنج پیزومقاومتی

این حسگر، شتاب را از روی تغییر مقاومت سیلیکونی قرار گرفته در پل وتسون اندازه‌گیری می‌کند. المان حسگر، جرم سیلیکونی میکروماشین شده‌ای (MEMS) است که به وسیله‌ی چند ستون از قاب سیلیکونی آویزان شده است. حرکت جرم معلق توسط شتاب اعمالی، در ستون، خمش ایجاد می‌کند و باعث تغییر مقاومت پیزومقاومتی قرار گرفته در ستون‌ها می‌شود.

## ۲-۸-۳- شتاب‌سنج حرارتی<sup>۱</sup>

از نظر ساختار این شتاب‌سنج‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند: heat sink متحرک، heat bubble متحرک. در heat sink متحرک، شارش حرارت از منبع به هیت سینک متناسب با عکس فاصله بین آنها است. در این وسیله از جرم لرزانی در بالای منبع حرارت استفاده شده است. به دلیل اختلاف دما میان منبع و جرم، گرما از منبع به سمت جرم حرکت می‌کند. اگر فاصله بین منبع و heat sink زیاد باشد، گرمای کمی شارش می‌یابد. در نتیجه منبع حرارت در همان دمای قبل باقی می‌ماند. اما اگر جرم در اثر شتاب به منبع نزدیک شود، حرارت قابل توجهی از منبع به heat sink انتقال می‌یابد که باعث کاهش دمای منبع خواهد شد. اندازه‌گیری دمای منبع، مقدار شتاب را مشخص خواهد کرد. در heat bubble متحرک، هیچ قسمت متحرک مکانیکی وجود ندارد. در این نوع شتاب‌سنج از جریان گاز همرفتی به عنوان جرم لرزه‌ای استفاده می‌شود که گرمای جدا شده از هیتر به شکل یک حباب هوای گرم است که توزیع حرارت آن با شتاب تغییر می‌کند [۶۹].

<sup>1</sup> Thermal Accelerometers

## ۲-۸-۴- شتاب‌سنج Thermal MEMS

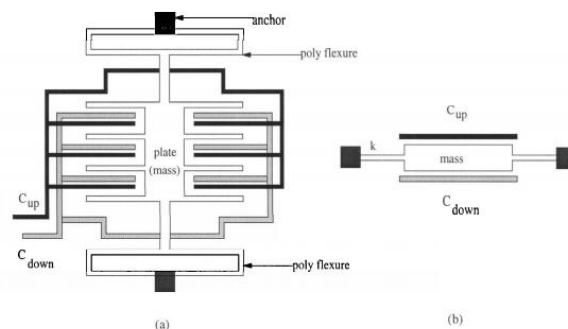
این شتاب‌سنج از یک عنصر مقاومتی گرم‌کننده در مرکز برای گرم کردن مولکول‌های گاز و یک ترموکوپل برای اندازه‌گیری اختلاف دما (در زمان وجود یا عدم وجود شتاب) تشکیل شده است. در صورت وجود شتاب، مولکول‌های هوای سرد و گاز گرم در خلاف جهت یکدیگر حرکت کرده و باعث اختلاف دما در ترموکوپل‌ها می‌شوند [۷۱].

## ۲-۸-۵- شتاب‌سنج Microthermal

عملکرد این شتاب‌سنج بر پایه حرکت سیال است. قبل از این که تجهیزات مورد نظر گرم شود، سیال با دمای مناسب و به صورت یکنواخت در طول محور توزیع شده است. زمانی که تجهیزات شروع به کار می‌کنند و شتابی وجود ندارد، سیال اطراف هیتر شروع به گرم شدن می‌کند. در این مرحله دما در دو طرف یکسان است و اختلاف دمای دو حسگر صفر است. با ایجاد شتاب، مایع گرم حرکت کرده و اختلاف دمایی متناسب با شتاب ایجاد می‌کند [۷۲].

## ۲-۸-۶- شتاب‌سنج Surface micromachined capacitive

حسگر مبتنی بر این فناوری در سال ۱۹۶۱ توسط Robert noyce اختراع و در سال ۱۹۹۳ اولین شتاب‌سنج آنالوگ تولید شد [۶۶]. در این گونه حسگرها تغییرات ناشی از شتاب و حرکت جرم لرزان باعث جابجایی صفحات خازن و در نتیجه تغییر فاصله بین الکترودها می‌شود. به طور کلی این شتاب‌سنج‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند: شانه جانبی، شانه محوری و صفحه‌ای. نمای شماتیک یک شتاب‌سنج شانه محوری در شکل (۲-۳۶) نشان داده شده است [۶۷] و [۶۸].



شکل ۲-۳۶- شتاب‌سنج شانه محوری

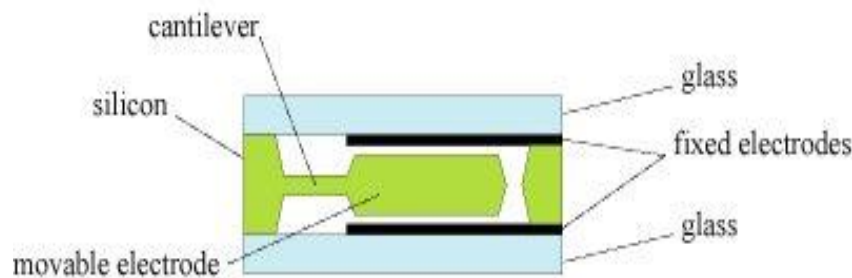
شرکت‌های مختلفی در ساخت این حسگرها فعالیت دارند که برخی از سازندگان آن عبارتند از:

- Silicon designs
- STmicroelectronics

- Analog devices

## ۲-۸-۷- شتاب‌سنج Bulk micromachined capacitive

شکل (۲-۳۷) یک شتاب‌سنج خازنی با فن‌آوری bulk micromachined را نشان می‌دهد.

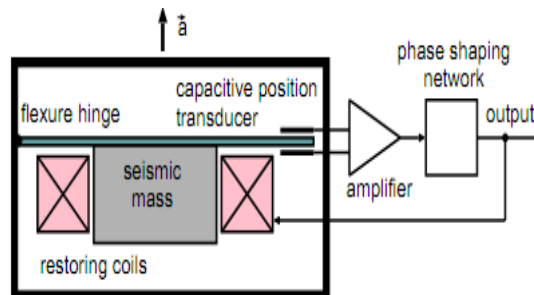


شکل ۲-۳۷- شتاب‌سنج خازنی

در این شتاب‌سنج، بخش سیلیکونی بین دو شیشه پیرکس قرار گرفته است. جرم لرزه‌ای به عنوان الکتروود متحرک بین دو الکتروود ثابت حرکت می‌کند. این حرکت که متناسب با شتاب باعث تغییر ظرفیت خازنی می‌شود. با اندازه‌گیری تغییرات خازن می‌توان شتاب را محاسبه کرد [۷۳].

## ۲-۸-۸- شتاب‌سنج Electromechanical Servo

این شتاب‌سنج شامل یک جرم متصل به لولا است که بین دو سیم‌پیچ قرار گرفته است. شتاب باعث حرکت جرم شده و این جابه‌جایی توسط حسگرهای مکانی شناسایی می‌شوند. حسگرها در پاسخ به حرکت، سیگنال جریانی تولید می‌کند. این سیگنال از یک شبکه میرای غیر فعال، عبور کرده و برای برگرداندن جرم به حالت اولیه، به سیم‌پیچ باز می‌گردد. بنابراین جریان سیم‌پیچ متناسب با شتاب خواهد بود [۷۴] و [۷۵].



شکل ۲-۳۸- شتاب‌سنج Electromechanical servo

## ۲-۸-۹- شتاب‌سنج Spring mass Accelerometer

مطابق شکل (۲-۳۹)، یک جرم لرزان توسط یک فنر و یک دمپر معلق است. با توجه به پاسخ سیستم به نیروی اعمالی به

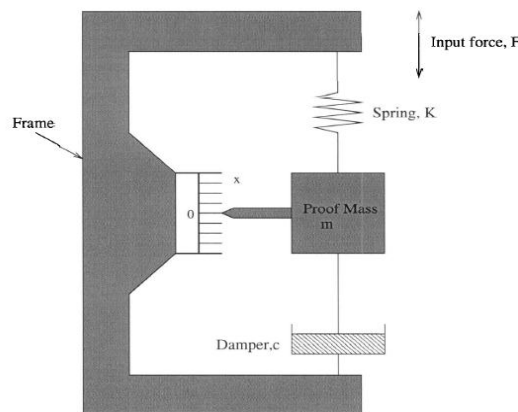
شتاب‌سنج در جهت محور فنر می‌توانیم مجموع نیروی اولیه جرم و دمپر را با منفی نیروی فنر برابر گرفت:

$$F = m\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right) + c\left(\frac{dx}{dt}\right) = -Kx$$

(۱-۲)

که در آن  $c$  ضریب دمپر و  $k$  ضریب سختی فنر است. در حالت تعادل مقدار جمله دوم صفر است. اگر شتاب ثابت باشد، تغییرات

مکان جرم نیز ثابت است و با داشتن مقدار  $x$  می‌توان شتاب را محاسبه کرد [۷۲].



شکل ۲-۳۹- شتاب‌سنج بر پایه spring

## ۲-۸-۱۰- شتاب‌سنج نوری

### ۲-۸-۱۰-۱- شتاب‌سنج فیبر نوری

شکل (۲-۴۰) نمای کلی یک شتاب‌سنج فیبر نوری را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل نشان داده شده است، این

شتاب‌سنج شامل دو شاتر است. این شتاب‌سنج به روش دیفرانسیلی شتاب را اندازه‌گیری می‌کند.

در این شتاب‌سنج‌ها دو رشته فیبر نوری وجود دارد که در هر یک از آن‌ها یک شکاف هوایی وجود دارد. هر شاتر به

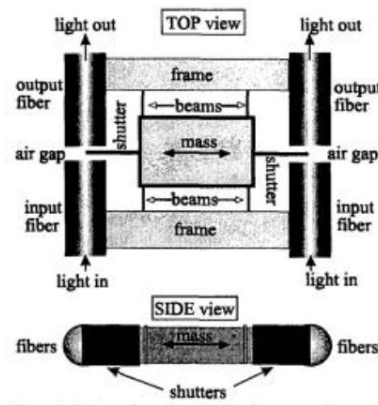
گونه‌ای طراحی شده است که در صورتی که شتاب اعمالی صفر باشد، تنها نیمی از نور ارسال شده از فیبرهای ورودی وارد

فیبرهای خروجی می‌شود. بسته به این که شتاب اعمالی چگونه باشد، جسمی که در مرکز دستگاه قرار دارد، به سمت چپ و یا

راست جابجا می‌شود. برای مثال اگر جسم مرکزی به سمت چپ منحرف شود، کوپلینگ نوری بین فیبرهای ورودی و خروجی

سمت چپ کاهش می‌یابد. در حالی که نور عبوری از فیبرهای سمت راست بیشتر می‌شود. از میزان نورهای عبور کرده در هر

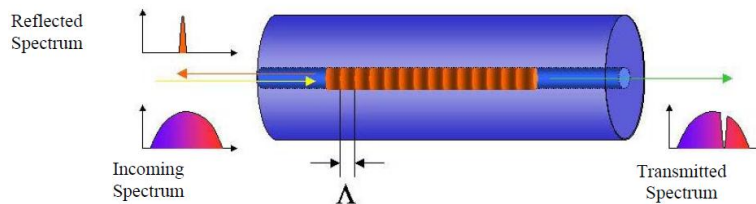
طرف می‌توان میزان شتاب اعمال شده را بدست آورد. تمامی بخش‌های این شتاب‌سنج‌های نوری می‌توانند با استفاده از فن‌آوری MEMS نیز ساخته شوند [۱۶۰].



شکل ۲-۴۰- نمای کلی از یک شتاب‌سنج نوری

## ۲-۸-۱۰-۲- شتاب‌سنج FBG

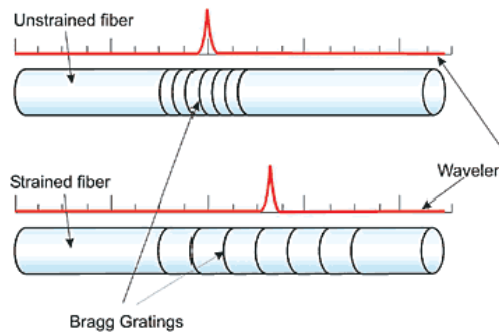
همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد، براگ فیبری نوعی بازتابنده توزیع شده است که طول موج خاصی از نور را بازتاب می‌کند و باقی طول موج‌ها را عبور می‌دهد. این اثر با ایجاد یک تغییر متناوب در ضریب شکست مغزی فیبر ایجاد می‌شود. بنابراین براگ فیبری مطابق شکل (۲-۴۱) به عنوان فیلتر نوری عمل می‌کند.



شکل ۲-۴۱- توری براگ فیبری

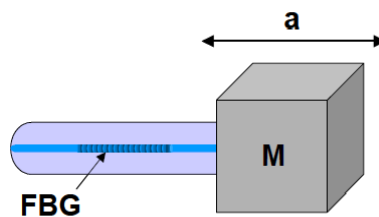
هنگامی که فیبر در معرض یک تنش قرار می‌گیرد، ضریب شکست و فواصل شکست درون فیبر تغییر می‌کند. بنابراین تنش اعمالی باعث می‌شود که طول موج نور بازتابیده شده تغییر کند. در واقع پرتو نور بازگشتی با تنش و فشار اعمال شده مدوله می‌شود. شکل (۲-۴۲) تغییرات ایجاد شده در داخل فیبر را نشان می‌دهد.





شکل ۲-۴۲- تغییرات ایجاد شده در داخل فیبر در اثر اعمال فشار

در شتاب‌سنج‌های FBG نیز مانند سایر شتاب‌سنج‌ها مطابق شکل (۲-۴۳) یک جسم مکانیکی وجود دارد که متناسب با شتاب اعمال شده، طول موج نور بازتابیده تغییر خواهد کرد. با اندازه‌گیری میزان تغییرات در طول موج نور بازتاب می‌توان شتاب اعمال شده را بدست آورد [۱۶۲].

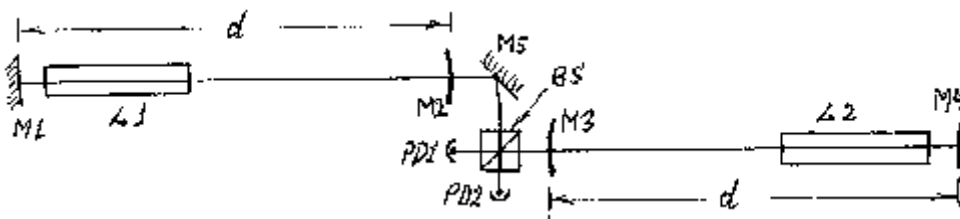


شکل ۲-۴۳- شتاب‌سنج FBG

## ۲-۸-۱۰-۳- شتاب‌سنج Sagnac

این شتاب‌سنج نوری با استفاده از روش تداخل سنجی Sagnac شتاب را اندازه‌گیری می‌کند. شتاب اندازه‌گیری شده در این سیستم طبق قواعد و چارچوب نسبیت خاص است.

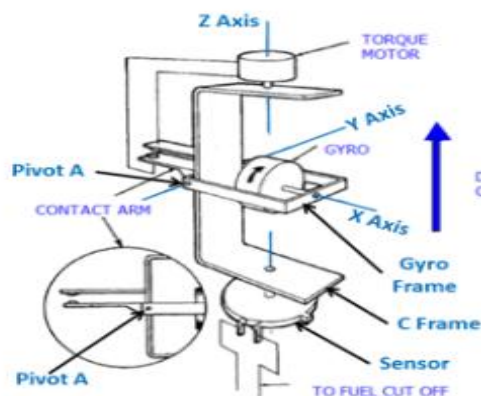
ایده‌ی اثر Sagnac از الکتروپدینامیک کلاسیک و تئوری نسبیت خاص نشأت می‌گیرد. حال با استفاده از این سیستم و با به کار بردن فرض‌های خاص می‌توان شتاب خطی را با استفاده از روش Sagnac اندازه‌گیری کرد. در چیدمان شکل (۲-۴۴)، دو لیزر L1 و L2 با آینه‌های نیمه عبوری M2 و M3 روی یک سطح مطابق با قرار گرفته‌اند. شکافنده‌ی پرتو و دو آشکارساز PD1 و PD2 روی یک سطح جامد قرار می‌گیرند. هر دو لیزر به کار برده شده در این چیدمان در یک فرکانس مشخص تنظیم می‌شوند. هنگامی که شتاب به سمت راست است، فرکانس در آینه‌ی M2 کاهش می‌یابد، در حالی که فرکانس آینه‌ی M3 افزایش خواهد یافت و بالعکس، با اندازه‌گیری این فرکانس‌ها می‌توان شتاب را محاسبه کرد [۱۶۱].



شکل ۲-۴۴- نمایش چیدمان حسگر شتاب‌سنج sagnac.

## ۲-۸-۱۱- شتاب‌سنج<sup>۱</sup> PIGA

اولین شتاب‌سنج مبتنی بر PIGA توسط Fritz Mueller طراحی شد. عنصر سنجش شتاب‌سنج PIGA یک جرم نوسانی رها در لولایی است که بر یاتاقان نصب شده است. ژيروسکوپ پیوسته در حال چرخش است تا از سقوط آونگ در جهت شتاب جلوگیری کند. جرم پاندول و ژيروسکوپ بر روی پایه ستونی نصب شده که توسط موتور الکتریکی چرخانده می‌شود. این محورهای چرخش دو به دو بر هم عمودند و موقعیت پاندول توسط اتصالات الکتریکی دقیق یا نوری حس می‌شود. شتاب باعث جابه‌جایی بازوهای پاندول می‌شود. بنابراین میزان چرخش پایه، شتاب و تعداد کل چرخش، سرعت را تعیین خواهد کرد [۷۷].



شکل ۲-۴۵- شتاب‌سنج PIGA

<sup>۱</sup> Pendulous Integrating Gyroscopic Accelerometer

## ۲-۸-۱۲- شتاب‌سنج electrostatic یک حلقه بسته

در این شتاب‌سنج‌ها یک جرم لرزان داخل یک جعبه متشکل از تعدادی صفحه الکتروود به صورت معلق قرار دارد. اساس کار به این صورت است که شتاب وارد شده به سیستم باعث تغییر در موقعیت جرم می‌شود که برای ثابت نگه‌داشتن جرم در فضا باید نیروی الکترومغناطیسی تغییر کند که با تغییر ولتاژ صفحات انجام می‌شود. این تغییر ولتاژ با شتاب متناسب است [۷۹].

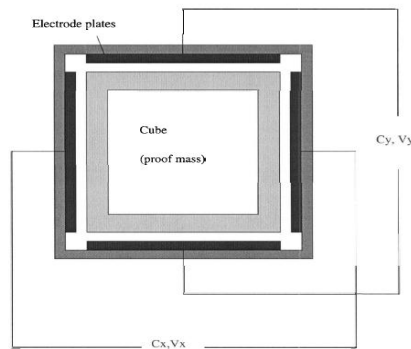
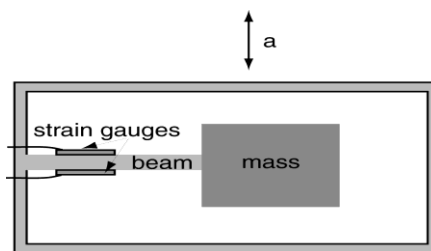


Figure 1 - 2 An electrostatic accelerometer

شکل ۲-۴۶- شتاب‌سنج الکتروستاتیکی

## ۲-۸-۱۳- شتاب‌سنج استرین گیج<sup>۱</sup>

اولین نمونه سیمی استرین گیج‌ها در سال ۱۹۳۸ ساخته شد. ساختار داخلی این شتاب‌سنج‌ها شامل جرم متصل به میله‌ای است که بین دو قطعه استرین گیج مطابق شکل (۲-۴۷) قرار گرفته است.



شکل ۲-۴۷- استرین گیج‌ها

استرین گیج شامل رشته‌های سیمی (مقاومت) است که با یک رزین اپوکسی به فویل چسبیده شده است. با اعمال فشار ناشی از شتاب بر سطح استرین گیج، مقاومت الکتریکی به صورت خطی تغییر می‌کند. با استفاده از پل وتسون می‌توان این تغییرات را مشاهده و اندازه‌گیری کرد [۵۲] و [۸۰].

1 Strain gauge

### ۳-۸-۱۴- شتاب‌سنج نوسانی<sup>۱</sup>

این شتاب‌سنج‌ها بر اساس اندازه‌گیری تغییر فرکانسی کار می‌کنند. شتاب، نیرویی بر جرم لرزه‌ای اعمال می‌کند و باعث فشار بر آن می‌شود. این فشار، فرکانس رزونانس جرم را متناسب با استرس اعمال شده تغییر می‌دهد. بنابراین تغییر فرکانس رزونانس متناسب با شتاب خواهد بود [۸۱].

### ۲-۸-۱۵- شتاب‌سنج‌های SAW

با توجه به توضیحات ارائه شده در رابطه با عملکرد حسگرهای SAW از توضیحات تکراری خودداری شده است. برای اطلاع بیشتر به مرجع [۷۶] مراجعه شود.

### ۲-۹-۹- رطوبت‌سنج

اندازه‌گیری رطوبت در مواد جامد، مایع و گاز، در مقدارهای کم یا زیاد به روش‌های گوناگون انجام می‌گیرد. تنظیم رطوبت در صنایع غذایی، هواشناسی، خاک شناسی، کشاورزی، نیروگاه‌ها، ترانسفورماتورها، صنایع هسته‌ای، صنایع الکترونیک، تولید نیمه‌رساناها و غیره ضروری بوده و از اهمیت فراوانی برخوردار است. از آنجا که حضور آب در برخی از فرایندهای صنعتی مزاحمت‌هایی را فراهم می‌کند، شناخت روش‌هایی جهت جستجو و اندازه‌گیری مقدار رطوبت ضروری به نظر می‌رسد.

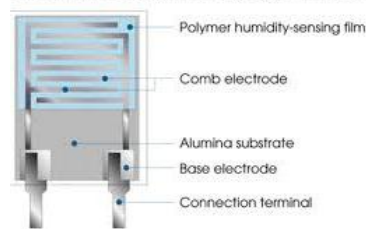
### ۲-۹-۱- رطوبت‌سنج خازنی

ساختمان داخلی این حسگر شامل صفحه‌ای حاوی لایه‌ای از تیتانیوم است که در مجاورت رطوبت، ضریب دی‌الکتریک آن تغییر می‌کند. در نتیجه تغییر ظرفیت خازنی متناسب با تغییرات نسبی رطوبت خواهد بود [۸۲].

### ۲-۹-۲- رطوبت‌سنج مقاومتی

این حسگر شامل یک الکتروود از جنس فلزات گران‌بها است که روی آن لایه‌ای نازک از پلیمر قرار می‌گیرد. این لایه به دلیل داشتن یون متحرک به عنوان حسگر عمل می‌کند. به این صورت که با افزایش و کاهش میزان رطوبت، تعداد یون‌های متحرک تغییر می‌کند. با حرکت یون‌ها، مقاومت حسگر تغییر کرده و با اندازه‌گیری مقاومت می‌توان به میزان رطوبت پی برد [۸۳].

Basic structure of resistance change-type humidity sensors



شکل ۲-۴۸- رطوبت‌سنج مقاومتی

### ۲-۹-۳- رطوبت‌سنج Gravimetric

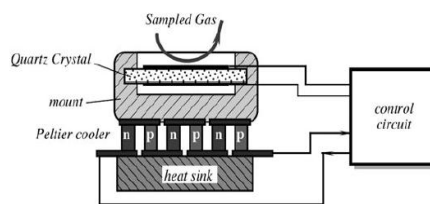
کاربرد اصلی این گونه حسگرها کالیبره کردن دیگر حسگرهای رطوبتی است [۸۴] و [۸۵].

### ۲-۹-۴- رطوبت‌سنج Hygrometric

این حسگر شامل غشایی سیلیکونی با لایه‌ای از پلیمید جاذب رطوبت است. با افزایش رطوبت هوا به علت جذب بخار آب، پلیمید متورم می‌شود. به دلیل تفاوت در ضریب انبساط سیلیکون و پلیمید، ساختار غشاء انحراف پیدا می‌کند. این انحراف باعث انحراف عقربه رطوبت‌سنج مکانیکی می‌شود [۱۴].

### ۲-۹-۵- رطوبت‌سنج پیزوالکتریک

این حسگر شامل کریستال کوارتز متصل شده به یک کولر است. در نقطه شبنم لایه‌ای از بخار آب روی سطح کریستال کوارتز قرار می‌گیرد که باعث به وجود آمدن لایه‌ی یخ روی سطح آن می‌شود. از این رو تغییرات جرم کریستال باعث تغییر فرکانس رزونانس شده که مطابق با ضخامت لایه‌ی یخ است [۸۶].



شکل ۲-۴۹- رطوبت‌سنج پیزوالکتریک

### ۲-۹-۶- رطوبت‌سنج هدایت گرمایی<sup>۱</sup>

این حسگر بر اساس اندازه‌گیری اختلاف هدایت گرمایی میان هوای خشک و هوای مرطوب استوار است. این حسگر شامل دو ترمیستور است که یکی در مجاورت هوا و دیگری در محفظه‌ای که با نیتروژن خشک پر شده است، قرار دارد. عبور

<sup>۱</sup> Thermal conductivity

جریان از ترمیستورها در مدار پل و تسون، منجر به تغییرات دمایی در ترمیستور می‌شود. در این حالت ترمیستور موجود در محفظه نسبت به ترمیستوری که در هوا قرار دارد گرمای بیشتری از دست می‌دهد. این ائتلاف انرژی موجب تغییر مقاومت ترمیستور شده که با اندازه‌گیری این اختلاف می‌توان رطوبت را اندازه‌گیری کرد [۸۶] و [۷۸].

### ۲-۹-۷- رطوبت‌سنج SAW

این حسگر مشابه حسگرهای SAW که در بخش‌های قبل توضیح داده شده است، شامل یک لایه پیزوالکتریک است که خط تاخیر نامیده می‌شود. موج آکوستیک در این سطح، منتشر شده و با جذب رطوبت توسط این سطح، تغییراتی در فاز سرعت امواج سطحی ایجاد می‌کند که متناسب با میزان رطوبت است [۳۰].

### ۲-۹-۸- رطوبت‌سنج MEMS

اساس کار این حسگر مشابه حسگر رطوبت‌سنج خازنی و رطوبت‌سنج مقاومتی است با این تفاوت که در ابعاد کوچک طراحی می‌شود [۸۷] و [۸۸].

### ۲-۹-۹- رطوبت‌سنج Metal-paper coil type

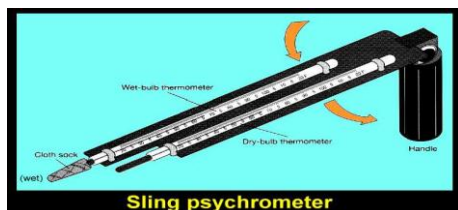
این رطوبت‌سنج شامل نوار کاغذی است که به صفحه مندرج داری عقربه متصل شده است. با جذب بخار آب توسط کاغذ، عقربه منحرف می‌شود. میزان انحراف متناسب با رطوبت جذب شده توسط کاغذ است [۹۱].

### ۲-۹-۱۰- رطوبت‌سنج Psychrometer (wet & dry Bulb Thermometers)

این رطوبت‌سنج شامل ۲ دماسنج dry-Bulb و wet-Bulb است. رطوبت نسبی توسط تفاوت دمای دو دماسنج تخمین زده می‌شود [۹۱].

### ۲-۹-۱۱- رطوبت‌سنج Sling Psychrometer

این رطوبت‌سنج شامل دو دماسنج است که یکی از این دماسنج‌ها معمولی و دیگری دارای فیتیلیه‌ی پارچه‌ای غوطه‌ور در آب است. برای اندازه‌گیری رطوبت با این حسگر، باید آن را در هوا چرخاند. چرخش آب باعث تبخیر آب فیتیلیه و در نتیجه خنک شدن حباب دماسنج مرطوب می‌شود. با استفاده از اختلاف دمای دو دماسنج و جدول دما - رطوبت، میزان رطوبت بدست می‌آید [۹۲].



شکل ۲-۵۰- رطوبت‌سنج Sling Psychrometer

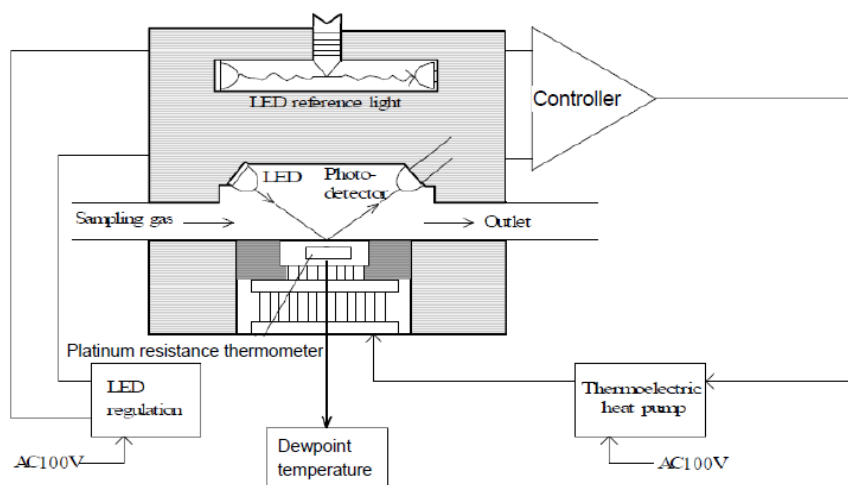
شرکت‌های بسیاری از این روش جهت ساخت رطوبت‌سنج استفاده می‌کنند که برخی از آنان عبارتند از:

- R&D Instrument Services
- The Western Precision Instruments Emporium
- Raj Thermometers

## ۲-۹-۱۲- رطوبت‌سنج Chilled-Mirror dew point

این رطوبت‌سنج شامل آینه و پمپی به منظور کشیدن هوای نمونه به داخل حسگر است. شکل (۲-۵۱) ساختار این

رطوبت‌سنج را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۵۱- رطوبت‌سنج Chilled-Mirror

هوای نمونه از طریق لوله‌ها به سطح آینه فلزی می‌رود. دمای این آینه توسط کولر خنک شده و کنترل می‌شود. در اثر

برخورد بخار آب با آینه سرد، میعان رخ خواهد داد. نوری که توسط LED به آینه تابانده می‌شود به علت وقوع میعان پراکنده

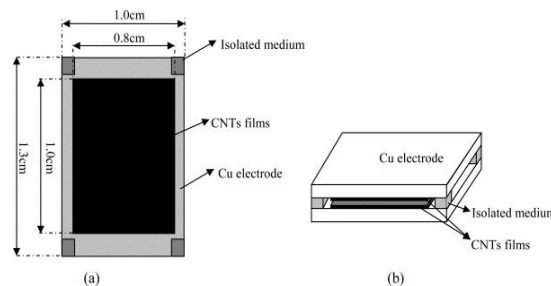
خواهد شد. بازتاب نور توسط آشکارساز دریافت می‌شود. میزان تغییرات نور منعکس شده متناسب با هوای نمونه است [۸۴].

## ۲-۹-۱۳- رطوبت‌سنج Quartz crystal microbalance

این رطوبت‌سنج شامل صفحه‌ای فلزی است که توسط لایه‌ی جاذب رطوبت آبکاری شده است. رطوبت از طریق این صفحه جذب شده و توسط خنک‌کننده متراکم می‌شود. اگر زمان تاخیر میان شروع کار منبع کولر و ظهور تراکم آب اندازه‌گیری شود، رطوبت نسبی تعیین خواهد شد [۸۹].

## ۲-۹-۱۴- رطوبت‌سنج Capacitive carbon nanotube

مطابق شکل (۲-۵۲) حسگرهای رطوبت شامل دو الکتروود صفحه‌ای است که توسط عایقی از یکدیگر جدا شده‌اند و یک خازن را تشکیل می‌دهند. از آنجایی که نانو لوله ساختاری متخلخل دارد تراکم موینگی در عایق اتفاق می‌افتد و نفوذ رطوبت ثابت دی‌الکتریک را تغییر می‌دهد. در نتیجه تغییرات ظرفیت خازن با رطوبت‌های نسبی گوناگون متناسب خواهد بود [۹۰].



شکل ۲-۵۲- رطوبت‌سنج نانوتیوب کربنی

## ۲-۹-۱۵- رطوبت‌سنج Magneto elastic

حسگرهای magneto elastic زمانی که در معرض میدان مغناطیسی قرار می‌گیرند فشاری در آن ایجاد می‌شود که در پاسخ به میدان مغناطیسی ارتعاش مکانیکی داشته و موج الاستیک طولی ایجاد می‌کنند. فرکانس رزونانس و دامنه این ارتعاشات نه تنها به مواد حسگر بلکه به محیط اطراف نیز وابسته است. در حسگر رطوبتی magneto elastic مواد پوشش داده شده بر روی حسگر، رطوبت محیط را جذب کرده و متناسب با میزان جذب، فرکانس رزونانس کاهش می‌یابد [۹۳]. تعیین فرکانس رزونانس در حوزه فرکانس به دو روش صورت می‌گیرد:

۱- شمارس فرکانس

۲- استفاده از روش الگوریتم FFT



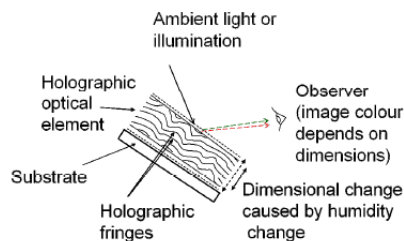
## ۲-۹-۱۶- رطوبت‌سنج Quartz tuning fork

این حسگر رطوبتی شامل یک کریستال کوارتز به عنوان حسگر لایه‌ی نازک است که با فرکانس مشخصی تحریک می‌شود. با جذب رطوبت توسط حسگر، فرکانس تغییر می‌کند که این تغییر متناسب با میزان رطوبت است [۲۹].

## ۲-۹-۱۷- رطوبت‌سنج نوری

### ۲-۹-۱۷-۱- حسگر رطوبت‌سنج هولوگرافیک

به طور کلی هولوگرام در یک ماده‌ی حساس به نور با در معرض قرار دادن الگوی تداخلی ثبت شده به وسیله‌ی دو دسته پرتو تولید می‌شود. تغییرات در شدت نور و حالت قطبشی ثبت شده، معادل با تغییرات ایجاد شده در ضریب شکست، ضریب جذب و یا ضخامت محیط مورد نظر خواهد بود. به طور کلی، الگوی ثبت شده در یک توری پراش (تولید نور پراشیده متناسب با تغییر محیط مورد نظر) هنگامی که در معرض نور سفید قرار می‌گیرد، طیف مناسب با محیط و مشخصات قطبش خاص آن را در راستای مناسب تولید می‌کند و اطلاعات کلی در مورد محیط مورد نظر را می‌دهد. طول موج، فاز و حالت قطبش نور پراش داده شده توسط محیط مورد نظر، به ویژگی‌های الگوی پراش ثبت شده بستگی دارد و برای طراحی حسگرهای هولوگرافی مناسب است. مزیت خاص چنین حسگرهایی این است که امکان مشاهده مستقیم بصری تغییرات محیط را دارد.

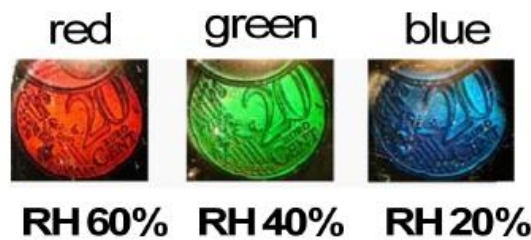


شکل ۲-۵۳- نمایش اساس کار حسگر رطوبت.

در این جا حسگر رطوبت هولوگرافی نمایش داده شده است. شکل (۱-۵۳) اساس هولوگرام حساس به رطوبت را نشان می‌دهد. طیف نور انتخابی هولوگرام‌های بازتابی به این معنی است که نور با رنگ خاص، هنگامی که هولوگرام در معرض تابش نور سفید قرار می‌گیرد، پراش داده می‌شود. رنگ نور مشاهده شده، وابسته به فضای بین فرانتزها یا  $\Lambda$  است که طبق رابطه (۲-۱) بیان می‌شود.

$$\Lambda = \frac{\lambda}{2n_0 \sin \theta} \quad (1-2)$$

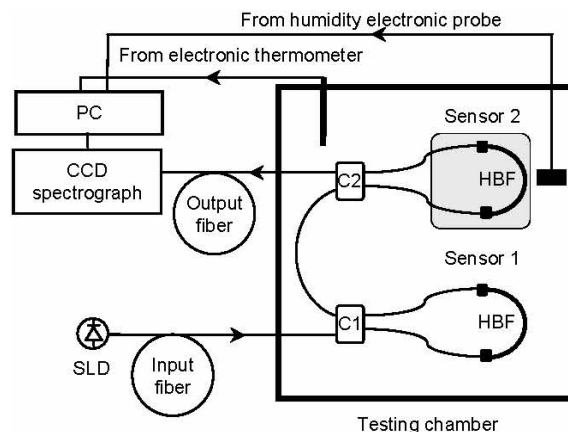
همان‌گونه که در رابطه‌ی (۱-۲) هم مشخص است، دو متغیر برای تغییر در طول موج پراشیده وجود دارد که در این حالت می‌توان تغییرات محیطی که تحت رطوبت نسبی قرارداد را مورد بررسی قرار داد. اول این که تغییر در ابعاد محیط تحت تاثیر رطوبت که متناسب با انقباض و انبساط خواهد بود، با تغییر در فاصله‌ی بین فرانتزها اتفاق خواهد افتاد. دوم این که تغییر در ضریب شکست کلی محیط ناشی از جذب رطوبت، طول مسیر اپتیکی بین فرانتزها را تغییر خواهد داد. سهم نسبی این دو مکانیزم به طور اساسی به خواص محیط ثبت کننده بستگی خواهد داشت. اما اثر نهایی، تغییر رنگ مشاهده شده در طرح تداخلی را ایجاد خواهد کرد و به عنوان نتیجه‌ی تغییر رطوبت محیط خواهد بود. در شکل (۲-۵۴) تغییرات رطوبت محیط نمایش داده شده است [۱۶۴].



شکل ۲-۵۴- نمایش تغییرات رطوبت حسگر هولوگرام.

## ۲-۹-۱۷-۲- حسگر رطوبت Sagnac

در این قسمت حسگر فیبر نوری ساده‌ای نمایش داده می‌شود که از روش تداخل سنجی برای سنجش و تعیین رطوبت استفاده می‌کند. در شکل (۲-۵۵) چیدمان آزمایشگاهی مورد استفاده برای نمایش رطوبت فیبر نوری نمایش داده شده است.

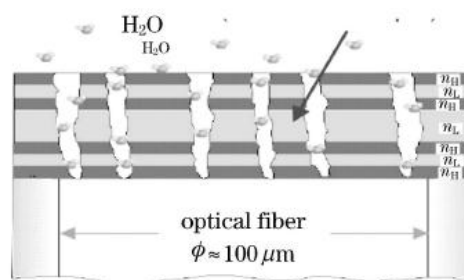


## شکل ۲-۵۵- چیدمان حسگر رطوبت بر اساس تداخل سنج sagnac

بخش اپتیکی این چیدمان شامل دو تداخل سنج Sagnace است که به طور سری بهم متصل شده‌اند. هر تداخل سنج شامل یک کوپلر است که نور غیرپلاریزه را در طول چیدمان حفظ می‌کند. در این حسگر برای انتقال نور از فیبرهای نوری پروانه‌ای شکل استفاده شده است. این فیبرها به عنوان المان‌های حساس دمایی عمل می‌کنند و اختلاف مسیر اپتیکی بین مدهای قطبشی را با تداخل سنجی نمایش می‌دهند. تداخل مد قطبشی در بخش خروجی کوپلرهای استفاده شده در این حسگر به وسیله‌ی فیبرهای HBF تضمین و انجام می‌شود. بررسی دو تداخل سنج ناشی از اختلاف در طول‌های اپتیکی دو فیبر است. یکی از تداخل سنج‌ها برای اندازه‌گیری دمای لامپ خشک و دیگری برای نمایش دمای لامپ مرطوب استفاده می‌شود. شدت نور خروجی در نهایت به وسیله‌ی CCD آشکارسازی می‌شود. اختلاف طول اپتیکی آشکار شده در فیبر HBF به طور خطی وابسته به دما است. پس از محاسبه‌ی اختلاف دما می‌توان رطوبت را اندازه‌گیری کرد [۱۶۵].

## ۲-۹-۱۷-۳- حسگر رطوبت تداخل سنج فابری پرو

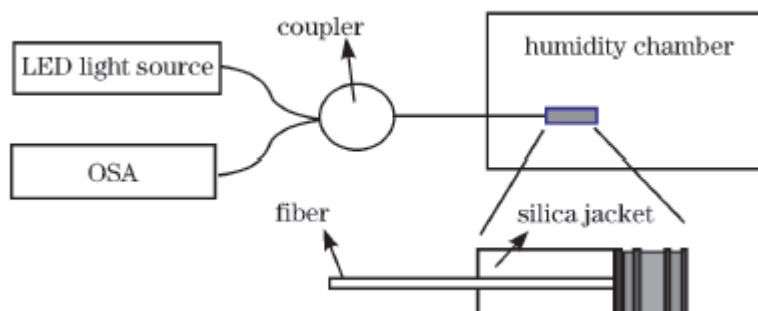
مکانیزم عمل این حسگر به این صورت است که در ابتدا، چند لایه‌ای از مواد حساس به رطوبت با استفاده از روش‌های مناسب روی انتهای یک فیبر تمیز و کاملاً برش خورده لایه‌نشانی می‌شود. شرایط لایه‌نشانی و مکانیزم انتخابی به صورتی است که لایه‌ی مورد نظر دارای منافذ زیادی است. در شکل (۲-۵۶) ساختار لایه‌ی مورد نظر و منافذ آن نمایش داده شده است.



شکل ۲-۵۶- نمایش ساختار لایه‌ی روی فیبر و منافذ آن.

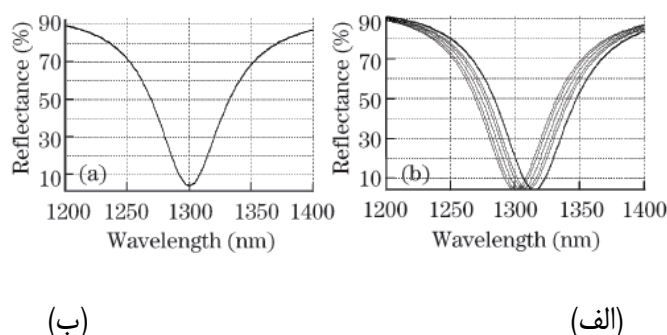
فیبر مورد نظر داخل یک لوله‌ی سیلیکونی قرار گرفته و مطابق با شکل و چیدمان اپتیکی شکل (۲-۵۷) داخل یک اتاقک

حاوی رطوبت قابل تنظیم و نمایش قرار می‌گیرد.



شکل ۲-۵۷- نمایش چیدمان اپتیکی رطوبت فابری پرو در راستای اندازه‌گیری رطوبت.

نور لیزر قابل تنظیم و یا نور سفید، پس از عبور از فیبر و بازتاب از انتهای آن وارد آنالایزر طیف اپتیکی (OSA) شده و نتایج خروجی نور بازتابی برای تجزیه و تحلیل وارد کامپیوتر می‌شود. طیف نور بازتابی از انتهای فیبر دارای یک طول موج مرکزی با می‌نیمم بازتاب است. حال با تغییر رطوبت محیط از ۰ تا ۱۰۰٪، میزان جذب آب توسط لایه انتهای فیبر افزایش یافته و بنابراین منجر به افزایش طول اپتیکی می‌شود. افزایش طول اپتیکی لایه، طول موج مرکزی بازتاب از سطح را به سمت طول موج‌های بزرگتر می‌برد و در نتیجه افزایش طول موج مرکزی با افزایش رطوبت حاصل می‌شود. پاسخ حسگر به این تغییرات کاملاً خطی است. در شکل (۲-۵۸) پاسخ طول موج مرکزی طیف بازتابی نسبت به تغییرات رطوبت نمایش داده شده است. به این ترتیب اندازه‌گیری رطوبت با استفاده از حسگرهای فابری پرو لایه‌ی نازک انجام می‌شود [۲۱۳].



شکل ۲-۵۸- (الف) نمایش طیف نور بازتابی از انتهای فیبر (ب) منحنی تغییر طول موج مرکزی مینیمم بازتاب با تغییر رطوبت محیط.

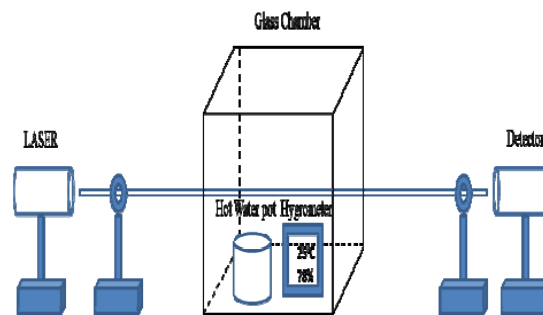
## ۲-۹-۱۷-۴- حسگر رطوبت FBG

در حسگر رطوبت FBG از یک ماده‌ی حساس به رطوبت برای ساخت هسته‌ی فیبر نوری استفاده می‌شود. این ماده‌ی حساس دارای یک پاسخ خطی افزایش حجم نسبت به جذب رطوبت محیط است. هنگامی که فیلم مورد نظر، رطوبت را جذب می‌کند، حجم آن به طور متناسب با مقدار رطوبت جذب شده، افزایش می‌یابد. تغییر حجم ایجاد شده در فیلم متناسب با کشش

محور فیبر خواهد بود که به آن کشش القا شده‌ی رطوبتی گویند. کشش القایی با استفاده از روابط مناسب منجر به تغییر طول موج براگ حسگر رطوبت لایه‌نشانی شده با پلیمر می‌شود. در این حالت با اندازه‌گیری طول موج براگ رطوبت محیط اندازه‌گیری می‌شود [۲۱۴].

## ۲-۹-۱۷-۵- حسگر رطوبت فیبر اپتیکی

این حسگر با استفاده از فیبر چند مدی با NA بسیار بالا و نانو ذرات ZnO رطوبت را اندازه‌گیری می‌کند. چیدمان آزمایشی مطابق شکل (۲-۵۹) در راستای ساخت حسگر نمایش داده شده است.



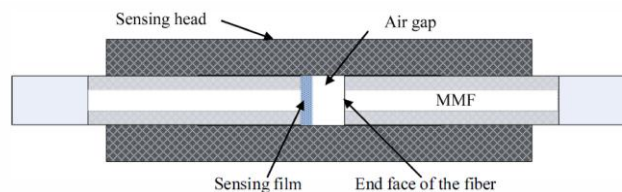
شکل ۲-۵۹- نمایش چیدمان آزمایشی ساخت حسگر.

نور لیزر هلیوم نئون وارد فیبر نوری می‌شود. در انتها نور خارج شده از فیبر توسط آشکارساز اندازه‌گیری می‌شود. حال قسمت فیبر لایه‌نشانی شده با ZnO داخل اتاقک رطوبت قرار می‌گیرد. رطوبت و دمای اتاقک با استفاده از حسگرهای خاصی اندازه‌گیری و نمایش داده می‌شود. نتایج اندازه‌گیری نشان می‌دهد که با افزایش رطوبت، نور خروجی از فیبر افزایش می‌یابد. نتایج بدست آمده، رابطه‌ی خطی میان رطوبت و شدت نور خروجی از فیبر را نشان می‌دهد.

با توجه به این که عبور نور داخل فیبر تحت پدیده‌ی بازتاب کلی انجام می‌شود، این انتشار وابسته به اختلاف ضرایب شکست هسته و غلاف است. پس با لایه‌نشانی ZnO به عنوان غلاف در اطراف فیبر و قراردادن آن داخل رطوبت، ضریب شکست ZnO در اثر برهم‌کنش با رطوبت تغییر می‌کند. با افزایش رطوبت، ضریب شکست ZnO کاهش می‌یابد. با کاهش ضریب شکست غلاف، تعداد مدهای انتشاری داخل فیبر افزایش یافته و در این صورت افزایش شدت نور خروجی از فیبر حاصل می‌شود [۲۱۵].

## ۲-۹-۱۷-۶- حسگر رطوبت جذب اپتیکی

در حسگرهای رطوبت از کلرید کبالت ( $\text{COCL}_2$ ) استفاده می‌شود. کلرید کبالت خشک، نور را در بازه‌ی طول موجی 550 تا 750 نانومتر جذب می‌کند. نکته‌ی مهمی که در این حسگر وجود دارد، انتخاب ماده‌ی میزبان با دوپ کردن  $\text{COCL}_2$  است که این ماده باید در برابر باند طول موج جذب  $\text{COCL}_2$  مقاوم و پایدار باشد. محلول  $\text{COCL}_2$ -pvc/Sio<sub>2</sub> با استفاده از روش لایه‌نشانی Spin-Coating روی انتهای فیبر چند مدی قرار می‌گیرد و با استفاده از مکانیزم‌های مناسب یک لایه‌ی یکنواخت از محلول روی انتهای فیبر تشکیل می‌شود. پس از آماده شدن، انتهای فیبر به فیبر نوری دیگری که در یک فاصله‌ی بسیار کمی از فیبر اول قرار دارد اتصال پیدا می‌کند. بین انتهای فیبر اول و در واقع لایه‌ی نشانده شده روی فیبر و فیبر دیگر فاصله‌ای قرار می‌گیرد تا بخار آب و رطوبت به این قسمت حساس حسگر نفوذ کند. در شکل (۲-۶۰) نحوه‌ی قرارگیری دو فیبر در حسگر رطوبت نمایش داده شده است.



شکل ۲-۶۰- نحوه‌ی قرارگیری دو فیبر در حسگر رطوبت.

یک منبع نوری برای فرستادن نور داخل فیبر و یک اسپکترومتر CCD برای دریافت پاسخ طیف جذب نور عبوری از حسگر استفاده می‌شود. مطابق شکل (۲-۶۰)، با قرار دادن حسگر داخل اتاقکی که رطوبت آن قابل تنظیم و دمای آن ثابت است، تغییرات طیف جذب توسط اسپکترومتر اندازه‌گیری می‌شود. با اندازه‌گیری شدت نسبی بین طول موج جذب و شدت در طول موجی که جذب وجود ندارد می‌توان تغییرات جذب را نسبت به تغییرات رطوبت اندازه‌گیری کرد [۲۱۶].

## ۲-۹-۱۷-۷- حسگر رطوبت فوتونیک کریستال

حسگر رطوبت فوتونیک کریستال بر پایه‌ی دو مکانیزم استوار است:

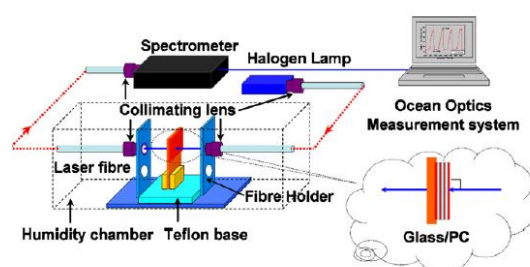
۱- تغییر اختلاف ضرایب شکست بین خلل و فرج و ماده‌ی ساختاری با رطوبت.

۲- برآمدگی‌های برگشت‌پذیر ساختار فوتونیک کریستال با افزایش رطوبت.

این دو تغییر با افزایش رطوبت منجر به تغییر شدت عبوری از حسگر و تغییر در مکان ناحیه گپ در ساختار فوتونیک کریستال می‌شود. چیدمان حسگر مطابق با شکل (۲-۶۱) است. نور لیزر پس از عبور از فیبر به فوتونیک کریستال وارد می‌شود.

نور عبوری از فوتونیک کریستال در انتها توسط فیبر دیگری وارد اسپکتروفوتو می‌شود. در این چیدمان فوتونیک کریستال داخل اتاقک رطوبت قرار می‌گیرد.

افزایش رطوبت منجر به کاهش اختلاف ضرایب شکست بین نواحی دارای خلل و فرج و فوتونیک کریستال شده و افزایش شدت عبوری را به همراه خواهد داشت. همچنین افزایش رطوبت، کاهش برآمدگی‌های ساختار فوتونیک کریستال و جابجایی ناحیه‌ی گپ را بوجود می‌آورد [۲۱۷].

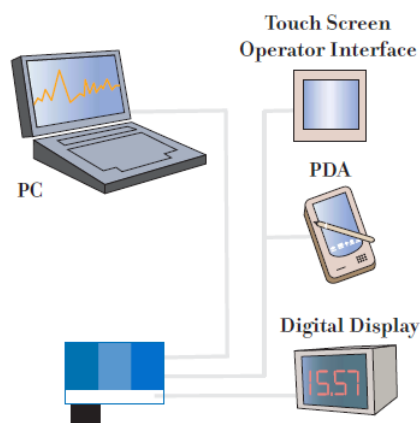


شکل ۲-۶۱- نمایش چیدمان حسگر فوتونیک کریستال.

## ۲-۹-۱۷-۸- حسگر رطوبت مادون قرمز

حسگر رطوبت IR از جمله حسگرهای رطوبتی است که با استفاده از نور مادون قرمز، رطوبت را تعیین می‌کند. پیوندهای مولکولی مانند O-H در آب و C-H در مواد آلی، نور IR را در یک طول موج خاص جذب می‌کنند. مقدار انرژی نور بازتابی NIR<sup>۱</sup> در یک طول موج مفروض به طور معکوس با مقدار مولکول‌های جاذب درون محصول متناسب است. تکنیک NIR غیر مخرب و غیر تماسی است و اندازه‌گیری همزمان را ممکن می‌سازد. در حسگر طراحی شده‌ی NIR که در شکل (۲-۶۲) نمایش داده شده است، چند طول موج NIR در نظر گرفته شده است. نور به سطح نمونه برخورد می‌کند سپس نور بازتابیده با استفاده از یک آشکارساز دیجیتال نوری دریافت شده و اطلاعات وارد کامپیوتر می‌شود. با ارسال اطلاعات به کامپیوتر، فرایند پردازش، ذخیره‌سازی و نمایش پاسخ حسگر با دقت بسیار زیادی انجام می‌شود [۱۶۶].

<sup>۱</sup> Near Infrared



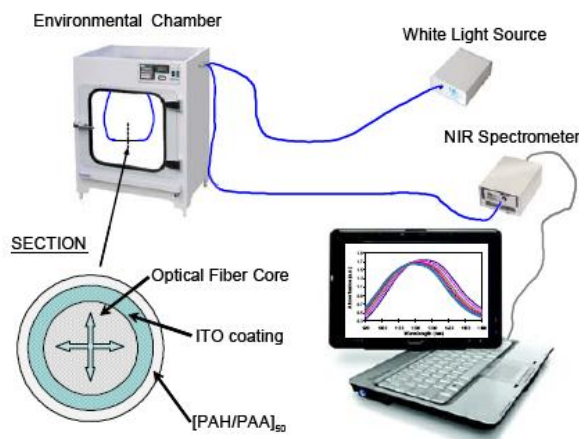
شکل ۲-۶۲- چیدمان حسگر رطوبت.

### ۲-۹-۱۷-۹- حسگر رطوبت سنج Surface Plasmon Resonance

در حسگر رطوبت بر اساس پلاسمون‌های سطحی، خواص اپتیکی با رطوبت نسبی محیط تغییر می‌کند. تغییر در ضخامت و ضریب شکست پلیمر استفاده شده در این حسگر در تماس با رطوبت محیط دارای تغییرات طول‌موج خواهد بود و در این صورت اندازه‌گیری رطوبت نسبی محیط اطراف با این حسگر قابل انجام است.

شکل (۲-۶۳) چیدمان حسگر رطوبت را نشان می‌دهد. در این حسگر ماده‌ی پلیمری PAH به عنوان ماده‌ی حسگر استفاده می‌شود. در ابتدا ITO روی فیبر نوری لایه‌نشانی می‌شود، سپس ماده حساس PAH-PAP روی لایه‌ی ITO قرار می‌گیرد. این چیدمان شامل یک لامپ هالوژن به عنوان منبع تولید نور است. حسگر داخل اتاقک محیطی قرار می‌گیرد تا تغییرات نسبی به طور دقیق نمایش داده شود. به منظور واکاوی پاسخ حسگر، این لایه‌ها در معرض یک تغییر پریودیک از ۲۰ تا ۸۰ درصد رطوبت قرار گرفته و قله‌ی طیف انتشاری و عبوری اندازه‌گیری می‌شود. قله‌ی جذب متناظر با تغییر رطوبت تغییر می‌کند و با افزایش رطوبت به طرف طول‌موج‌های بزرگتر می‌رود. ماکزیمم طول‌موج جذب هنگامی که رطوبت به ۸۰ درصد می‌رسد، مشاهده می‌شود [۱۶۳].





شکل ۲-۶۳- چیدمان اندازه‌گیری رطوبت براساس پلاسمون‌های سطحی.

## ۲-۱۰- شعله‌بین

در اوایل دهه ۱۹۰۰، اپراتورها شعله کوره‌ها را با سرکشی و بازدیدهای دوره‌ای، کنترل می‌کردند. این کار خطرات زیادی را در پی داشت. بیشتر انفجارات به دلیل خاموش شدن شعله کوره و تأخیر در احتراق مجدد به وجود می‌آمد و در نتیجه به کارگیری روش‌هایی برای تأمین امنیت، ضروری به نظر می‌رسید.

امروزه شعله‌بین‌های نوری ساخته شده است که می‌تواند شعله‌ی بویلرهای نیروگاه‌ها را پایش کند. به کمک حسگرهای مربوطه طیف شعله مورد واکاوی و بررسی قرار گرفته تا وضعیت و کیفیت آن بهینه شود. این حسگرها می‌تواند تا دمای ۳۰۰ درجه سانتیگراد کار کنند و اطلاعات مربوط به شعله را انتقال دهند.

در حقیقت حسگر می‌تواند طیف نوری شعله را به کمک لنزهایی از جنس کوارتز و از طریق فیبرهای نوری به طرف حسگرهای UV و IR دستگاه انتقال دهد. این لنزها به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که می‌توانند نور را دقیقاً بر روی سر ابتدایی فیبرهای نوری Bundle شده متمرکز کنند. در سر انتهایی فیبرهای نوری می‌توان طول‌موج‌های گوناگون از جمله ماورای بنفش و مادون قرمز را از هم تفکیک کرد و هر طول‌موج را به مسیرهای گوناگونی هدایت نمود [۲۳]، [۲۵] و [۲۶].

## ۲-۱۰-۱- شعله‌بین ماورای بنفش<sup>۱</sup>

این شعله‌بین با بررسی طیف ماورای بنفش توانایی تشخیص وجود شعله را در زمان کمی دارد. این حسگر در طول موج کمتر از ۳۰۰ نانومتر کار می‌کند [۹۶].

## ۲-۱۰-۲- شعله‌بین Near IR Array, IR3, Dual IR, Infrared

در این شعله‌بین‌ها با بررسی طیف تشعشعی دریافتی از احتراق می‌توان به وجود شعله و چگونگی کیفیت شعله پی برد [۲۵].

## ۲-۱۰-۳- شعله‌بین UV/IR

این شعله‌بین ترکیبی از دو فناوری بیان شده می‌باشد به طوری که وجود چند اشکال در دتکتور UV، IR و همچنین داشتن مزایای زیاد از قبیل سرعت، دقت، برد زیاد، سازندگان را بر آن داشت تا از ترکیب این دتکتور جهت رفع معایب و دقت عملکرد استفاده نمایند [۹۷].

## ۲-۱۰-۴- شعله‌بین Visible sensors

در برخی از آشکارسازها برای بالا بردن دقت از حسگرهایی برای تشخیص تشعشعات مرئی استفاده می‌شود [۹۸].

## ۲-۱۰-۵- شعله‌بین با استفاده از دوربین

این دوربین با بکارگیری یک سیستم اپتیک با زاویه دید مناسب، امکان مشاهده‌ی وضعیت و ارتفاع شعله و همچنین دود حاصل از احتراق را به خوبی در داخل محفظه فراهم می‌سازد [۹۹] و [۱۰۰].

## ۲-۱۰-۶- شعله‌بین Ionization current

یونیزاسیون شدید در شعله می‌تواند با استفاده از جریان اعمالی اندازه‌گیری شود. از این پدیده می‌توان به منظور بررسی حضور و یا کیفیت شعله استفاده کرد [۱۰۱].

<sup>۱</sup> Ultraviolet

## ۲-۱۰-۷- شعله‌بین ترموکوپل

ترموکوپل به طور گسترده برای نظارت بر حضور شعله در سیستم‌های گرمایش احتراق استفاده می‌شود. در این حسگر از اختلاف دمایی که در ترموکوپل در مجاورت شعله ایجاد می‌شود می‌توان به وجود شعله پی برد [۱۰۲].

## ۲-۱۱-۱- نشتی گاز

یکی از مباحث مهم و اصلی در نیروگاه و سایر صنایع، بررسی نشتی گاز است. تشخیص به موقع نشتی گاز و ارسال هشدار به کاربر جهت جلوگیری از انفجار و خسارت‌های فراوان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، لذا شرکت‌های سازنده‌ی گوناگونی در ساخت دستگاه‌های نشت‌یاب گاز فعالیت می‌کنند [۲۴].

## ۲-۱۱-۱- نشت‌یاب الکتروشیمیایی

در آشکارسازهای گاز الکتروشیمیایی چنانچه نشتی گاز وجود داشته باشد، از غشاء متخلخل الکتروود عبور کرده و باعث اکسید شدن الکتروود می‌شود. مقدار جریان تولید شده در الکتروود متناسب با مقدار گاز نشتی خواهد بود [۱۰۳].

## ۲-۱۱-۲- نشت‌یاب نیمه‌هادی

حسگرهای نشت‌یاب نیمه‌هادی با استفاده از واکنش شیمیایی که در حضور گاز ایجاد می‌شود، نشتی گاز را آشکار می‌کند. در واقع پس از واکنش شیمیایی مقاومت الکتریکی حسگر تغییر می‌کند که با اندازه‌گیری میزان تغییرات مقاومت می‌توان به میزان گاز نشتی را محاسبه کرد برای نمونه مقاومت دی اکسید قلع در هوا ۵۰ کیلو اهم است که اگر در مجارت گاز متان ۱ درصد قرار گیرد مقاومت آن به ۳/۵ کیلو اهم کاهش می‌یابد [۱۰۵].

## ۲-۱۱-۳- نشت‌یاب آلتراسونیک

از آن جایی که نشتی گاز سیگنالی را در محدوده‌ی ماورای صوت (فرکانس ۲۵ کیلو هرتز تا ۱۰ مگا هرتز) ایجاد می‌کند، در نتیجه می‌توان از حسگرهای آلتراسونیک جهت تشخیص گاز استفاده کرد [۱۰۶].

## ۲-۱۱-۴- نشت‌یاب مادون قرمز

نور سفید از رنگ‌های گوناگون تشکیل شده است که می‌توان با استفاده از یک منشور آن‌ها را از یکدیگر جدا کرد. چشم انسان می‌تواند از رنگ قرمز تا بنفش را مشاهده کند، اما بعد از رنگ قرمز قابل مشاهده نیست و این همان نوری است که در

این دسته از حسگرها مورد استفاده قرار می‌گیرد. دلیل این که نور مادون قرمز در بین رنگ‌ها انتخاب شده این است که امواج مادون قرمز با طول موجشان می‌توانند توسط گازهایی که مورد نظر ماست (گازهای قابل احتراق) جذب شوند. تقریباً تمامی هیدروکربن‌ها (HC) امواج مادون قرمز را با طول موج تقریبی  $3/4$  میکرومتر به خود جذب می‌کنند. حال اگر ما یک تابش از پرتو نور (IR) با طول موج مناسب را در یک فضا بتابانیم سپس گاز مورد نظر را در امتداد تابش نور قرار دهیم، بدین ترتیب نور توسط گاز جذب شده و در طرف دیگر انرژی کاهش خواهد یافت. در این حسگرها از دو طول موج متفاوت استفاده می‌شود، یکی توسط گاز جذب می‌شود که طول موج نمونه‌گیر نامیده می‌شود و دیگری جذب نمی‌شود که به طول موج مرجع (Reference) معروف است.

در شرایطی که فضا عاری از گاز باشد، هر دو پرتو (نمونه‌گیر و مرجع) به میزان نرمال تاثیر می‌پذیرند و تغییر می‌کنند. بدین ترتیب هیچ تفاوتی در خروجی سیستم مشاهده نمی‌شود. هنگامی که گاز در محیط باشد، پرتو توسط گاز جذب می‌شود و در مقابل، پرتو مرجع تاثیری نمی‌پذیرد. در نتیجه اختلافی در شدت نور خروجی به دست می‌آید که متناسب با میزان گاز موجود است [۱۰۳]، [۱۰۴] و [۱۹۷].

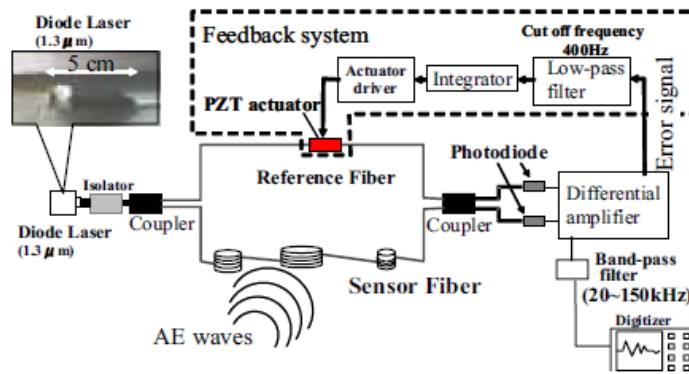
## ۲-۱۱-۵- نشت‌یاب به روش نوری تداخل‌سنجی

هدف از طراحی این حسگر، آشکارسازی واقعی مقدار نشتی گاز و مایع از لوله‌هاست. در حسگر نشت گاز، از دو تداخل‌سنج مایکلسون و ماخ زندر استفاده می‌شود. مکان نشتی در این حسگر با استفاده از تک سیگنال AE<sup>۱</sup> و با استفاده از سرعت انتشار امواج با مد L و F و انتقال جبهه موج تخمین زده می‌شود.

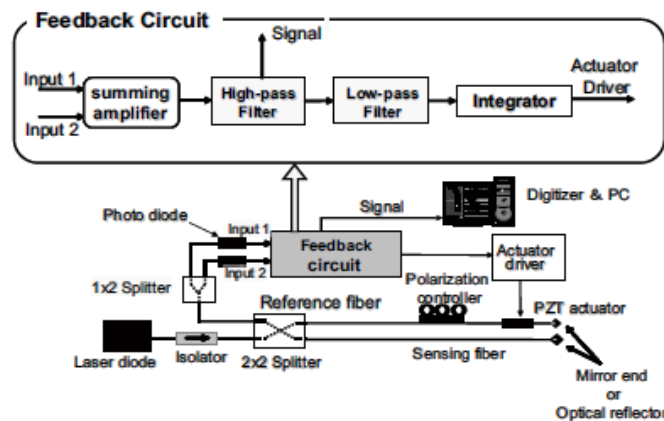
تداخل نور داخل سیستم، تغییر طول فیبر را از طریق اختلاف فاز بین نور مرجع و نور حسگر اندازه‌گیری می‌کند. اندازه‌گیری این اختلاف فاز از دو طریق تداخل‌سنج مایکلسون و ماخ زندر قابل انجام است. شکل (۲-۶۴) تداخل‌سنج ماخ زندر با یک مدار فیدبک و شکل (۲-۶۵) تداخل‌سنج مایکلسون را نمایش می‌دهد که از هر کدام از این چیدمان‌ها برای اندازه‌گیری تغییر طول فیبر استفاده می‌شود. نور لیزر در این سیستم با استفاده از یک کوپلر به دو پرتو تقسیم می‌شود. این دو پرتو وارد دو فیبر نوری شده و یکی پس از پیچش اطراف لوله و دیگری از مسیر فیبری بدون تغییر وارد کوپلر می‌شوند. در نهایت با هم تداخل می‌کنند و شدت تداخل‌سنجی با استفاده از فوتودیود آشکارسازی می‌شود. اختلاف فاز بین دو موج رسیده به فوتودیود با

<sup>1</sup> acoustic emission

استفاده از مدار جبران‌ساز و با استفاده از یک محرک PZT به عنوان یک تغییردهنده‌ی فاز ثابت و اندازه‌گیری می‌شود. با استفاده از این حسگر نشت گاز با دقت بسیار خوبی قابل آشکارسازی است [۱۹۶].



شکل ۲-۶۴- نمایش تداخل‌سنج گونه‌ی مایخ زندر با یک مدار فیدبک در حسگر نشت گاز.



شکل ۲-۶۵- نمایش تداخل‌سنج گونه‌ی مایکلسون در حسگر نشت گاز.

## ۲-۱۲- تخلیه‌ی جزئی

یکی از پدیده‌هایی که در ارتباط با تجهیزات برق‌دار از جمله خطوط انتقال فشار قوی مطرح می‌شود، کرونا است. میدان الکتریکی در نزدیکی ماده‌ی رسانا می‌تواند به حدی متمرکز شود که هوای مجاور خود را یونیزه کند. این مسئله می‌تواند به تخلیه‌ی جزئی انرژی الکتریکی بیانجامد که به آن کرونا می‌گویند.

عوامل گوناگونی از جمله ولتاژ، شکل و قطر رسانا، ناهمواری سطح رسانا، گرد و خاک یا قطرات آب، می‌تواند باعث ایجاد گردیدان سطحی هادی شود که در نهایت باعث تشکیل کرونا خواهد شد. در حالتی که فاصله‌ی بین هادی‌ها کم باشد، ممکن

است کرونا باعث جرقه زدن و اتصال کوتاه شود. بدیهی است که کرونا سبب اتلاف انرژی الکتریکی و کاهش راندمان الکتریکی خطوط انتقال می‌شود.

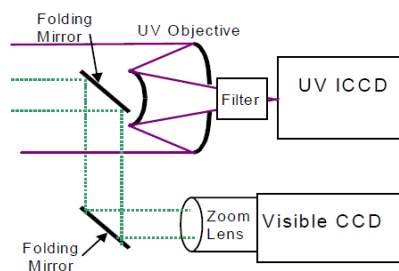
## ۲-۱۲-۱- دوربین ماورای بنفش

مشاهده‌ی کرونا با چشم غیر مسلح بسیار مشکل است، زیرا اشعه‌ی ضعیفی را از خود منتشر می‌کند که بیشتر اوقات در رنج طیفی ماوراء بنفش قرار داشته و خاصیت نامرئی دارد. ولی ممکن است بعضی مواقع در تاریکی نیز مشاهده شود. به هر حال دوربین‌های کرونا این امکان را برای استفاده‌کننده بوجود می‌آورد تا فعالیت کرونا را در هنگام روز به خوبی مشاهده کند و راه حل مقتضی را برای حل مشکلات احتمالی پیدا کند [۱۸۴].

این دستگاه از دو قسمت طیف نور مرئی و طیف ماوراء بنفش استفاده می‌کند و از ترکیب تصاویر بدست آمده، تصویر مرکبی تولید می‌کند که شامل تشعشعات ماوراء بنفش، همچنین تصویر مرئی محل مورد نظراست که در نهایت کاربر می‌تواند به راحتی فعالیت کرونا را در محل مشاهده نماید و نقطه معیوب را شناسائی کند.

سیستم‌های الکترونیکی دو تصویر را ترکیب می‌کنند و به این ترتیب در هم ریختگی را کاهش می‌دهند و اجازه می‌دهند

شدت کرونا اندازه‌گیری و ارزیابی شود.



شکل ۲-۶۶- شماتیک ساده‌ای از ساختار داخلی یک دوربین ماورا بنفش

همان گونه که در شکل (۲-۶۶) مشاهده می‌شود، در این دستگاه، پرتو ماوراء بنفش تابش شده از جسم مورد نظر، به

کمک یک آینه که در جلوی مرکز کانونی‌اش قرار گرفته، پس از عبور از فیلتر، وارد بخش ICCD می‌شود. در حالی که نور

مرئی تابش شده از جسم به کمک دو آینه منحرف شده و وارد بخش CCD می‌شود. شکل (۲-۶۷) کرومای ایجاد شده در

اطراف تجهیزات نیروگاهی را نشان می‌دهد [۱۸۴].



شکل ۲-۶۷- شکست الکتریکی و تولید کورونا در اطراف تجهیزات نیروگاهی

## ۲-۱۳- ولتاژ و جریان

در سیستم‌های فشار قوی اندازه‌گیری ولتاژ و جریان اهمیت بسیار زیادی دارد. زیرا هرچه سطوح ولتاژ و جریان بالاتر رود با هزینه‌های بیشتری مواجه خواهیم بود. در نتیجه باید سعی شود تا حد امکان از بروز خسارت جلوگیری کرد.

### ۲-۱۳-۱- اندازه‌گیری ولتاژ و جریان اثر هال

عبور جریان از مسیر هادی، میدان مغناطیسی تولید می‌کند و حسگر اثر هال مبدلی است که با تغییرات میدان مغناطیسی، خروجی ولتاژ دارد. لذا با توجه به میزان تغییرات می‌توان ولتاژ و جریان خط را اندازه‌گیری کرد.

### ۲-۱۳-۲- اندازه‌گیری جریان روگوفسکی<sup>۱</sup>

حسگر روگوفسکی یک پیچک حلقوی با سیم‌پیچی یکنواخت بر روی هسته‌ی غیرمغناطیسی است که پیرامون هادی حامل جریان قرار می‌گیرد و با عبور جریان از داخل آن، ولتاژی متناسب با مشتق جریان در دو سر آن القا می‌شود [۹۴] و [۹۵].

### ۲-۱۳-۳- اندازه‌گیری ولتاژ و جریان پیزوالکتریک

پیزوالکتریک قابلیت است که برخی مواد کریستالی دارد که با اعمال تنش مکانیکی دارای بار الکتریکی متناسب با آن می‌شوند و برعکس با اعمال ولتاژ، کرنش یا دفرمگی متناسب با آن ولتاژ در آنها بوجود می‌آید که از این خاصیت می‌توان برای اندازه‌گیری ولتاژ و جریان خط استفاده کرد. چنانچه حسگر پیزوالکتریک در میدان الکتریکی حاصل از ولتاژ قرار گیرد، تحت تنش حاصل از میدان قرار گرفته و سیگنال الکتریکی متناسب با تنش ایجاد می‌کند.

<sup>۱</sup> Rogowski

## ۲-۱۳-۴- اندازه‌گیری ولتاژ و جریان پیزواپتیک

در این روش برای اندازه‌گیری از تلفیق فناوری اپتیک و پیزوسرامیک‌ها استفاده شده است در این حسگر ارتعاش پیزو در مجاورت میدان به فیبر نوری منتقل می‌شود و موجب تغییرات در فاز و اندازه‌ی نور مرجع می‌شود و این تغییرات معیاری برای اندازه‌گیری ولتاژ و جریان است. که در بخش اندازه‌گیری جریان و ولتاژ به روش نوری توضیحات بیشتری ارائه می‌شود.

## ۲-۱۳-۵- اندازه‌گیری ولتاژ و جریان SAW

همان‌گونه که در سایر حسگرهایی که از فناوری SAW استفاده می‌کنند، اندازه‌گیری پارامتر مربوطه به تغییرات در تاخیر موج سطحی در ماده‌ی پیزوالکتریک بین دو الکتروود است. در این حسگر تغییرات میدان حاصل از عبور جریان در سیم، منجر به ایجاد تاخیر در موج سطحی می‌شود که با اندازه‌گیری آن می‌توان ولتاژ و جریان خط را محاسبه نمود.

## ۲-۱۳-۶- دستگاه اندازه‌گیری جریان به روش نوری

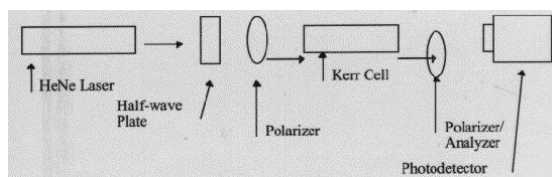
ترانسفورماتور نوری جریان می‌تواند جریان خطوط را بر اساس اثر فارادی اندازه‌گیری نماید. اگر نور پلاریزه‌ای در حضور میدان مغناطیسی وارد حسگر شود، در حین عبور دچار تغییراتی خواهد شد. این تغییرات به صورت چرخش در پلاریزاسیون نمایان می‌شود.

در ترانس نوری جریان ابتدا نور از یک منبع نوری خارج شده، توسط فیبر نوری وارد پلاریزور می‌شود. سپس از حسگر نوری عبور می‌کند و مطابق اثر فارادی، چرخشی در پلاریزاسیون آن صورت می‌گیرد. پرتو خروجی مجدداً توسط فیبر نوری وارد آشکارساز می‌شود. در اثر چرخش پلاریزاسیون، دامنه‌ی سیگنال خروجی متناسب با دامنه‌ی سیگنال ورودی تغییر می‌کند. از روی این تغییرات می‌توان مقدار جریان الکتریکی که موجب پیدایش میدان مغناطیسی شده است را اندازه‌گیری کرد [۱۸۲].

## ۲-۱۳-۷- دستگاه اندازه‌گیری ولتاژ به روش نوری

ترانسفورماتور نوری اندازه‌گیری ولتاژ، ترانسی است که می‌تواند با استفاده از اثر الکترواپتیک، ولتاژ را اندازه‌گیری نماید. در سیستم نوری این ترانس‌ها، تغییرات پلاریزاسیون توسط سلول کر انجام می‌شود. ابتدا نور پلاریزه‌ی لیزر از یک صفحه‌ی نیم‌موج عبور می‌کند تا پلاریزاسیون نور در راستای محور پلاریزور قرار گیرد. سپس نور از یک پلاریزور عبور کرده و وارد سلول کر می‌شود. سلول کر را در یک محفظه‌ی عایق نگهداری می‌کنند. این محفظه معمولاً از جنس شیشه است. میدان الکتریکی لازم نیز توسط دو الکتروود به سلول کر اعمال می‌شود [۱۸۳].





شکل ۲-۶۸- سیستم نوری ترانس نوری اندازه‌گیری ولتاژ

نور خارج شده از سلول کر به آشکارساز نوری برخورد می‌کند. این مجموعه باید بگونه‌ای تنظیم شوند که در صورت خاموش بودن میدان الکتریکی، هیچ نوری را از خود عبور ندهند. هنگامی که میدان اعمال می‌شود، پلاریزه‌ی نور می‌چرخد و آشکارساز، نور عبوری را دریافت می‌کند. بدین ترتیب با اندازه‌گیری شدت نور ورودی و خروجی می‌توان میدان اعمالی و نهایتاً اختلاف پتانسیل میان الکترودها را اندازه‌گیری کرد. بخش نوری این ترانس در شکل (۲-۶۸) نشان داده شده است.

## ۲-۱۴- کالریمتر

کالریمتر یک ابزار متداول برای تجزیه و تحلیل شیمیایی است که به طور معمول در آزمایشگاه‌ها برای واکاوی ترکیب‌های پایدار و ناپایدار در حالت گازی به کار می‌رود [۱۰۷]. یکی از کاربردهای این روش در اندازه‌گیری و محاسبه درصد اجزاء تشکیل دهنده گاز طبیعی و بدست آوردن ارزش حرارتی گاز است.

## ۲-۱۴-۱- کروماتوگرافی گاز

شناسایی مواد نقش مهمی در شناخت محیط و امنیت عمومی ایفاء می‌کند [۱۰۸]. کروماتوگرافی امکان می‌دهد تا اجزای سازنده‌ی مخلوط‌های کمپلکس جدا و شناسایی شوند. کروماتوگرافی متکی بر حرکت نسبی دو فاز است. در کروماتوگرافی یکی از فازها بدون حرکت (فاز ساکن) و فاز دیگر متحرک است. اجزای یک مخلوط به وسیله‌ی جریانی از یک فاز متحرک از داخل فاز ساکن عبور داده می‌شود که جداسازی‌ها بر اساس اختلاف در سرعت مهاجرت اجزای گوناگون نمونه‌ها استوارند [۱۰۹] و [۱۱۰].

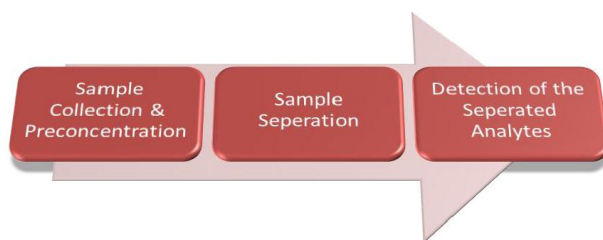
در این روش فاز متحرک نقشی در جداسازی ندارد و تنها نقش آن حمل مواد به جلو و خارج کردن آن‌ها از ستون است. در عبور فاز متحرک از ستون جداسازی، بخش‌هایی از فاز متحرک توسط فاز ساکن جذب می‌شود. بر اساس فرایند adsorption-desorption در سطوح مشترک گاز و جامد در ستون جداسازی، اجزاء گوناگون سرعت‌های متفاوتی را در عبور از ستون پیدا می‌کنند و بدین ترتیب در طول عبور از ستون از هم جدا شده و توسط آشکارساز شناسایی می‌شوند. از شرکت‌های سازنده‌ی این محصول می‌توان شرکت Yamatake را نام برد.

## ۲-۱۴-۲- کالریمتر به روش MEMS

سیستم‌های  $\mu$ GC مانند سیستم‌های GC از اجزای اصلی تشکیل شده‌اند که سیستم را قادر به دریافت، تزریق و جداسازی و تشخیص ترکیب گاز می‌کند.

همان‌گونه که گفته شد، سیستم‌های  $\mu$ GC از چندین سیستم ریزماشین‌کاری شده از جمله پیش‌چگالنده (PC)، ستون جداسازی، حسگر گاز، دریچه‌های میکرومتری و پمپ‌ها تشکیل شده است. طراحی و بهینه‌سازی هر یک از این ماژول‌ها به روند فعلی پیشرفت  $\mu$ GC ها بستگی دارد.

میکروکروماتوگرافی گازی در سال ۱۹۷۹ توسط استفان تری و همکارانش در آزمایشگاه ساخته شد [۱۱۵] و [۱۱۶]. همان‌گونه که در شکل (۲-۶۹) نشان داده شده است، میکروکروماتوگرافی گازی از سه بخش اساسی تشکیل شده که قادر به نگهداری، تزریق، جداسازی و شناسایی ترکیبات گازی است [۱۱۱]، [۱۱۲]، [۱۱۳] و [۱۱۴].



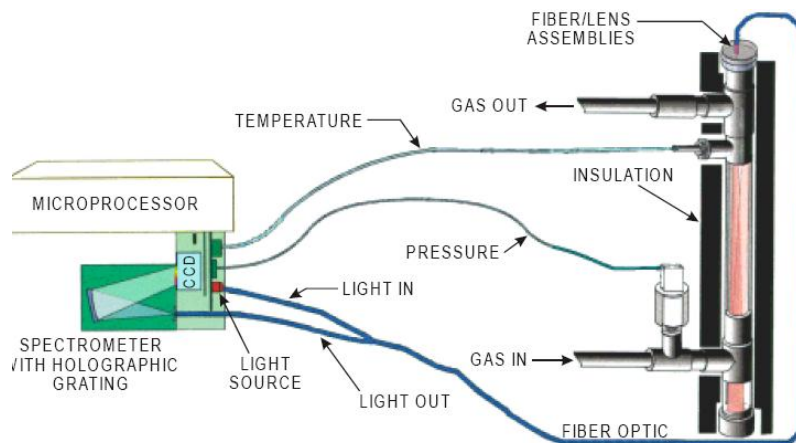
شکل ۲-۶۹- شماتیک اجزاء اصلی میکروکروماتوگرافی گازی

## ۲-۱۴-۳- کالریمتر به روش شیمیایی

ارزش گرمایی یک سوخت، مقدار حرارت آزاد شده توسط احتراق واحد جرم آن سوخت تحت شرایط خاص دما و فشار است. در روش شیمیایی برای تعیین آن می‌توان مقدار معینی از سوخت نمونه را در کالریمتری که تمام گرمای آزاد شده قابل اندازه‌گیری است را سوزاند تا مقدار واقعی ارزش گرمایی اعلام شود. در روش دیگر شیمیایی گاهی ارزش گرمایی سوخت مصرفی مشخص نیست. در این صورت چنانچه واکاوی حجمی، در مورد گازها، یا واکاوی جرمی، در مورد سوخت‌های جامد یا مایع، معین باشد می‌توان ارزش گرمایی را تخمین زد. در سوخت‌های گازی با ضرب کردن درصد هر یک از اجزاء قابل احتراق سوخت در ارزش گرمایی آن جزء، ارزش گرمایی سوخت معلوم می‌گردد [۱۱۷].

## ۲-۱۴-۴- کالریمتر به روش نوری

شکل (۲-۷۰) اجزای عملیاتی سیستم کالریمتر نوری را نشان می‌دهد. در این سیستم فرستنده، نوری را توسط فیبر نوری به داخل محفظه‌ی گاز می‌تاباند و نور بازگشتی توسط آشکارساز نوری دریافت می‌شود. طیف نور بازگشت با استفاده از یک طیف‌نگار هولوگرافیک ثبت می‌شود. واحد پردازش سیگنال، با تجزیه‌ی طیف جذبی به محاسبه‌ی غلظت اجزای تشکیل‌دهنده گاز می‌پردازد. سپس از روی نتایج بدست آمده ارزش حرارتی هر کدام از اجزا را محاسبه می‌کند. مقادیر محاسبه شده متناسب با دما و فشار داخل محفظه است که با اندازه‌گیری آن مقادیر محاسبه شده برای ارزش حرارتی گازها تصحیح می‌شود [۱۹۰] و [۱۹۱].



شکل ۲-۷۰- اجزاء اصلی کالریمتر نوری گاز

## ۲-۱۵- اندازه‌گیری غلظت گازها در روغن ترانس

تجهیزاتی که از روغن به عنوان عایق استفاده می‌کنند نظیر ترانس‌های قدرت، راکتورها، CTها و PTها، کاربردهای فراوانی در شبکه برق دارند. با آشکارسازی خطاهای در حال تکوین و یا در حال رشد توسط سیستم‌های مانیتورینگ برای این گروه از تجهیزات (خصوصاً ترانسفورماتورها و راکتورها) می‌توان تا حد زیادی خطر خروج از خط یا سایر وقایع مرتبط با این تجهیزات را کاهش و قابلیت اطمینان شبکه را افزایش داد. همچنین محیط کاری امن‌تری را در ایستگاه‌ها ایجاد کرد. چندین پارامتر برای مانیتورینگ خطاهای در حال تکوین در این تجهیزات وجود دارد. میزان گازهای محلول در روغن ترانسفورماتور، رطوبت موجود در روغن، تخلیه‌های جزئی و درجه حرارت روغن از جمله این پارامترها است.

گازهای محلول در روغن مهم‌ترین و قابل اطمینان‌ترین پارامتر برای آشکارسازی خطاهای در حال تشکیل هستند. این گازها به روش‌های گوناگونی قابل اندازه‌گیری هستند. در این قسمت به معرفی آن‌ها خواهیم پرداخت.

### ۲-۱۵-۱- روش مادون قرمز

در این روش از نور مادون قرمز برای آشکارسازی گاز موجود در روغن ترانس استفاده می‌شود. هنگامی که یک گاز در معرض نور مادون قرمز قرار گیرد، مقداری از انرژی نورانی را جذب می‌کند. گازهای گوناگون، طول‌موج نوری مختلفی را جذب می‌کنند. با اندازه‌گیری طول‌موج نور جذب شده می‌توان به نوع گاز و میزان آن پی برد [۱۷۹].

### ۲-۱۵-۲- روش فتوآکوستیک<sup>۱</sup>

در این روش نیز مانند روش مادون قرمز، گاز نمونه در معرض نور مادون قرمز قرار می‌گیرد. هر گاه ماده‌ای به علت جذب نور، صوت تولید کند، پدیده‌ی فتوآکوستیک اتفاق افتاده است.

همان گونه که در قسمت قبل نیز گفته شد هنگامی که به یک گاز، نوری با طول‌موج خاص تابانده شود، مقداری از انرژی نورانی توسط گاز جذب می‌شود. مقدار انرژی جذب شده متناسب با غلظت گاز خواهد بود. این انرژی به سرعت تبدیل به حرارت می‌شود و باعث بالا رفتن فشار خواهد شد. در نهایت این تغییر فشار، امواج صوتی تولید خواهد کرد که این امواج قابل اندازه‌گیری توسط آشکارسازهای صوتی هستند [۱۸۰].

### ۲-۱۵-۳- روش فتویونیزاسیون

در این حسگرها همزمان با این که مولکول‌های گاز تحت تابش اشعه‌ی ماوراء بنفش قرار دارند، از فضای بین دو الکترود عبور می‌کنند. در این شرایط مولکول‌های گاز یونیزه می‌شود و الکترون‌های آزاد در اطراف الکترودها جمع می‌شوند. در نتیجه جریانی که دامنه‌ی آن متناسب با غلظت گاز است ایجاد می‌شود [۱۷۹].

### ۲-۱۵-۴- حسگرهای نیمه‌هادی

حسگرهای گاز نیمه‌هادی عمدتاً برای آشکارسازی گازهای احیاکننده، مونواکسید کربن، هیدروژن، بخارهای الکلی، انواع هیدروکربن‌ها و بسیاری گازهای دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌طور کلی این گونه حسگرها به صورت ادوات مقاومتی لایه‌ی نازک و لایه‌ی ضخیم ساخته می‌شوند. این حسگرها بر اساس اثر واکنش گاز با یک لایه‌ی حساس به گاز عمل می‌کنند.

<sup>۱</sup> photoacoustic

مکانیزم آشکارسازی گاز در حسگرهای نیمه‌هادی مبتنی بر تغییر مقاومت لایه‌ی حساس در اثر واکنش مولکول‌های گاز موجود در محیط با نیمه‌هادی است [۱۸۱].

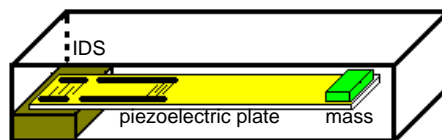
## ۲-۱۶- ارتعاش

لرزش یا ارتعاشات مکانیکی، گونه‌ای از حرکت‌های سیستم‌های دینامیکی هستند که به شکل نوسانی صورت می‌پذیرند و این عمل در یک بازه‌ی زمانی تکرار می‌شود. از آنجایی که رسیدن به حالت ایده‌آل امکان‌پذیر نیست، همیشه تا حدی لرزش و ارتعاش در ماشین‌آلات وجود دارد که مجاز شمرده می‌شود. اما با گذشت زمان و بر اثر بروز اشکالات بعدی، ممکن است میزان ارتعاشات نسبت به حد مجاز افزایش یابد که با واکاوی ارتعاشات و انجام اقدامات اصلاحی مناسب، می‌توان وضعیت را به حالت قبل برگرداند.

ارتعاشات هر تجهیز دوار (چه از نظر دامنه و چه از نظر سایر مشخصات ارتعاش) ارتباط مستقیمی با وضعیت آن دارد و هرگونه تغییر در وضعیت تجهیز (هر چند جزئی) با تغییر در وضعیت ارتعاشات آن تجهیز همراه خواهد بود. بنابراین، اندازه‌گیری و واکاوی ارتعاشات یکی از تکنیک‌های اصلی برای پایش وضعیت تجهیزات و ماشین‌آلات دوار به شمار می‌رود.

### ۲-۱۶-۱- ارتعاش سنج SAW

مطابق شکل (۲-۷۱)، حسگر شامل صفحه‌ای از جنس پیزوالکتریک است. یک طرف این صفحه به محفظه‌ی حسگر و سمت دیگر به یک جرم لرزان متصل شده است. هنگام ارتعاش، جرم می‌لرزد و این امر سبب لرزش صفحه پیزوالکتریک می‌شود. در نتیجه یک تاخیر زمانی در انتقال سیگنال الکتریکی بین الکترودها ایجاد می‌شود که متناسب با میزان لرزش خواهد بود [۱۱۸].



شکل ۲-۷۱- ساختار حسگر ارتعاش SAW

### ۲-۱۶-۲- ارتعاش سنج پیزوالکتریک

عملکرد ارتعاش سنج پیزوالکتریک مشابه شتاب‌سنج پیزوالکتریک می‌باشد که در بخش ۲-۸-۱ به آن پرداخته شده است.

## ۲-۱۶-۳- ارتعاش سنج پیزومقاومتی

عملکرد ارتعاش سنج پیزومقاومتی مشابه شتاب‌سنج پیزومقاومتی می‌باشد که در بخش ۲-۸-۲ به آن پرداخته شده است.

## ۲-۱۶-۴- ارتعاش سنج خازنی

در حسگرهای حسی خازنی، صفحات خازنی میکروماشین شده استفاده می‌شود. هنگامی که ارتعاش، فاصله‌ی صفحات را تغییر دهد، ظرفیت خازن متناسب با ارتعاش تغییر می‌کند.

## ۲-۱۶-۵- ارتعاش سنج نوری

## ۲-۱۶-۵-۱- ارتعاش سنج لیزر داپلر

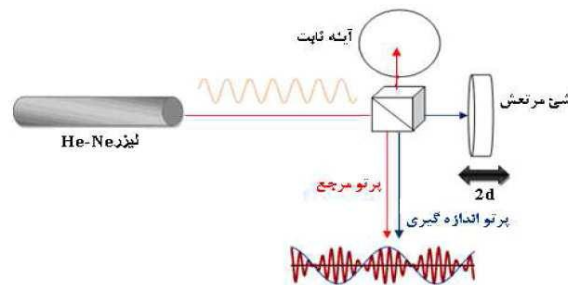
ارتعاش سنج لیزر داپلر وسیله‌ای است که از تکنیک اندازه‌گیری جابجایی و سرعت بر اساس اثر داپلر استفاده می‌کند. این پدیده در هر شکلی از انتشار موج که حرکت نسبی و دریافت کننده سبب جابجایی فرکانسی وابسته به سرعت نسبی شود، ظاهر خواهد شد. همچنین با اندازه‌گیری این تغییر فرکانس می‌توان سرعت شی متحرک را به آسانی بدست آورد. نکته قابل توجه در ارتعاش سنج لیزر داپلر این است که در این دستگاه حرکت نسبی بین منبع و دریافت کننده (ناظر) وجود ندارد و شی متحرک بین دریافت کننده و منبع، سبب انعکاس نور می‌شود. از آنجایی که این ارتعاش سنج بر اساس تکنیک اندازه‌گیری بدون تماس استوار است، برای اندازه‌گیری در شرایطی که اجسام دمای بالا دارند یا بسیار کوچک هستند استفاده می‌شود.

پایه و اساس دستگاه ارتعاش سنج بر روش تداخل‌سنجی استوار است. از آنجایی که سرعت‌های موجود در مقایسه با سرعت نور خیلی کوچک هستند، امکان به کار بردن سرعت اندازه‌گیری شده به طور مستقیم بر اساس اثر داپلر وجود ندارد و نیز این سرعت‌های کوچک، جابجایی داپلر کوچکی را در مقایسه با فرکانس نور لیزر ایجاد می‌کنند که به طور الکترونیکی قابل اندازه‌گیری نمی‌باشد. بنابراین برای ترکیب نور پراکنده شده با پرتو مرجع، که هر دو از یک منبع هم‌دوس انتشار می‌یابند، از یک تداخل‌سنج اپتیکی مانند تداخل‌سنج مایکلسون استفاده می‌شود.

تداخل‌سنج مایکلسون، نور انتشار یافته از منبع لیزر توسط جداساز پرتو را به دو پرتو مرجع و اندازه‌گیری با دامنه یکسان تقسیم می‌کند. پرتو مرجع به طرف شی ثابت و پرتو اندازه‌گیری به سمت شی متحرک هدایت می‌شود. پرتوهای بازتابی پس از عبور مجدد از میان جداساز به سمت آشکارساز هدایت شده و در آنجا با یکدیگر تداخل می‌کنند. سیگنال حاصل از این تداخل را بر روی اسیلوسکوپ می‌توان مشاهده کرد. همان گونه که گفته شد زمانی که منبع و دریافت‌کننده‌ی موج نوری حرکت

می‌کنند، جابجایی داپلر به وجود می‌آید و یکی از اثرات این جابجایی تغییر در فرکانس ظاهری موجی که توسط دریافت‌کننده دیده می‌شود، خواهد بود.

در ارتعاش سنج لیزر داپلر از ترکیب دو حالت داپلر که در حالت اول منبع ثابت و ناظر متحرک و حالت دوم منبع متحرک و ناظر ثابت است، استفاده می‌شود. در واقع در این حالت قسمت متحرک یک شی واسط است و نور انتشار یافته از یک منبع ثابت را دریافت نموده، سپس آن را با تغییر فرکانس به یک ناظر ثابت منتقل می‌کند. طرح آزمایشگاهی ارتعاش‌سنج لیزر در شکل (۲-۷۲) نشان داده شده است [۱۶۷].



شکل ۲-۷۲- ارتعاش‌سنج داپلر

## ۲-۱۶-۵-۲- ارتعاش‌سنج فیبر نوری

امواج نور هنگام عبور از فیبر نوری مقداری از انرژی خود را از دست می‌دهند. تلفات در فیبر یک پارامتر مهم تلقی می‌شود که می‌تواند از فرایند تولید، جذب مواد تشکیل دهنده فیبر و تنش ناشی شود.

خمش یکی از پارامترهایی است که می‌تواند اتلاف انرژی در فیبر نوری ایجاد کند. عبور نور از یک خمش تند با شعاع بسیار کوچک موجب تلفات تشعشع می‌شود. خمیدگی‌هایی که در فیبر بوجود می‌آید به دو دسته تقسیم می‌شود:

۱- ریز خمش‌ها<sup>۱</sup>

۲- درشت خمش‌ها<sup>۲</sup>

### ریز خمش‌ها

در اثر ریز خمش‌های موجود در فیبر نوری در مراحل تولید و در زمان پوشش و یا کابل نمودن فیبرهای نوری تلفات تشعشع بوجود می‌آید. فیبر واقعی بصورت کاملاً صاف نیست و دارای انحناء است. این گونه تلفات جزء تلفات ذاتی فیبر بشمار

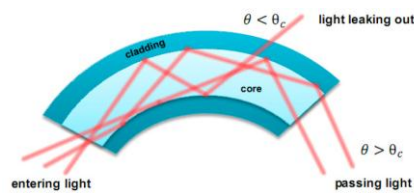
<sup>۱</sup> Micro bending

<sup>۲</sup> Macro bending

می‌آید. ریز خمش‌ها معمولاً در اثر خمش مکرر فیبر در موقع قرار گرفتن در کابل و یا در اثر غیر یکنواختی روکش اولیه که موجب خمیدگی فیبر در داخل آن می‌شود، بوجود می‌آیند.

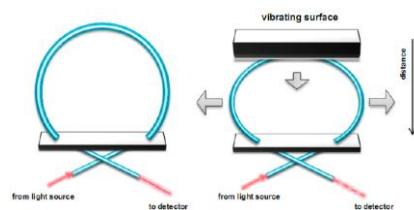
### درشت خمش‌ها

درشت خمش‌ها خمش‌هایی هستند که شعاع آنها در مقایسه با قطر فیبر، بزرگ هستند، مانند خمش‌هایی که در کابل‌ها و در موقع عبور آنها از مسیرهای گوناگون بوجود می‌آید. در واقع خمش‌هایی است که در موقع بکار گرفتن فیبر نوری در سیستم، خودمان خم می‌کنیم. تلفات تشعشعی در اثر وجود درشت خمش‌ها بسیار ناچیز است. ولی چنانکه شعاع کوچک شود، مقدار تلفات به صورت نمائی افزایش پیدا می‌کند تا این که شعاع خمش به حد بحرانی برسد. اگر شعاع خمش کوچکتر از شعاع بحرانی شود، تلفات بطور ناگهانی و به مقدار زیاد افزایش پیدا می‌کند. شکل (۲-۷۳) تلفات ناشی از یک خمش در فیبر نوری را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۷۳- تلفات ناشی از خمش فیبر نوری

در ارتعاش سنج فیبر نوری از همین اثر در فیبر نوری استفاده می‌شود. شکل (۲-۷۴) شکل ساده‌ای از ارتعاش‌سنج فیبر نوری را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۷۴- اساس کار ارتعاش‌سنج فیبر نوری

همان گونه که در شکل فوق نشان داده شده است، جسم مرتعش با فیبر نوری در تماس است. در اثر ارتعاشات ایجاد شده شعاع انحنا فیبر نوری تغییر می‌کند. در نتیجه شدت سیگنال نوری خروجی نیز تغییر خواهد کرد. از روی واکاوی سیگنال خروجی می‌توان به دامنه نوسانات و ارتعاش جسم مورد نظر پی برد [۱۶۸].



## ۲-۱۷- اندازه‌گیری فاصله، موقعیت و جابجایی

برای اندازه‌گیری جابجایی در فونداسیون سازه‌های بزرگ مهندسی مثل سدها تعیین حرکات نسبی لایه‌های گوناگون خاک یا سنگ، روش‌های اندازه‌گیری ویژه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرند، همچنین تجهیزات بسیار سنگین که در حال چرخش هستند امکان ایجاد فاصله بین محور و سایر اجزای دوار را فراهم می‌کنند که چنانچه مورد کنترل قرار نگیرد، به ایجاد صدمات جبران ناپذیر می‌انجامد. روش‌های گوناگونی جهت اندازه‌گیری فاصله وجود دارد که این روش‌ها نسبت به هم دارای مزایا و معایبی می‌باشند.

### ۲-۱۷-۱- اندازه‌گیری فاصله به روش آلتراسونیک

حسگرهای آلتراسونیک امواج صوتی با فرکانس بالا را تولید کرده و اکو آن را بررسی می‌کند. با اندازه‌گیری فاصله زمانی بین ارسال و دریافت سیگنال اکو فاصله از شی تعیین می‌شود [۱۱۹] و [۱۲۰].

دو روش برای اندازه‌گیری فاصله وجود دارد. در روش اول یا reflection mode حسگر، امواج را در جهتی خاص منتشر می‌کند. امواج بازگشتی به گیرنده برمی‌گردد. با محاسبه‌ی زمان رفت و بازگشت، مسافت طی شده بدست می‌آید.

در روش دوم یا direction measurement mode فرستنده و گیرنده جدا از هم بوده و گیرنده در مکان هدف قرار می‌گیرد. در این روش می‌توان به صورت لحظه‌ای از مکان هدف مطلع شد.

برخی از شرکت‌های سازنده‌ی آن عبارتند از:

- SENSCOMP
- BANNER
- TURCK
- Datalogic Automation

### ۲-۱۷-۲- اندازه‌گیری فاصله به روش خازنی

اساس کار این حسگرها بر مبنای تغییر ظرفیت خازنی است. هنگامی که ولتاژ به هادی اعمال شود، میدان الکتریکی تولید شده و بارهای الکتریکی مثبت و منفی در صفحات مستقر می‌شوند. در حسگرهای خازنی بدلیل استفاده از ولتاژ متناوب، بارهای الکتریکی متناوباً موضع خود را تغییر می‌دهند. میزان جریان و ظرفیت خازن، فاصله‌ی میان هدف و حسگر را مشخص می‌کند.

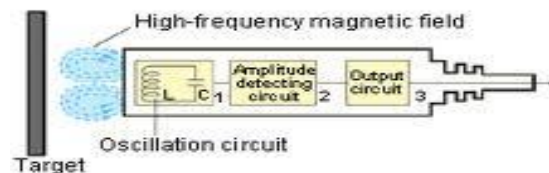
در این روش حسگر و سطح هدف، نقش دو الکتروود خازن را ایفا می‌کنند. با ثابت بودن دی‌الکتریک، هر تغییری در ظرفیت خازن ناشی از تغییر فاصله‌ی بین هدف و حسگر می‌باشد [۱۲۲]. برخی از شرکت‌های سازنده‌ی آن عبارتند از:

- Micro-Epsilon
- TRANS-TEK
- MTI Instruments

### ۲-۱۷-۳- اندازه‌گیری فاصله به روش جریان گردابی

عملکرد این حسگرها بر پایه‌ی برهم‌کنش میدان‌های مغناطیسی استوار است. درایور موجود در حسگر با ایجاد جریانی متناوب در سیم‌پیچ باعث ایجاد میدان مغناطیسی و القای جریان‌های کوچک گردابی در مواد هدف می‌شود. جریان گردابی نیز با ایجاد میدان مغناطیسی مخالف در برابر میدان مغناطیسی سیم‌پیچ مقاومت می‌کند. برهم‌کنش این میدان‌ها متناسب با فاصله‌ی میان آنهاست [۱۲۳] و [۱۲۴]. برخی از شرکت‌های سازنده‌ی آن عبارتند از:

- MICRO-EPSILON
- Lion precision



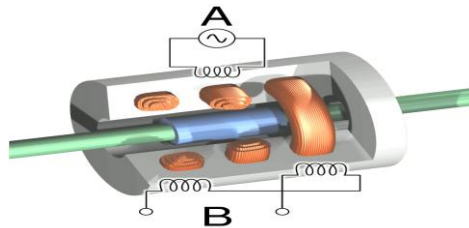
شکل ۲-۷۵- حسگر جریان گردابی

### ۲-۱۷-۴- اندازه‌گیری فاصله به روش SAW

با توجه به توضیحات ارائه شده در رابطه با عملکرد حسگرهای SAW از توضیحات تکراری خودداری شده است.

### ۲-۱۷-۵- اندازه‌گیری فاصله به روش LVDT

حسگر LVDT اولین بار در سال ۱۹۳۶ توسط George B. Hoadly طراحی شد [۱۲۶]. این حسگر شامل ۳ سیم‌پیچ (یک سیم‌پیچ اولیه و دو سیم‌پیچ ثانویه) است که مطابق شکل (۲-۷۶) در اطراف لوله‌ای قرار گرفته است. سیم‌پیچ وسطی، سیم‌پیچ اولیه و دو سیم‌پیچ بالا و پایین لوله، سیم‌پیچ‌های ثانویه می‌باشند. خروجی این حسگر دارای فاز و ولتاژ مشخصی است که فاز، جهت جابه‌جایی و ولتاژ، میزان جابه‌جایی را معین می‌کند.



شکل ۲-۷۶- حسگر LVDT

هنگامی که هسته در مرکز قرار داشته باشد، فاصله‌ی بین دو سیم‌پیچ ثانویه برابر خواهد بود. بنابراین ولتاژ یکسانی در آن‌ها القا خواهد شد و چون این دو سیم‌پیچ مخالف یکدیگرند، خروجی صفر است.

در حرکت هسته به سمت بالا ولتاژ سیم‌پیچ ثانویه بالایی افزایش و سیم‌پیچ پایینی کاهش می‌یابد. در نتیجه ولتاژ خروجی با فاز مثبت افزایش می‌یابد و در حرکت به سمت پایین ولتاژ افزایش و فاز کاهش خواهد یافت [۱۲۵]. برخی از شرکت‌های سازنده‌ی این حسگر عبارتند از:

- TECHNOLOGIES
- MICRO-EPSILON
- NOVOTECHNIK

## ۲-۱۷-۶- فاصله‌سنجی به روش نوری

### ۴-۱۷-۶-۱- تداخل‌سنجی

یکی از روش‌های اندازه‌گیری فاصله و یا جابجایی‌های کوچک استفاده از تداخل‌سنجی است. در روش‌های تداخل‌سنجی، فاصله بر حسب طول‌موج به کار گرفته شده، محاسبه می‌شود.

در روش تداخل‌سنجی، از شمارش تعداد نوارهای تداخلی استفاده می‌شود. می‌توان از تداخل‌سنج‌های مایکلسون، ماخ‌زندر و فابری پرو استفاده کرد. مهمترین مزیت این روش خود تنظیمی ذاتی آن است [۱۹۲].

### ۲-۱۷-۶-۲- روش جابجایی فاز

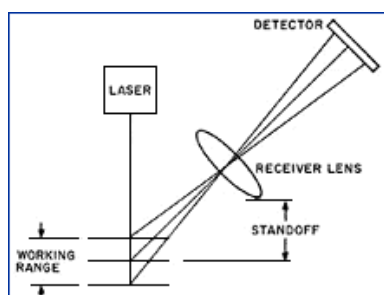
در این روش بر اساس جابجایی فاز ایجاد شده میان سیگنال ارسالی و دریافتی از هدف، فاصله‌گیری می‌شود. در واقع در این روش از تبدیل تاخیر زمانی ایجاد شده در رفت و برگشت پالس لیزر به جابجایی فاز استفاده می‌شود [۱۹۲].

### ۲-۱۷-۶-۳- روش FMCW

در این روش، جابجایی فرکانسی ایجاد شده بر روی سیگنال دریافتی از هدف، مرجع تصمیم‌گیری در رابطه با فاصله تا هدف است. با توجه به روابطی که وجود دارد و همچنین مدت زمان رفت و برگشت پرتوی لیزر، می‌توان مسافت تا هدف را تعیین کرد [۱۹۲].

### ۲-۱۷-۶-۴- روش مثلث‌سازی

در این روش با استفاده از قوانین هندسه و زاویه‌ی پرتوی لیزر ارسالی و دریافتی میزان فاصله تا هدف اندازه‌گیری می‌شود. اساس کار روش مثلث‌سازی که در شکل (۲-۷۷) نشان داده شده، بدین صورت است که لیزر فرستنده، ابتدا پرتویی را به سوی هدف پرتاب می‌کند، سپس فاصله نسبت به یک نقطه مرجع، به وسیله‌ی تشخیص مختصات مکانی از گیرنده که نور بازتابیده از هدف به آن برخورد کرده، محاسبه می‌شود، به صورتی که چنانچه فاصله شی تا نقطه مرجع دورتر یا نزدیک‌تر شود، موقعیت نقطه‌ی برخورد اشعه بازتابش با گیرنده تغییر می‌کند [۱۹۲].

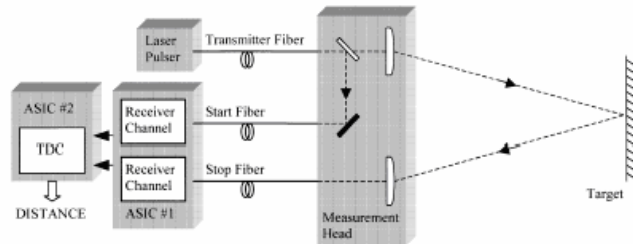


شکل ۲-۷۷- چگونگی روش مثلث‌سازی

### ۲-۱۷-۶-۵- روش زمان پرواز

در این روش مدت زمان رسیدن سیگنال لیزر به هدف مبنای محاسبه‌ی فاصله است. با محاسبه زمان رفت و برگشت پرتوی لیزر، مسافت قابل اندازه‌گیری خواهد بود. اصول کلی روش زمان پرواز ثابت است، اما روش‌های متفاوتی برای پیاده‌سازی این اصول وجود دارد که استفاده از هر یک از این روش‌ها تاثیر مستقیمی در دقت دستگاه، محدوده‌ی کار، قیمت و ... دارد.

فرستنده‌ی پالس لیزر، دو کانال گیرنده برای پالس‌های Start و Stop، اجزا اپتیکی لازم مانند لنز و آینه نیم‌شفاف و بخش پردازنده قسمت‌های اصلی تشکیل‌دهنده این روش هستند. شمای کلی روش زمان پرواز و ارتباط قسمت‌های گوناگون آن در شکل (۲-۷۸) آمده است.

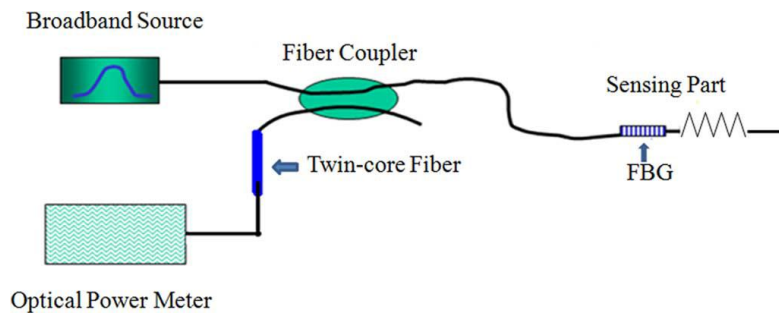


شکل ۲-۷۸- بلوک دیاگرام روش زمان پرواز

قسمت گیرنده شامل آشکارساز نوری، پیش تقویت کننده، تقویت کننده و تفکیک کننده‌ی زمانی (تامین کننده‌ی پالس زمانی لاجیک برای قسمت اندازه‌گیر زمان) است. روش زمان پرواز به هر طریقی پیاده‌سازی شود، فرستنده لیزر، کانال‌های گیرنده لیزر و اجزا اپتیکی لازم، مشابه هم خواهند بود. اما برای اندازه‌گیری زمان رفت و برگشت لیزر، روش‌های متفاوت وجود دارد [۱۹۲].

### ۲-۱۷-۶-۶- فاصله‌سنجی FBG

شکل (۲-۷۹) چیدمان آزمایشگاهی این روش را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود FBG ها نسبت به تنش‌های خارجی بسیار حساس هستند، اما یکی از معایب آنها که کاربردشان را محدود کرده، این است که مواد سازنده‌ی FBG ها در مقابل کشش‌های بسیار بلند پایدار نیستند و این کاربرد آنها را در راستای اندازه‌گیری فاصله‌هایی با برد بلند محدود می‌کند. اما FBG ها فاصله‌ی کشیده شده را به استرس خطی تبدیل می‌کنند. حال با استفاده از ترکیب متوالی FBG ها و فنر می‌توان این عیب را برطرف کرد.



شکل ۲-۷۹- نمایش چیدمان اندازه‌گیری فاصله با حسگر FBG.

ایده‌ی اصلی برای طراحی حسگر فاصله FBG، استفاده از خاصیت طول موج براگ FBG است که به طور خطی در برابر تنش‌های طولی وارد شده به آن تغییر می‌کند. طبق روابط حاکم بر FBG می‌توان تغییرات فاصله را بر حسب تغییر طول موج

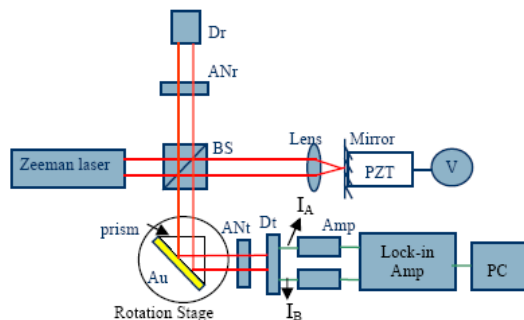
براک FBG بدست آورد و مطابق با رابطه‌ی خطی بین این دو کمیت، جابجایی سیستم قابل اندازه‌گیری است و می‌توان از آن به عنوان حسگر فاصله‌یاب استفاده کرد [۱۹۳].

### ۲-۱۷-۶-۷- فاصله‌سنجی به روش پلاسمون

در سال ۲۰۰۴ روشی برای اندازه‌گیری فواصل بسیار کوچک پیشنهاد شد. در این روش با استفاده از یک نور با قطبش  $P$  و رزونانس پلاسمون‌های سطحی، انحراف بین دو پرتو مرجع و پرتو بازگشتی از مسیر مورد آزمایش اندازه‌گیری می‌شود. این اندازه‌گیری با توجه به رابطه‌ی حاکم بین اختلاف فاز بین دو پرتو و میزان جابجایی آن‌ها انجام می‌شود.

شکل (۲-۸۰) چیدمان آزمایشگاهی اندازه‌گیری فاصله را نشان می‌دهد. در این چیدمان نور لیزر روی سطح یک شکافنده‌ی پرتو فرود می‌آید و به دو دسته پرتو تقسیم می‌شود. یکی از پرتوها از سطح شکافنده بازتاب و دیگری عبور می‌کند. پرتو بازتاب از سطح شکافنده‌ی پرتو به یک آنالایزر که دارای محور عبوری با زاویه ۴۵ درجه نسبت به محور  $x$  است وارد شده و توسط فوتودتکتور آشکار می‌شود.

نور عبوری از شکافنده‌ی پرتو، در واقع بخش دوم پرتو لیزر، وارد لنز شی‌ای شده و پس از بازتابش از سطح آینه‌ای قرار گرفته در فاصله کانونی لنز، دوباره به شکافنده‌ی پرتو وارد می‌شود. این پرتو پس از بازتاب از سطح شکافنده‌ی پرتو وارد منشور شده و اثر SPR اتفاق می‌افتد. بنابراین نور دوباره پس از عبور از یک آنالایزر، بوسیله‌ی فوتودتکتور آشکار می‌شود.



شکل ۲-۸۰- نمایش چیدمان حسگر.

در این حالت دو سیگنال  $I_A$  و  $I_B$  توسط دتکتور آشکارسازی می‌شود. هنگامی که انحراف زاویه‌ای در دو پرتو رسیده به فوتودتکتور وجود نداشته باشد، اختلاف فاز بین دو پرتو صفر می‌شود. اگر آینه نسبت به صفحه‌ی کانونی انحراف پیدا کند، در این صورت نور بازتاب از سطح آینه پس از عبور از لنز دارای یک زاویه‌ی انحراف خواهد بود. اختلاف فاز بین دو پرتو متناسب

با انحراف آینه از سطح کانونی  $Dz$  بوده و در این صورت میزان جابجایی بسیار کوچک با اختلاف فاز ظاهر شده قابل اندازه‌گیری است [۱۹۴].

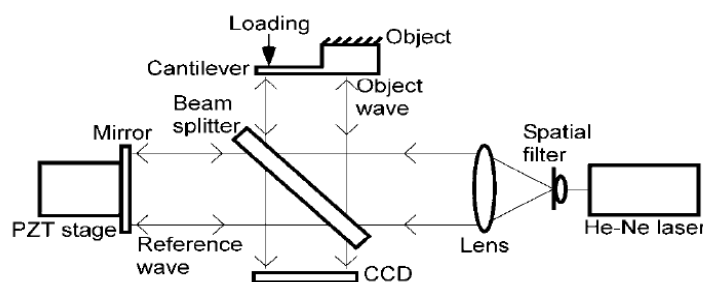
### ۲-۱۷-۶-۸- فاصله‌سنجی به روش هولوگرافیک

یک تصویر هولوگرام از الگوی تداخلی دو موج مرجع و بازتاب از شی تشکیل می‌شود. موج مرجع و بازتاب شده از سطح شی در نزدیکی یک صفحه‌ی حساس به نور با یکدیگر تداخل می‌کنند و فرانژهای روشن و خاموش تشکیل می‌دهند. اختلاف فاز دو موج ثبت شده در صفحه‌ی حساس، فاصله‌ی ایجاد شده را نمایش می‌دهد.

مطابق با چیدمان شکل (۲-۸۱)، نور لیزر پس از عبور از یک شکافنده پرتو، به دو پرتو تقسیم می‌شود. پرتو مرجع پس از بازتاب از سطح شکافنده وارد دکتور می‌شود. پرتو دوم پس از عبور از شکافنده به صفحه‌ی مورد نظر برخورد می‌کند و پس از بازتاب از سطح صفحه به شکافنده‌ی پرتو رسیده و پس از بازتاب از سطح آن وارد دکتور می‌شود. هر کدام از این پرتوها دارای یک دامنه و یک فاز هستند که طبق رابطه‌ی حاکم بر امواج نوری تداخل بین دو پرتو صورت می‌گیرد و الگوی تداخلی روی دکتور نقش می‌بندد. اختلاف فاز بین دو پرتو مرجع و پرتو شی‌ای که از سطح شی بازتاب شده است طبق رابطه‌ی (۲-۲) به فاصله تبدیل می‌شود.

$$\Delta x = \frac{\lambda}{4\pi} \Delta\varphi(x, y)$$

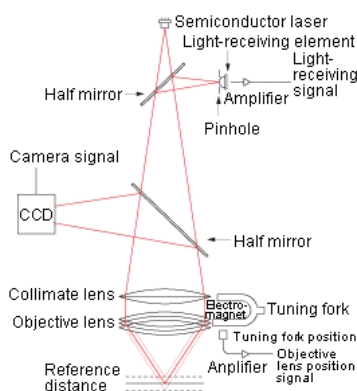
(۲-۲)



شکل ۲-۸۱- نمایش چیدمان حسگر فاصله‌یاب هولوگرام.

### ۲-۱۷-۶-۹- روش اندازه‌گیری Laser confocal microscope

در این روش مطابق شکل (۲-۸۲) پرتو لیزر به سمت هدف تابیده می‌شود و با تمرکز بر روی شی در حال حرکت، به بالا و پایین حرکت می‌کند. نور منعکس شده از شی هدف توسط یک آینه به سمت آشکارساز هدایت می‌شود. با مقایسه نور آشکارشده و نور تابیده شده می‌توان فاصله شی تا حسگر را اندازه‌گیری کرد [۱۲۴].

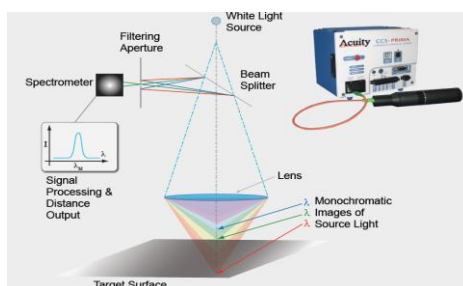


شکل ۲-۸۲- ساختار یک Laser confocal

### ۲-۱۷-۶-۱۰- روش اندازه‌گیری CCS prima confocal

این حسگر مطابق شکل (۲-۸۳) شامل یک منبع نور سفید، پروب نوری، فیبر نوری و پردازنده است. نور سفید توسط یک منبع نوری چند لیزی بر روی سطح مورد نظر متمرکز می‌شود و به رنگ‌ها و طول‌موج‌های گوناگون تفکیک شده و تنها طول موجی که بر روی هدف متمرکز شده برای اندازه‌گیری استفاده می‌شود. این نور منعکس شده از توسط پروب نوری وارد فیبر شده، سپس برای پردازش تغییرات طیفی و محاسبه فاصله، به پردازنده فرستاده می‌شود [۱۳۰]. برخی از شرکت‌های سازنده‌ی آن عبارتند از:

- Omron
- Cyber technologies
- Micro epsilon



شکل ۲-۸۳- ساختار CCS prima confocal

### ۲-۱۷-۷- اندازه‌گیری فاصله به روش پتانسیومتری

حسگرهای پتانسیومتری به دو دسته‌ی خطی و دوار تقسیم می‌شوند. در آن‌ها جابه‌جایی مکانیکی به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌شود. این حسگر شامل یک مقاومت ثابت در تماس با شاخص متصل به شفت مکانیکی است. حرکت شاخص بر روی



مقاومت باعث تغییر میزان مقاومت و در نتیجه تغییر سیگنال ولتاژ خروجی خواهد شد. بنابراین ولتاژ خروجی دیده شده متناسب با موقعیت شاخص است [۱۲۷]. برخی از شرکت‌های سازنده‌ی آن عبارتند از:

- Sensor systems
- Opkon optik electronic
- Celesco

## ۲-۱۷-۸- حسگر مجاورتی<sup>۱</sup>

این حسگرها با ایجاد میدان مغناطیسی یا تابش موج الکترومغناطیسی و بررسی تغییر امواج ارسالی می‌تواند حضور اجسام در نزدیکی خود را تشخیص دهد [۱۲۴]. انواع حسگرهای مجاورتی عبارتند از:

- Capacitive
- inductive
- magnetic
- photoelectric

## ۲-۱۷-۹- اندازه‌گیری موقعیت به روش Encoders

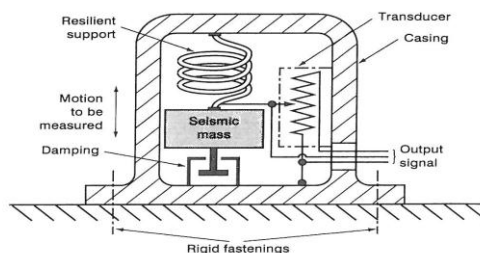
انکدر در واقع یک تجهیز الکترومکانیکی است که حرکت یک جسم را به یک کد دیجیتال یا آنالوگ تبدیل می‌کند و این کد، در دیکودر به تعداد دوران یا سرعت زاویه‌ای و یا مسافت تبدیل می‌شود. انکودرها از لحاظ ساختار به دو گونه خطی و چرخشی و از لحاظ عملکرد نیز به دو گونه انکودر مطلق و انکودر افزایشی تقسیم می‌شوند [۱۲۱]. برخی از شرکت‌های سازنده‌ی آن عبارتند از:

- Baumer
- Turck
- OMRON

## ۲-۱۷-۱۰- اندازه‌گیری فاصله به روش Seismic displacement pick-up

این حسگر که در شکل (۲-۸۴) نشان داده شده، شامل جرمی است که توسط فنری به حالت تعلیق درآمده است. نیروی حاصل از شتاب، باعث جابه‌جایی و حرکت جرم و فنر می‌شود. این تغییر حرکت، به مبدل اعمال شده و مبدل، سیگنالی متناسب با آن تولید می‌کند. با انتخاب مناسب جرم و میزان سختی فنر می‌توان جابه‌جایی، سرعت و شتاب را محاسبه کرد [۱۲۸].

<sup>1</sup> Proximity



شکل ۲-۸۴- ساختار یک pick up

## ۲-۱۷-۱۱- اندازه‌گیری فاصله به روش Magneto-inductive

این حسگرها بر اساس جریان گردابی حاصل از سیم‌پیچ حامل جریان متناوب عمل می‌کند جریان گردابی متناسب با قدرت میدان مغناطیسی است که این میدان در فواصل گوناگون متفاوت می‌باشد. شرکت Micro epsilon از این روش در ساخت حسگر جابجایی استفاده می‌کند [۱۲۷].

## ۲-۱۷-۱۲- روش اندازه‌گیری RVDT<sup>۱</sup>

این حسگر، مبدلی الکترومکانیکی است که جریانی متناوب و متغیر با ولتاژ خروجی تولید می‌کند. این جریان به صورت خطی با جابه‌جایی زاویه‌ای شفت ورودی متناسب است. ساختار و عملکرد این حسگر مبتنی بر چرخش یک بولبرینگ است که توسط استاتور پشتیبانی می‌شود. از شرکت‌های سازنده‌ی آن می‌توان موارد زیر را نام برد [۱۴].

- GE measurement
- Meggitt sensing systems
- Measurement specialyies

## ۲-۱۷-۱۳- روش اندازه‌گیری پیزوالکتریک

این حسگر بر اساس خواص پیزو که در بخش‌های پیشین توضیح داده شده است، می‌تواند فاصله‌ی مورد نظر را اندازه‌گیری کند [۷۰].

## ۲-۱۸- پایش مداوم گازهای دودکش نیروگاه‌ها

در حال حاضر اندازه‌گیری و پایش گازهای حاصل از احتراق نیروگاه‌ها از دو جهت مورد توجه قرار می‌گیرد:

<sup>1</sup> Rotary variable differential transformer

- کنترل بار آلودگی منتشر شده از صنایع به محیط

- کنترل احتراق به منظور افزایش راندمان

همان گونه که می‌دانیم سوخت‌های فسیلی اثرات زیست محیطی زیادی از جمله آلودگی هوا در بر خواهد داشت. از

مهمترین این اثرات می‌توان به تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای به ویژه گاز  $CO_2$  و گازهای اسیدی مانند  $SO_2$  و  $NO$ ،

هیدروکربن‌ها و سایر آلاینده‌ها اشاره کرد [۱۷۷].

سیستم پایش مداوم گازهای دودکش نیروگاه‌ها از بخش‌های اصلی نمونه‌برداری، آماده‌سازی، اندازه‌گیری، کالیبراسیون و

ارسال اطلاعات تشکیل شده است.

در سیستم نمونه‌برداری و آماده‌سازی، ابتدا از گاز درون دودکش، نمونه گرفته می‌شود. در بخش آماده‌سازی دمای گاز را

پایین می‌آورند، سرد می‌کنند، رطوبت گاز گرفته می‌شود و کارهای مقدماتی بر روی گاز انجام می‌شود و شرایط را برای

اندازه‌گیری آماده می‌کنند.

بخش اندازه‌گیری که مهم‌ترین قسمت سیستم پایش دود است، میزان غلظت گازهای موجود در دود را توسط بخشی به

نام Optical Bench اندازه‌گیری می‌کند.

پس از کالیبراسیون، مقادیر اندازه‌گیری شده از طریق پورت سریال RS232 به سیستم پایش ارسال می‌شود و در اختیار

کاربر قرار می‌گیرد.

در سیستم پایش مداوم گازهای دودکش نیروگاه‌ها اندازه‌گیری گازها با استفاده از امواج مادون قرمز انجام می‌شود. تعدادی

از آلاینده‌های گازی، انرژی تابشی را در یک یا چند طیف (از جمله IR) جذب می‌کنند. هر یک از آلاینده‌ها نور را در یک

طول موج خاصی جذب می‌کنند. لذا این مشخصه می‌تواند وجه تمایز بین آلاینده‌ها باشد.

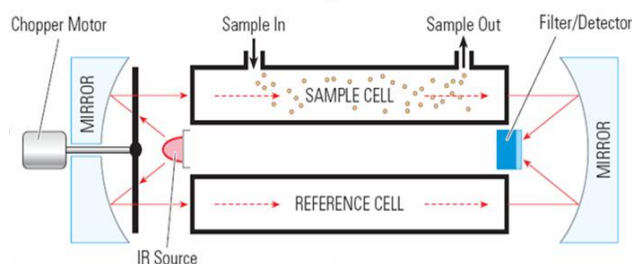
عموماً مولکول‌های گازی ناهمسان که شامل دو یا چند اتم مشابه در مولکول باشند، توانایی جذب نور IR را دارند.

مولکول‌های یکسان که فقط از یک گونه اتم تشکیل شده‌اند، زمانی که در معرض نور مادون قرمز قرار می‌گیرند ارتعاش

ویژه‌ای از خود نشان نمی‌دهند. از این خواص گازها، در سیستم اندازه‌گیری مورد نظر استفاده می‌شود. در حقیقت با اندازه‌گیری

طول موج نور جذب شده می‌توان به گونه گاز و میزان آن‌ها پی برد. با این روش می‌توان گازهای  $CO_2$ ،  $CO$ ،  $SO_2$  و  $NO$  و

هیدروکربن‌ها را اندازه‌گیری کرد. شکل (۲-۸۵) اساس کار یک Optical Bench را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۸۵- ساختار کلی Optical Bench

در این روش، گاز مورد نظر وارد چمبر اندازه‌گیری می‌شود. این گاز در معرض نور مادون قرمز قرار می‌گیرد. در کنار چمبر فوق، محفظه‌ی دیگری نیز وجود دارد که از گاز مرجع (گازی با مولکول‌های یکسان) که نور مادون قرمز را جذب نمی‌کند پر شده است. گاز نمونه به طور همزمان از این دو محفظه عبور می‌کند. از میزان جذب نور مادون قرمز توسط گاز نمونه نسبت به گاز مرجع می‌توان به غلظت گاز نمونه پی برد.

## ۲-۱۹- اندازه‌گیری غلظت روغن در آب‌های فرایندی و پساب نیروگاه‌ها

آلاینده‌های گوناگونی از طریق پساب‌های تولیدی در نیروگاه وارد محیط زیست شده و باعث آلودگی محیط‌های آبی می‌شوند. به منظور کاهش غلظت آلاینده‌ها تا حد استاندارد و در نهایت انتخاب روش مناسب تخلیه پساب نیروگاه‌ها، می‌بایست به طور مداوم آب‌های فرایندی نیروگاه‌ها را نمونه‌گیری کرد [۱۷۸].

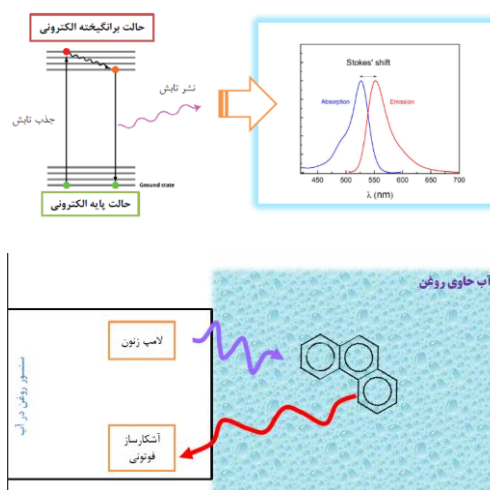
روش‌های گوناگونی برای اندازه‌گیری غلظت روغن و مواد نفتی در آب‌های فرایندی و پساب نیروگاه‌ها وجود دارد که در این قسمت به معرفی سه روش نوری خواهیم پرداخت.

### ۲-۱۹-۱- جذب فرابنفش

به وسیله‌ی طیف‌سنجی امواج ماورابنفش، می‌توان طیف گسترده‌ای از مواد نفتی را شناسایی کرد. شناسایی و تشخیص مواد نفتی در داخل ستون آب، به میزان حلالیت این ترکیبات در داخل آب بستگی دارد. وقتی ترکیبات نفتی در داخل آب به مدت یک تا دو روز باقی می‌مانند، ترکیبات فرار خود را از دست می‌دهند و این باعث می‌شود شناسایی این گونه ترکیبات با مشکل مواجه شود. ترکیبات و مواد آلی موجود در آب در شناسایی و تشخیص مواد نفتی و آلاینده‌ها ایجاد اشکال خواهد کرد.

## ۲-۱۹-۲- روش فلورسانس

روش طیف‌سنجی فلورسانس یکی از روش‌های در حال توسعه و موثر در تشخیص آلودگی‌های روغنی و مواد نفتی در داخل آب است. روغن و آلاینده‌های موجود در پساب نیروگاه‌ها به دلیل ترکیبات شیمیایی، این ویژگی را دارند که هنگامی که در معرض تابش اشعه ماورابنفش قرار گیرند، از خود نور مرئی تولید می‌کنند که به آن تابش فلورسانس گویند. طیف‌سنجی فلورسانس، یکی از روش‌های سریع برای تشخیص ترکیبات شامل هیدروکربن‌ها است. شکل (۲-۸۶) جذب و نشر و حالت مولکولی مواد فلورسانس را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۸۶- جذب و نشر مولکولی و اساس کار سیستم اندازه‌گیری روغن موجود در آب

## ۲-۱۹-۳- لیدار<sup>۱</sup>

لیدار یکی از روش‌های توسعه یافته لیزر است که به شکل همزمان از دو فناوری سیستم موقعیت‌یابی جهانی<sup>۲</sup> و دستگاه راهبر خودکار<sup>۳</sup> استفاده می‌کند.

SLEAF<sup>۱</sup> نسل جدید حسگرهای فلورسانس هوایی است. این فناوری در سال ۱۹۹۲ میلادی در کشور کانادا ساخته شد.

حسگرهای جدید مجهز به لیزرهای قوی برای پوشش دادن ارتفاعات بالا هستند. پرتوهای لیزر قادر به جمع‌آوری در حدود ۴۰۰ نمونه در هر دقیقه در منطقه‌ای با وسعت ۲۰۰ متر است.

<sup>۱</sup> Light Detection and Ranging System (LIDAR)

<sup>۲</sup> Global Position System

<sup>۳</sup> International Navigation System

لیدار فلوئورسانس، یکی از روش‌های تشخیص از راه دور ترکیبات فیتوپلانکتون به منظور ارزیابی آب منطقه پس از وقوع حادثه برای تشخیص مکانی که در آن منطقه، مواد نفتی نشت پیدا کرده است، می‌باشد.

## ۲-۲۰-۲- اندازه‌گیری هیدروژن

امروزه ویژگی‌های منحصر به فرد گاز هیدروژن باعث شده که کاربردهای گوناگونی در صنعت پیدا کند. از جمله این کاربردها استفاده از این گاز به‌عنوان سیال خنک کننده در ژنراتورهای نیروگاه‌های بخار است. بنابراین آشکارسازی و اندازه‌گیری خلوص این عنصر در چرخه تولید آن در نیروگاه‌ها بسیار با اهمیت است،

### ۲-۲۰-۲-۱- حسگرهای مقاومتی

در این حسگرها تعامل بین گاز و نیمه‌هادی اکسید فلزی، موجب تغییر قابل توجه هدایت الکتریکی می‌شود که این تغییر هدایت الکتریکی متناسب با غلظت هیدروژن است. این حسگر از پالادیوم \_ نقره ساخته می‌شود که دارای دقت و حساسیت مناسب جهت اندازه‌گیری غلظت هیدروژن است [۱۳۱].

### ۲-۲۰-۲-۲- حسگر گاز هیدروژن با ساختار سیلیکون

سطح این حسگر از پلاتین ساخته می‌شود. مولکول هیدروژن هنگامی که به سطح حسگر برخورد می‌کند با توجه به خواص کاتالیزوری پلاتین به دو اتم  $H^+$  تبدیل می‌شود.  $H^+$  ایجاد شده پس از گذر از لایه  $TiO_{2-x}$ ، جذب سطح  $PS^2$  (سیلیکون متخلخل) خواهد شد و الکترون آزاد شده از درون ماده را دریافت می‌کند. با کاهش یافتن تعداد الکترون‌ها در امتداد لایه  $PS$ ، جریان الکترون‌ها کاهش یافته و در نتیجه جریان کل ایجاد شده کاهش می‌یابد. با بررسی این تغییرات می‌توان غلظت هیدروژن را محاسبه کرد [۱۳۲].

1 Scanning Laser Environmental Airborne Fluorosensor

2 Porous Silicon: (PS)

## ۲-۲۰-۳- حسگر صوتی

### ۲-۲۰-۳-۱- فوتواکوستیک

در این روش از جابجایی نسبی در زمان انتشار موج برای تجزیه و واکاوی اطلاعات استفاده می‌شود، به طوری که نتایج آزمایش‌ها با این روش نشان می‌دهد رابطه خطی میان غلظت هیدروژن و تغییرات جابجایی نسبی در زمان انتشار وجود دارد [۱۳۳].

### ۲-۲۰-۳-۲- حسگرهای SAW

ساختار اصلی این گونه حسگرها مشابه سایر حسگرهای SAW است. در این حسگرها موج سطحی مسیر پیزوالکتریک قرار گرفته بین دو الکترود را طی می‌کند و با تغییرات غلظت هیدروژن تغییراتی در فاز و فرکانس موج ایجاد می‌شود که با اندازه‌گیری این تغییرات می‌توان غلظت هیدروژن را اندازه‌گیری کرد [۱۳۴].

## ۲-۲۰-۴- حسگر هدایت گرمایی با استفاده از فناوری MEMS

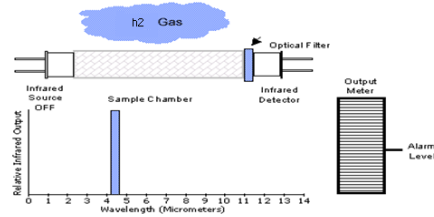
اساس کار این حسگرها بر مبنای توانایی بالای هدایت گرمایی هیدروژن است. هدایت گرمایی در مخلوطی از گازها به ضریب هدایت گرمایی و در صد حضور هر گاز وابسته است. از طرفی نیاز به حسگر قابل اطمینان با ابعاد مینیاتوری و پردازش سیگنال مدرن و پیشرفته باعث ایجاد تکنولوژی MEMS (سیستم‌های میکروالکترومکانیکی) شده که بر اساس استفاده از لایه‌های سیلیکونی و مدارهای مجتمع عمل می‌کند. تعداد زیادی از روش‌های MEMS در طراحی این گونه حسگرها مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۳۵]، [۱۳۶] و [۱۳۷].

## ۲-۲۰-۵- اندازه‌گیری غلظت هیدروژن به روش نوری

### ۲-۲۰-۵-۱- اندازه‌گیری غلظت هیدروژن به روش مادون قرمز

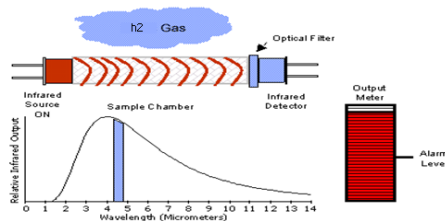
این حسگرها بر اساس قانون بیر کار می‌کنند. طبق قانون بیر هنگامی که انرژی حرارتی به صورت امواج نور مادون قرمز از فضای گاز عبور کند، مقداری از آن به وسیله‌ی گاز جذب می‌شود که از این پدیده می‌توان برای اندازه‌گیری مقادیر گازهای آلاینده هوا استفاده کرد [۱۸۵]. شکل‌های (۲-۸۷) تا (۲-۹۱) نمایی کلی از نحوه کارکرد این گونه حسگرهای نوری را نشان می‌دهد:

۱- حسگر در هنگام خاموش بودن فرستنده



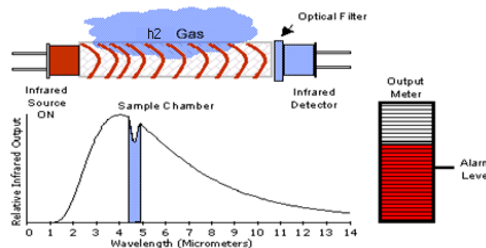
شکل ۲-۸۷- نحوه کارکرد حسگر (مرحله ۱).

۲- خروجی حسگر در هنگام روشن بودن منبع نور بدون حضور گاز



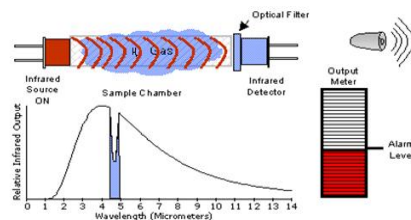
شکل ۲-۸۹- نحوه کارکرد حسگر (مرحله ۲).

۳- خروجی حسگر در هنگام روشن بودن منبع نور در حضور مقدار اندکی از گاز H<sub>2</sub>



شکل ۲-۹۰- نحوه کارکرد حسگر (مرحله ۳).

۴- خروجی حسگر در هنگام روشن بودن منبع نور در حضور گاز H<sub>2</sub> با غلظت بالا



شکل ۲-۹۱- نحوه کارکرد حسگر (مرحله ۴).

## ۲-۲۰-۵-۲- اندازه‌گیری غلظت هیدروژن به روش فیبر نوری

روش کار این حسگر برگرفته از یکی از خواص مهم هیدروژن که همان کاهش دادن ضریب شکست پالادیوم است،

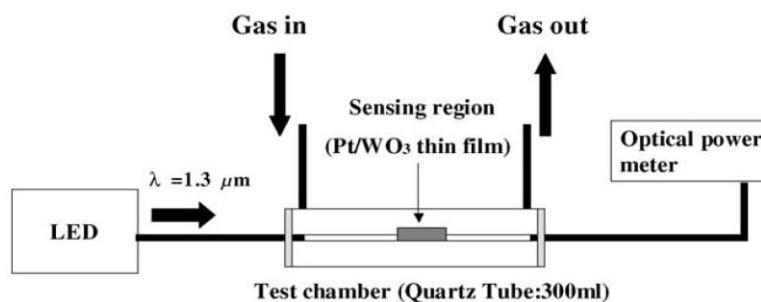
می‌باشد. چرا که در این حالت حضور هیدروژن موجب کاهش ضریب شکست موج در فیبر نوری می‌شود. از آنجایی که مرکز



حساس حسگر فیبر نوری از فیبر ساخته شده است، لذا دارای شکنندگی زیاد است. همچنین مراحل پر زحمت مانند نازک‌سازی و زدایش، از اشکالات عمده این گونه از حسگر فیبری است. مولکول هیدروژن به دو اتم هیدروژن تبدیل می‌شود. سپس اتم هیدروژن در سطح پالادیوم جذب می‌شود و هیدرید پالادیوم تولید می‌شود که دارای خواص اپتیکی متفاوتی است و ضریب شکست متفاوتی دارد. در نتیجه طول موج نور در فیبر نوری در حضور هیدرید پالادیوم متفاوت می‌شود [۱۸۶].

### ۲-۲۰-۵-۳- اندازه‌گیری غلظت هیدروژن به روش FBG

یکی دیگر از خواص هیدروژن کاهش اکسید تنگستن به تنگستن برنزی رنگ طی فرایند شیمیایی است. مولکول هیدروژن در حضور پلاتین به اتم هیدروژن  $H_{ad}$  تبدیل می‌شود. سپس اتم هیدروژن با  $WO_3$  طی فرایند سرریز واکنش می‌دهد که در این واکنش به میزان قابل توجهی تغییر رنگ خواهد داد. در این حالت فیلم نازک  $Pt/WO_3$  که با روش سل-ژل<sup>۱</sup> تهیه شده است، تغییر رنگ یافته و از خاکستری نیمه شفاف به سرمه‌ای تبدیل می‌شود که موجب افزایش جذب نور در امتداد آن خواهد شد.



شکل ۲-۹۲- نمای کلی حسگر فیبر نوری اکسید تنگستن / پلاتین.

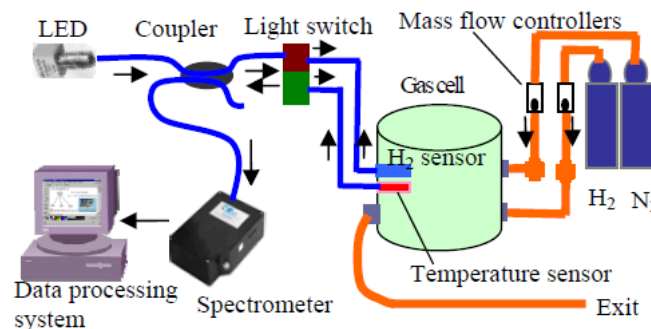
از انواع دیگر حسگر هیدروژن حسگر توری براگ فیبری با لایه حساس اکسید تنگستن است. پاسخ زمانی این حسگر برای غلظت یک درصدی از هیدروژن کمتر از چند ثانیه است. در این گونه حسگر مبنای اندازه‌گیری تغییر طول موج نور لیزر به علت افزایش دمای اطراف حسگر براگ فیبری در حضور الکترون است [۱۸۷]. شکل (۲-۹۲) ساختار این حسگر را نشان می‌دهد.

### ۲-۲۰-۵-۴- اندازه‌گیری غلظت هیدروژن به روش تداخل سنجی

پیکربندی کلی حسگر تداخلی فابری پرو در شکل (۲-۹۳) نمایش داده شده است. در این حسگر از دو فیبر نوری تک مد به عنوان بازتابنده استفاده می‌شود. نور عبوری از فیبر نوری وارد کوپلر ۲\*۲ شده و یکی از پرتوها به عنوان حسگر و دیگری به

<sup>۱</sup>-Sol-Gel

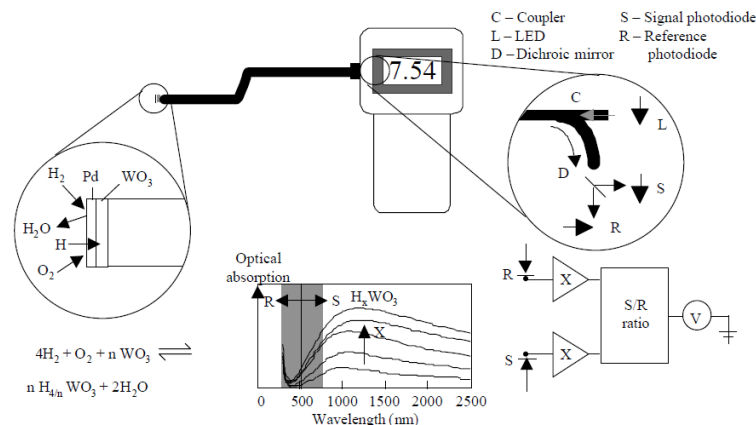
عنوان پرتو مرجع استفاده می‌شود. نور حسگر پس از برخورد به انتهای فیبر لایه‌نشانی شده با ماده‌ی Pd-Ag برگشت داده شده و وارد اسپکترومتر می‌شود. این حسگر می‌تواند تنش و کرنش وارد شده به لایه‌ی نازک را که ناشی از تغییرات غلظت هیدروژن است، اندازه‌گیری کند. فرآیند جذب هیدروژن توسط لایه‌ی پالادیوم وابسته به تنش و کرنش وارد شده به لایه‌ی نازک است. با نتایج بدست آمده از این حسگر، رابطه‌ی خطی بین افزایش غلظت هیدروژن و تغییر کاواک به خوبی محاسبه و تخمین زده می‌شود [۲۱۹].



شکل ۲-۹۳- نمایش پیکربندی کلی حسگر تداخلی فابری پرو.

## ۲-۲۰-۵-۵- اندازه‌گیری غلظت هیدروژن به روش پلاسمون

در این گونه حسگر لایه‌ی نازک روی انتهای فیبر نوری پلیمری جهت آشکارسازی هیدروژن در هوا لایه‌نشانی می‌شود. هنگامی که لایه‌ی مورد نظر با هیدروژن برهم‌کنش می‌کند، خواص نوری آن تغییر می‌کند. با تغییر خواص نوری ماده، پاسخ حسگر و در واقع شدت نور عبوری و بازگشتی از فیبر مورد نظر تغییر کرده و با نمایش تغییرات شدت بازگشتی غلظت هیدروژن نمایش داده می‌شود. حسگر فیبر نوری در این زمینه به دلیل عدم پاسخ به امواج الکترومغناطیس و در واقع حفاظت حسگر در مقابل امواج الکترومغناطیس بسیار مصون و ایمن است.



شکل ۲-۹۴- چیدمان سنجش مقدار هیدروژن.

مطابق با شکل (۲-۹۴) چیدمانی برای سنجش مقدار هیدروژن آماده می‌شود. انتهای فیبر به ترتیب با مواد طلا، اکسید تنگستن ( $WO_3$ ) و پالادیوم با ضخامت‌های مناسب لایه‌نشانی می‌شود. پالادیوم به عنوان یک کاتالیزر عمل می‌کند. ضریب شکست لایه‌ی تنگستن در حضور هیدروژن و با برهم‌کنش با آن تغییر می‌کند. پس بنابراین با تغییر ضریب شکست لایه‌ی روی منشور، طیف نور بازتابی از سطح منشور در زاویه‌ی بازتابش کلی تغییر می‌کند. تغییر در طیف نور بازتابی در این لایه که ناشی از اثر رزونانس پلاسمون‌های سطحی اتفاق می‌افتد، غلظت هیدروژن محیط را نمایش می‌دهد. به طوری که تغییرات شدت نور بازتابی از سطح حسگر در غلظت‌های گوناگون هیدروژن خطی است [۲۱۸].

## ۲-۲۱- اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی

خوردگی یک پدیده مستمر و ویرانگر است. یکی از بخش‌هایی که خوردگی در آن از اهمیت بسیار ویژه‌ای برخوردار است، دیگ‌های بخار است که در صنایعی مانند نیروگاه‌ها، پتروشیمی‌ها و ... بدان وابستگی حیاتی دارند. تزریق مواد شیمیایی که به سیکل آب و بخار، باعث به حداقل رساندن عوارض نامطلوب مانند خوردگی و رسوب‌گذاری در لوله‌های انتقال سیال می‌شود. کاهش رسوبات تشکیل شده و روئین کردن سطوح فلزی برای کاهش مقاومت حرارتی یا ممانعت از خوردگی یک مسئله مهم در نیروگاه‌های حرارتی است.

### ۲-۲۱-۱- روش حجمی

روش‌های حجمی دسته بزرگ و قدرتمندی از روش‌های کمی را تشکیل می‌دهند که کاربرد وسیعی در شیمی تجزیه دارند. روش‌های حجمی یکی از سه گونه تیتراسنجی را تشکیل می‌دهند که در آن تجزیه‌ها براساس اندازه‌گیری مقدار معرف با غلظت معلوم که توسط آنالیت مصرف می‌شود، می‌باشد. دو گونه دیگر تیتراسنجی عبارت‌اند از وزنی (گراویمتری) و کولومتری. در روش تیتراسنجی حجمی، حجم محلولی با غلظت مشخص اندازه‌گیری می‌شود که برای واکنش کامل با آنالیت مورد نیاز است. تیتراسنجی وزنی تنها از این جهت با هم متفاوت است که وزن واکنشگر به جای حجم آن اندازه‌گیری می‌شود. در تیتراسنجی کولومتری، واکنشگر مورد نیاز برای واکنش کامل با آنالیت، از طریق جریان الکتریکی مستقیم تولید می‌شود و زمان لازم برای کامل شدن واکنش الکتروشیمیایی اندازه‌گیری می‌شود. یکی از مهمترین و متداولترین روش‌های اندازه‌گیری کمی

در آزمایشگاه‌های شیمی، حجم‌سنجی (تیتراسیون) است که موارد کاربرد گوناگونی مانند تیتراسیون اسید- باز، اکسایش- کاهش (منگانومتری، یدومتری و ...)، کمپلکسومتری، رسوبی، و... دارد [۱۳۸].

## ۲-۲۱-۲- روش‌های تجزیه وزنی

این روش بر اساس اندازه‌گیری جرم پایه‌گذاری شده است و به دو روش دسته‌بندی می‌شوند. در روش رسوبی، آنالیت را با استفاده از واکنشگر رسوبی مناسب به صورت ترکیبی با حلالیت کم در آورده، رسوب را صاف کرده و شستشو می‌دهند. سپس آن را خشک کرده یا مشتعل می‌کنند تا به فرم شیمیایی در آید. سپس با استفاده از ضریب وزنی مربوطه، مقدار آنالیت محاسبه می‌شود. در روش تبخیری، آنالیت را در یک دمای مناسب تبخیر می‌کنند. سپس محصول حاصل از تبخیر جمع‌آوری و وزن می‌شود و یا این که از روی کاهش وزن نمونه، وزن محصول به طور غیر مستقیم تعیین می‌شود [۱۳۸].

## ۲-۲۱-۳- ولتامتری

اساس ولتامتری مبتنی بر اندازه‌گیری شدت جریان حاصل از یک واکنش الکترودی (معمولاً واکنش احیاء) در سطح الکتروود به موازات تغییر تدریجی پتانسیل اعمال شده به الکتروود است. ولتامتری کاربرد وسیعی دارد، به طوری که تمام یون‌هایی که قابلیت احیا شدن بر سطح الکتروود جیوه را دارند، با این روش قابل اندازه‌گیری است. علاوه بر یون‌ها ترکیبات آلی شامل آلدییدها، کتون‌های آلفا‌هالوژندار، آلکن‌ها، سیستم‌های آروماتیک و... را می‌توان با این روش اندازه گرفت [۱۳۹].

## ۲-۲۱-۴- تیتراسیون

تیتراسیون از روش‌های تجزیه حجمی است. در تجزیه حجمی ابتدا جسم را حل کرده و حجم معینی از محلول آن را با محلول دیگری که غلظت آن مشخص است که همان محلول استاندارد نامیده می‌شود، می‌سنجند. در تیتراسیون محلول استاندارد به طور آهسته از یک بورت به محلول حاوی حجم مشخص یا وزن مشخص از ماده حل شده اضافه می‌شود. افزایش محلول استاندارد، آنقدر ادامه می‌یابد تا مقدار آن از نظر اکی‌والان برابر مقدار جسم حل شده شود. نقطه اکی‌والان نقطه‌ای است که در آن، مقدار محلول استاندارد افزوده شده از نظر شیمیایی، برابر با مقدار حجم مورد نظر در محلول مجهول است. این نقطه را نقطه پایان عمل از نظر تئوری یا نقطه هم ارزی نیز می‌گویند. نقطه اکی‌والان در عمل به وسیله‌ی تغییر فیزیکی (مانند تغییر رنگ) شناخته می‌شود. نقطه‌ای که این تغییر رنگ در آن روی می‌دهد، نقطه پایان تیتراسیون است. در تیتراسیون اسید و باز، شناساگرها برای تعیین زمان حصول نقطه اکی‌والان بکار می‌روند. تغییر رنگ معرف، نشانگر نقطه پایانی تیتراسیون است [۱۳۹].

### ۲-۲۱-۴-۱- یدومتري - تیتراسیون وینکلر

یون یدید یک عامل کاهنده‌ی نسبتاً موثری است که به طور وسیعی برای تجزیه‌ی اکسنده‌ها به کار می‌رود. به طور کلی به واکنش‌هایی که در آن ید اکسید می‌گردد، یعنی ید از محلول یدیدها آزاد می‌گردد یدومتري گویند. روش‌های زیادی بر اساس خواص کاهندگی یون یدید استوارند. ید که محصول واکنش است، معمولاً با محلول استاندارد تیوسولفات تیترا می‌شود. عناصر زیادی را می‌توان به روش یدمتري تعیین کرد. یکی از این عناصر، مس و اکسیژن است [۱۳۹].

### ۲-۲۱-۴-۲- کمپلکسومتري

واکنش‌های تشکیل کمپلکس کاربرد وسیعی در تیتراسیون کاتیون‌ها دارند. مفیدترین این واکنش‌گرها ترکیبات آلی با چندین گروه الکترون دهنده‌اند که تشکیل پیوندهای کوالانسی چند گانه با یون‌های فلزی را می‌دهند. واکنش‌های تشکیل کمپلکس اکثر یون‌های فلزی با زوج الکترون دهنده‌ها، واکنش می‌دهند تا ترکیبات کئوردینانسیون با یون‌های کمپلکس تشکیل دهند. روش‌های تیتراسنجی مبتنی بر تشکیل کمپلکس که گاهی روش‌های کمپلکس‌سنجی نامیده می‌شوند بیش از یک قرن است که مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۳۹].

### ۲-۲۱-۴-۳- نقره‌سنجی

تیتراسنجی رسوبی، که بر پایه واکنش‌های همراه با ایجاد ترکیبات یونی با انحلال‌پذیری کم قرار دارد، یکی از قدیمی‌ترین فنون تجزیه‌ای است. نیترا نقره را می‌توان پرمصرف‌ترین و مهم‌ترین واکنشگر رسوبی دانست که برای اندازه‌گیری هالیدها، آنیون‌های هالید، مرکاپتان‌ها، اسیدهای چرب، و تعدادی از آنیون‌های معدنی دو و سه والانسی به کار می‌رود. روش‌های تیتراسنجی بر پایه نیترا نقره را گاهی روش‌های نقره‌سنجی نیز می‌نامند [۱۳۹].

### ۲-۲۱-۵- روش کدري سنجی

کدورت متناسب با ذرات پراکنده با اندازه‌های گوناگون یا جذب شدن نور در طول‌موج معینی است که به محیط مورد بحث، ظاهری مات و ابری می‌دهد. کدورت‌سنج به دستگاهی گفته می‌شود که به روش اپتیکی (انعکاس نور توسط ذرات معلق) مقدار کدورت محلول‌ها را اندازه‌گیری می‌کند. از این روش می‌توان به غلظت برخی از یون‌ها مانند سولفات پی برد [۱۳۹].

## ۲-۲۱-۶- فتومتری

اسپکتروفوتومتر یا روش فتومتری برای تعیین غلظت مواد موجود در محلول‌ها است که با استفاده از میزان اندازه جذب نور نمونه‌ها، غلظت آن‌ها را تعیین می‌کند. دستگاه اسپکتروفوتومتر از لحاظ عملکرد شامل دو قسمت اسپکترومتر یا طیف‌سنجی و نورسنجی است.

اسپکترومتر بخشی از دستگاه است که نور ثابت با دامنه مشخص به وجود می‌آورد و شامل منبع نور، عدسی، شکاف‌ها و صافی (فیلتر) است. بخش فوتومتر از قسمت‌های سنسور نور و ضبط آن تشکیل شده است. برای نمونه اگر محلولی را آبی ببینیم، به این دلیل است که یون مورد نظر رنگ محلول خود را که زرد است، جذب کرده و رنگ آبی آن به چشم می‌خورد. بنابراین اگر بخواهیم غلظت یون مورد نظر محلول را اندازه‌گیری کنیم، رنگ مکمل آن (رنگ زرد) را می‌تابانیم تا به وسیله آن جذب شود. با استفاده از این خاصیت به وسیله اسپکتروفوتومتر غلظت مواد اندازه‌گیری می‌شود [۱۴۰].

## ۲-۲۱-۷- اندازه‌گیری قابلیت رسانش الکتریکی آب<sup>۱</sup>

هدایت ویژه آب، شاخص قابلیت آن در هدایت یک جریان الکتریکی است. از این نظر که قابلیت هدایت الکتریکی (ویژه) نسبت معین و مستقیمی با مقدار TDS آب دارد، بنابراین اندازه‌گیری آن به منظور کنترل ساده‌ی کیفیت آب از اهمیت زیادی برخوردار است. آب خالص که در مقابل هدایت جریان الکتریکی، مقاومت زیاد دارد، دارای قابلیت هدایت بسیار کمی است. با انحلال نمک‌ها در آب با توجه به مقدار یون‌هایی که ایجاد می‌کنند، قابلیت هدایت الکتریکی آن افزایش می‌یابد. در بعضی مواقع دستگاه هدایت‌سنج با توجه به رابطه‌ی موجود بین TDS و هدایت، برحسب ppm های TDS تنظیم و مدرج می‌شود که در این صورت در اصطلاح دستگاه TDS متر نامیده می‌شود. میزان هدایت الکتریکی یک محلول تابع غلظت محلول، دما و نوع یون‌ها است [۱۴۱].

## ۲-۲۱-۸- جذب اتمی

طیف‌سنجی جذب اتمی یک روش اسپکتروسکوپی برای اندازه‌گیری کمی عناصر شیمیایی با استفاده از جذب اشعه نور توسط اتم در حالت گازی است. در شیمی تجزیه، این تکنیک برای تعیین غلظت یک عنصر خاص در یک نمونه مورد آزمایش استفاده می‌شود. اساس این تکنیک، استفاده از دستگاه جذب برای ارزیابی غلظت آنالیت در نمونه است. لذا نیازمند رابطه‌ای بین

<sup>۱</sup> -Conductivity

میزان نور جذب شده توسط نمونه و غلظت نمونه هستیم که همان قانون بیر است. به طور خلاصه الکترون‌های اتم با جذب طول موج مشخصی می‌توانند به سطوح بالاتر انرژی بروند و برای مدت کوتاهی به حالت برانگیخته در آیند. از آنجایی که این مقدار انرژی جذب شده برای هر اتم با اتم دیگر متفاوت است، یعنی هر عنصری فقط به یک طول موج مشخص پاسخ می‌دهد. هنگامی که اتم برانگیخته به حالت پایه برمی‌گردد، طول موج مشخصی از خود ساطع می‌کند. با اندازه‌گیری میزان جذب نمونه می‌توان به غلظت اتم مورد نظر در نمونه دست یافت [۱۴۲].

### ۲-۲۱-۹- کموتریکس

کموتریکس که از واژه‌های کمو و متریکس به معانی شیمی و سنجش تشکیل شده است، نام گرایش جدیدی است که کاربرد آمار، ریاضی و کامپیوتر را در شیمی ممکن ساخته است. کموتریکس را دانش استفاده از ریاضی، آمار و کامپیوتر جهت طراحی یا انتخاب یک روش مناسب برای آزمایش یا تولید حداکثر اطلاعات مفید از داده‌های یک فرایند شیمیایی دانست. کاربرد روش‌های ریاضی در شیمی سابقه دیرین دارد، ولی با توجه به پیشرفت علوم کامپیوتر و کاربرد آن در علوم روش‌های کموتریکس در دهه اخیر پیشرفت بسیار داشته است [۱۴۳].

### ۲-۲۱-۱۰- کروماتوگرافی

روش کروماتوگرافی کاغذی بر پایه‌ی حرکت حلال روی نوارهایی از کاغذ صافی استوار است.

### ۲-۲۱-۱۱- اشعه ایکس

اساس کار در روش طیف‌نگاری فلورسانس اشعه ایکس<sup>۱</sup> به این صورت است که اشعه ایکس اولیه در لوله تنگستن-کروم تولید می‌شود. اشعه ایکس خروجی از لوله، در اثر برخورد با نمونه و بمباران آن، الکترون‌های مدارهای داخلی اتم را آزاد می‌کند و فضاهای خالی در پوسته الکترونی اتم‌ها ایجاد می‌شود که این فضاهای خالی معمولاً با الکترون‌هایی که در سطح انرژی بالاتر قرار گرفته‌اند؛ پر می‌شوند. در اثر عبور الکترون از سطح انرژی بالاتر به سطح انرژی پایین‌تر، اشعه ایکس ثانویه (فلورسانس) تولید می‌شود که مشخصه‌ی عنصرهای موجود در نمونه است و به این ترتیب شناسایی عناصر گوناگون صورت می‌گیرد. مهم‌ترین عناصری که به وسیله‌ی این روش اندازه‌گیری می‌شوند عبارتند از آلومینیوم، کلسیم، سدیم، پتاسیم، آهن، کرم، تیتانیوم، منگنز، سیلیکون و گوگرد است [۱۴۴].

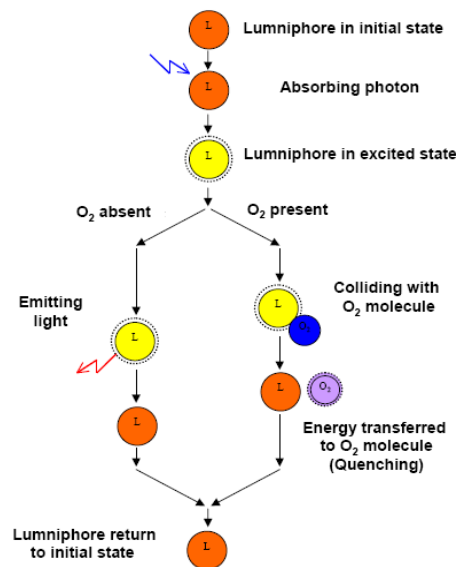
<sup>۱</sup> X-ray Fluorescence Spectroscopy

## ۲-۲۱-۱۲- دستگاه اندازه‌گیری اکسیژن محلول در آب به روش نوری

به فرایندی که در آن ماده با جذب فوتون‌های الکترومغناطیسی تابشی، تحریک شده و به حالت انرژی بالاتر رفته و در بازگشت به حالت پایه تابش کند، لومینسانس گویند. ماده‌ای که خاصیت لومینسانس از خود نشان دهد لومینوفور نامیده می‌شود. همان‌گونه که در شکل (۲-۹۵) نشان داده شده است، ماده‌ی لومینوفور با جذب فوتون‌های نور منبعی مانند دیود نورگسیل آبی برانگیخته می‌شود. در غیاب اکسیژن، مولکول‌های برانگیخته شده با تابش نور قرمز به حالت پایدار و اولیه‌ی خود باز می‌گردند. نور قرمز ایجاد شده نسبت به نور آبی تابیده شده از شدت و انرژی کمتری برخوردار است. اما در حضور اکسیژن، ماده‌ی لومینوفور تحریک شده، انرژی برانگیختگی خود را به مولکول‌های اکسیژن داده، آن‌ها را برانگیخته کرده و خود بدون هیچ تابشی به حالت پایدار اولیه باز می‌گردد. در این حالت اکسیژن انرژی خود را به صورت گرما به محیط انتقال می‌دهد.

در این حسگرهای، لایه‌ی پلیمری حاوی ماده‌ی لومینوفور، روی سر انتهایی فیبر نوری نشانده می‌شود. منبع نوری پرتو را از طریق فیبر نوری و شاخه‌ای از تزویجگر به طرف ماده‌ی لومینوفور که در مجاورت آب قرار دارد می‌فرستد. سیگنال لومینسانس ایجاد شده توسط شاخه‌ی دیگر تزویجگر و به کمک فیبر نوری به آشکارساز نوری هدایت می‌شود. شدت لومینسانس، طول عمر تابش نور گسیل شده و تغییر فاز میان سیگنال ورودی دیود و سیگنال لومینسانس، پارامترهای هستند که با آشکارسازی آن‌ها می‌توان غلظت

آورد [۱۷۰].



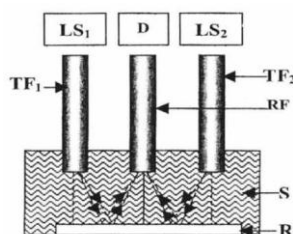
شکل ۲-۹۵- اثر اکسیژن بر روی ماده‌ی لومینوفور



## ۲-۲۱-۱۳- حسگر اندازه‌گیری PH به روش جذب

در حسگرهای نوری اندازه‌گیری PH به روش جذب از واکنش نور با مولکول‌های حساس به PH استفاده می‌کنند. روش‌های نوری ممکن است با جذب کلرومتری و یا فلورسانس انجام شود.

حسگرهای فیبر نوری شامل یک پروب فیبر نوری است که ماده‌ای ویژه بر روی آن قرار می‌گیرد. نور مادون قرمز از منبع نوری خارج شده و به کمک فیبر نوری به ماده برخورد می‌کند. آب بسته به میزان PH، بخشی از نور تابیده شده را جذب می‌کند. نور بازگشتی مجدداً وارد فیبر نوری شده و وارد گیرنده نوری می‌شود. از میزان جذب نور تابش شده می‌توان PH آب را بدست آورد [۱۷۱].



شکل ۲-۹۶- حسگرهای نوری اندازه‌گیری PH به روش جذب

## ۲-۲۱-۱۴- حسگر اندازه‌گیری PH به روش فلورسانس

منبع نوری، پرتو را از طریق فیبر نوری و شاخه‌ای از کوپلر به طرف ماده‌ی لومینوفور که در مجاورت آب قرار دارد، می‌فرستد. ماده لومینسانس که در مجاورت محلول مورد نظر قرار دارد، با توجه به میزان PH محلول سیگنال لومینسانسی تولید می‌کند. این نور ایجاد شده توسط شاخه‌ی دیگر کوپلر و به کمک فیبر نوری به آشکارساز نوری هدایت می‌شود. از تغییرات ایجاد شده در فاز سیگنال ورودی و بازتابش شده می‌توان میزان PH محلول مورد نظر را اندازه‌گیری کرد [۱۷۲] و [۱۷۳].

## فصل سوم

### هوشمندی فناوری

### ۳-۱ - مقدمه

آینده پژوهی مشتمل بر مجموعه تلاش‌هایی است که با استفاده از تجزیه و واکاوی منابع، الگوها و عوامل تغییر و یا ثبات، به تجسم آینده‌های بالقوه و برنامه‌ریزی برای آن‌ها می‌پردازد.

پیچیدگی‌های دنیای امروز تصمیم‌گیری قابل اطمینان را به چالشی برای مدیران و سازمان‌ها تبدیل کرده است. گوناگونی و شمار زیاد شاخص‌ها و سنجه‌های کمی و کیفی، تصمیم‌گیری و لزوم در نظر گرفتن هم‌زمان آن‌ها و همچنین اهمیت اثرات و پیامدهای آن بر پیچیدگی تصمیم‌ها می‌افزاید. از این رو با نگاهی آینده‌نگرانه باید در جستجوی روش‌های کارآمدی برای مساله تصمیم‌گیری در خصوص موضوعات پیچیده بود. آینده پژوهی به عنوان علمی که تمرکز خود را بر بررسی تغییرها و پیش‌تدبیری برای آینده قرار داده است باید بتواند راهی را پیش روی کارشناسان و تحلیلگران مسائل پیچیده قرار دهد.

در همین راستا با توجه به گستردگی روش‌های ساخت و فناوری‌های بکار گرفته شده در حسگرهای ابزار دقیق، در این بخش ابتدا به رده‌بندی فناوری‌ها بر اساس معیارهای جذابیت فناوری و امکان‌پذیری ساخت حسگرها در کشور پرداخته شده، سپس جهت‌گیری شرکت‌ها و سازمان‌های پژوهشی دنیا مورد بررسی قرار گرفته تا ترسیم آینده با حرکت جهانی همسوتر شود.

### ۳-۲ - رده‌بندی فناوری‌های بکار گرفته شده در ساخت حسگرها

جهت رده‌بندی فناوری‌های بکار گرفته در ساخت حسگرها نیاز است به جمع‌بندی فعالیت‌های انجام شده در مراحل یکم و دوم پرداخته شود. در گزارش مرحله یکم، مواردی مانند اهمیت کاربرد سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته، اهمیت استراتژیک و دلایل نیاز به بومی‌سازی سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته، منافع اجتماعی - اقتصادی حاصل از بومی‌سازی، بازیگران کلیدی و نهادهای کشور در اجرای طرح و شبکه ارتباطی بین آنها و همچنین چرخه عمر فناوری‌ها مورد بررسی قرار گرفت [۱].

در جدول چرخه عمر گزارش مرحله یکم، فناوری‌های Piezo و Moems، Mems، piezoelectric به عنوان فناوری‌هایی که در مرحله جنینی و رشد قرار دارند، شناسایی شدند که می‌توان آن‌ها را در گروه فناوری Microelectronic قرار داد. جدول (۳-۱) جهت یادآوری آورده شده است. همچنین نیروگاه‌های حرارتی به عنوان ناحیه هدف جهت بررسی ابزار دقیق برگزیده شدند.

جدول ۳-۱- معرفی مراحل چرخه عمر

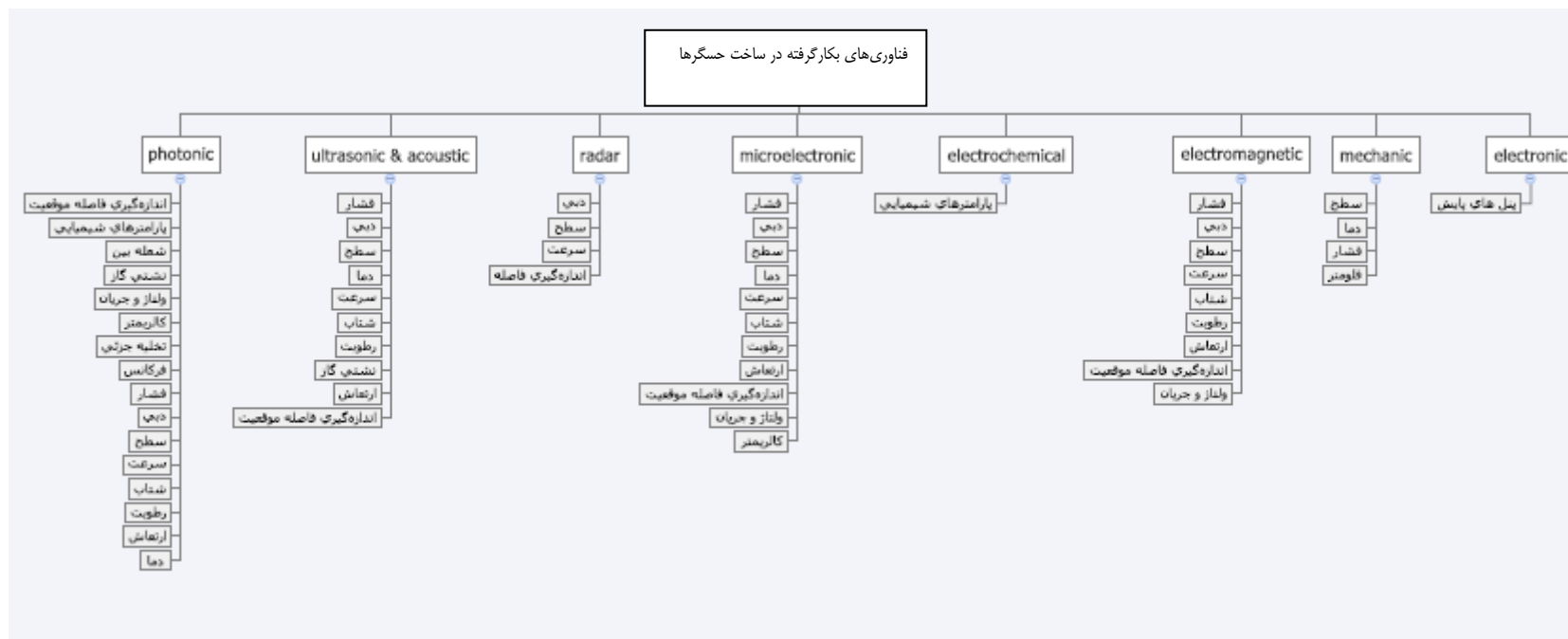
فناوری	دورهٔ پرورده‌گی	دورهٔ معرفی (جنینی)	دورهٔ رشد	دورهٔ بلوغ (اشباع)	دورهٔ افول (نزول)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>محصولات و فرآیندهای مرتبط با تکنولوژی در مرحلهٔ نوپایی قرار دارند</li> <li>مجموعه‌ای از نوآوری‌ها پی‌درپی رخ می‌دهند تا سرانجام یکی کامیاب شده و بر دیگران فایق می‌آید (جنگ ایده‌ها).</li> <li>آزمایش‌های تجربی صورت می‌گیرد و اشکالات اولیهٔ سیستم رفع می‌شود.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>محصول تکنولوژی وارد بازار شده است ولی بهره‌گیری از تکنولوژی رشد بسیار کند دارد</li> <li>تکنولوژی در این مرحله بسیار متغیر و نامشخص (تثبیت نشده) است</li> <li>شرکت‌های بزرگ انگیزه و رغبتی برای سرمایه‌گذاری در تکنولوژی ندارند. ریسک سرمایه‌گذاری بسیار بالا و در عوض قیمت‌ها و سود آن نیز بالا است.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>روند استفاده و بهره‌برداری از تکنولوژی به سرعت افزایش می‌یابد</li> <li>رقابت برای افزایش تولید و کاهش قیمت بالا می‌گیرد</li> <li>تحولات بنیادی در فرآیندهای تولید در جهت کاهش قیمت‌ها و تولید انبوه محصولات صورت می‌پذیرد</li> <li>استاندارد شدن محصولات، قطعات و حتی فرآیندها است</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>تغییرات عمده‌ای در تکنولوژی رخ نمی‌دهد، نوآوری به شدت کاهش می‌یابد و عمدتاً به بهینه‌سازی سیستم محدود می‌شود</li> <li>به دلیل بلوغ صنعت و تکنولوژی، بازار به بیشترین حد گسترش می‌یابد و رقابت در کاهش قیمت تشدید می‌شود</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>از زمانی که تکنولوژی‌های جایگزین پا به عرصهٔ ظهور می‌گذارند، مرحلهٔ افول تکنولوژی قدیمی‌تر شروع می‌شود.</li> <li>از دست رفتن بازار فروش و کاهش شدید قیمت‌ها</li> </ul>
phonic			✓		
Microelectronic			✓		
Electromagnetic				✓	
Acoustic				✓	
Electrochemical				✓	
Radar				✓	
Electronic				✓	
Mechanic					✓

لازم به توضیح است که در ابتدا جدول‌ها و نظرات اولیه کارشناسان برای اعضای کمیته راهبری ارسال شد و در نهایت در جلسه‌ی دوم و سوم کمیته راهبری جمع‌بندی و نتایج آن در جداول آتی آمده است. نشست‌های مربوطه در پیوست شماره دو آمده است.

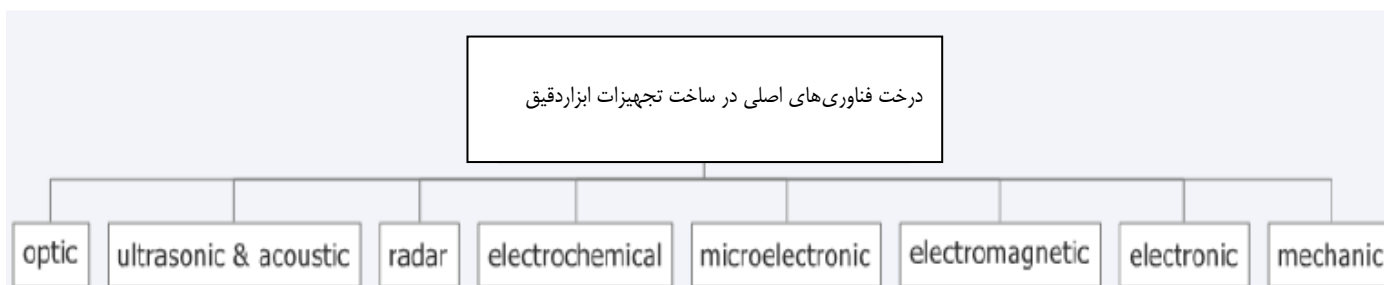
در فصل‌های پیشین این گزارش نیز بر پایه بخش‌های گوناگون نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، پارامترهای مهم مورد نظر برای اندازه‌گیری در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، شناسایی و فناوری‌های ساخت حسگرهای مربوطه معرفی گشت. خلاصه این بررسی‌های به صورت جدولی در پیوست یک آمده است. در این جدول روش‌های مختلف ساخت حسگرها را نشان می‌دهد. در شکل (۱-۳) و در قالب درخت فناوری حسگرها ارائه شده است. در حقیقت، این درخت نشان می‌دهد که حسگرهای پارامترهای اندازه‌گیری مورد نظر، با چه فناوری‌هایی قابلیت ساخت را دارا هستند. شکل (۲-۳) نیز فناوری‌هایی را که در ساخت حسگرها به کار می‌روند نمایش می‌دهد. به دیگر روی، شکل (۲-۳) درخت اهمیت فناوری در ساخت حسگرها است.

جدول (۲-۳) به رده‌بندی فناوری‌ها می‌پردازد. در این جدول فناوری‌های با اهمیت شناسایی و معرفی شده از منظرهای جذابیت فناوری و امکان پذیری ساخت مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. هر یک از این منظرها نیز، خود از سنجه‌های ارزیابی دیگری تشکیل شده‌اند. امتیاز هر فناوری نیز برای هر سنجه در بازه ۱ تا ۵ مشخص شده است. ۱ کمترین امتیاز و ۵ بیشترین امتیاز می‌باشد.

شکل ۳-۱- درخت فناوری‌های بکارگرفته در ساخت حسگرها



شکل ۳-۲- درخت فناوری‌های اصلی در ساخت تجهیزات ابزار دقیق



جدول ۳-۲- رده‌بندی فناوری

امکان پذیری	جنابیت																معیارها	ردیف
	حسابیت				اقتصادی				اجتماعی				فناورانه					
اختیارات و دسترسی های لازم جهت هدایت بازیگران اصلی در بنده وزارت نیرو وجود دارد	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۱	photonic
مزیت سود نیاز جهت دسترسی به دانش فناوری توسعه فناوری مذکور در بازه زمانی مورد انتظار میسر است	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۲	microelectronic
شرکت‌های توانمند داخلی جهت توسعه فناوری مذکور در حال حاضر وجود دارند	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۳	ultrasonic & acoustic
توسعه فناوری مذکور در بازه زمانی مورد انتظار میسر است	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	radar
توسعه فناوری مذکور در بازه زمانی مورد انتظار میسر است	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۵	electrochemical
توسعه فناوری مذکور در بازه زمانی مورد انتظار میسر است	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۶	electromagnetic
توسعه فناوری مذکور در بازه زمانی مورد انتظار میسر است	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۷	Electronic
توسعه فناوری مذکور در بازه زمانی مورد انتظار میسر است	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۸	Mechanic

در جدول تعیین حوزه‌های فناورانه، فناوری‌ها از دو بعد جذابیت و امکان‌پذیری مورد بررسی قرار گرفته و در سه سناریو بازبینی شدند. به منظور برقراری توازن بین اوزان جذابیت و امکان‌پذیری به هریک از فاکتورهای جذابیت وزن ۱ داده شد که در مجموع امتیاز وزن فاکتورهای جذابیت برابر ۱۲ شد. همچنین به هریک از فاکتورهای امکان‌پذیری وزن ۳ داده شد که مجموع وزن فاکتورهای امکان‌پذیری نیز به عدد ۱۲ می‌رسد.

در مرحله بعد امتیاز هریک از فناوری‌ها در خصوص فاکتورهای جذابیت و امکان‌پذیری مورد محاسبه قرار گرفته و حاصل جمع وزنی آن‌ها در سمت چپ جدول قرار گرفت.

در سناریو اول امتیاز فاکتورهای امکان‌پذیری برابر صفر قرار گرفت تا فناوری‌های مورد نظر از بعد جذابیت ارزیابی شده و فناوری‌های برتر شناسایی شوند.

در سناریو دوم مراحل سناریو دوم تکرار شد با این تفاوت که امتیاز فاکتورهای جذابیت برابر صفر قرار داده شدند و فناوری‌های برتر شناسایی گردیدند.

در سناریو سوم به منظور تاثیرگذاری دو عنصر جذابیت و امکان‌پذیری، حاصل جمع وزنی فناوری‌ها محاسبه شده و فناوری‌های برتر مشخص شدند.

در نهایت با مقایسه نتایج بدست آمده در سه سناریو عنوان شده، حوزه‌های فناورانه برتر مشخص شده و به عنوان پایه‌های اصلی فناوری مورد تایید قرار گرفتند.

لازم به ذکر است امتیازات اعلام شده برای هریک از فناوری‌ها برای اعضا محترم کمیته راهبری ارسال گردید تا در صورت بروز نقصان اصلاح گردد که نتایج در جلسه کمیته راهبری با حضور اعضا محترم کمیته راهبری مورد تایید قرار گرفت.

- سناریوی اول: رده‌بندی فناوری‌ها تنها با در نظر گرفتن سنجه‌های جذابیت

در این سناریو، سنجه‌های امکان‌پذیری در نظر گرفته نمی‌شوند.

56	microelectronic	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>سناریو ۳</th> <th>سناریو ۲</th> <th>سناریو ۱</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>• امتیاز یکسان دو معیار</td> <td>• اولویت با معیارهای توانمندی</td> <td>• اولویت با معیارهای جذابیت</td> </tr> </tbody> </table>	سناریو ۳	سناریو ۲	سناریو ۱	• امتیاز یکسان دو معیار	• اولویت با معیارهای توانمندی	• اولویت با معیارهای جذابیت
سناریو ۳	سناریو ۲	سناریو ۱							
• امتیاز یکسان دو معیار	• اولویت با معیارهای توانمندی	• اولویت با معیارهای جذابیت							
51	optic	2							
38	ultrasonic & acoustic	3							
28	radar	4							
26	electrochemical	5							
24	electromagnetic	6							



- سناریوی دوم: رده‌بندی فناوری‌های تنها با در نظر گرفتن سنجه‌های امکان‌پذیری در این سناریو، سنجه‌های جذابیت در نظر گرفته نمی‌شوند.

14	optic	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>سناریو ۳</th> <th>سناریو ۲</th> <th>سناریو ۱</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>• امتیاز یکسان دو معیار</td> <td>• اولویت با معیارهای توانمندی</td> <td>• اولویت با معیارهای جذابیت</td> </tr> </tbody> </table>	سناریو ۳	سناریو ۲	سناریو ۱	• امتیاز یکسان دو معیار	• اولویت با معیارهای توانمندی	• اولویت با معیارهای جذابیت
سناریو ۳	سناریو ۲	سناریو ۱							
• امتیاز یکسان دو معیار	• اولویت با معیارهای توانمندی	• اولویت با معیارهای جذابیت							
14	radar	2							
14	electromagnetic	3							
13	ultrasonic & acoustic	4							
13	electrochemical	5							
12	microelectronic	6							

- سناریوی سوم: رده‌بندی فناوری‌های با در نظر گرفتن سنجه‌های جذابیت و امکان‌پذیری در این سناریو، سنجه‌های جذابیت و امکان‌پذیری با وزن برابر و همزمان در نظر گرفته می‌شوند.

93	optic	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>سناریو ۳</th> <th>سناریو ۲</th> <th>سناریو ۱</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>• امتیاز یکسان به دو معیار</td> <td>• اولویت با معیارهای توانمندی</td> <td>• اولویت با معیارهای جذابیت</td> </tr> </tbody> </table>	سناریو ۳	سناریو ۲	سناریو ۱	• امتیاز یکسان به دو معیار	• اولویت با معیارهای توانمندی	• اولویت با معیارهای جذابیت
سناریو ۳	سناریو ۲	سناریو ۱							
• امتیاز یکسان به دو معیار	• اولویت با معیارهای توانمندی	• اولویت با معیارهای جذابیت							
92	microelectronic	2							
77	ultrasonic & acoustic	3							
70	radar	4							
66	electromagnetic	5							
65	electrochemical	6							

جدول سمت چپ، رده‌بندی فناوری‌های ساخت حسگرها را بر پایه جمع امتیاز سنجه‌ها در هر سناریو مشخص می‌کند.

بر پایه این واکاوی در صورتیکه هر دو سنجه جذابیت و امکان‌پذیری را در امتیاز دهی در نظر بگیریم، فناوری‌های photonic،

Microelectronic و Acoustic به ترتیب بیشترین امتیاز و اهمیت را در حوزه ابزار دقیق دارا خواهند بود.

مطابق جدول (۱-۳) فناوری‌های اپتیک و میکرو الکترونیک در مرحله رشد و فناوری Acoustic در دوره بلوغ قرار دارند. از

آنجایی که می‌توان تعداد زیادی از تجهیزات ابزار دقیق را که از فناوری Acoustic استفاده می‌کنند را با استفاده از فناوری‌های

اپتیک و میکرو الکترونیک پیاده‌سازی کرد لذا فناوری‌های اپتیک و میکرو الکترونیک نسبت به سایر فناوری‌ها در اولویت قرار

می‌گیرند. با این وجود در بخش ۳-۳ آینده پژوهی برای فناوری‌های photonic، Microelectronic و Acoustic انجام

می‌شود. با توجه به مشخص شدن حوزه‌های فناورانه آینده پژوهی در خصوص این حوزه‌ها در بخش آینده پژوهی بیان خواهد شد.

### ۳-۳- آینده پژوهی

پس از رده‌بندی فناوری‌های حوزه ابزار دقیق نیروگاهی بر پایه جذابیت فناوری و امکان‌پذیری ساخت داخل، در این بخش وضعیت و استراتژی شرکت‌ها و موسسات پژوهشی دیگر کشورهای این حوزه مورد بررسی قرار می‌گیرد تا در گزینش فناوری‌ها برای برنامه‌ریزی آینده با حرکت جهانی همسو باشیم. از آنجایی که در زمینه‌ی ابزار دقیق، شرکت‌های بزرگ دنیا نقش بسزائی دارند لذا بهتر است در این مرحله به بررسی شرکت‌های معروف و صاحب نظر در در زمینه‌ی ساخت تجهیزات ابزار دقیق، پرداخته شود و بررسی‌های لازم در زمینه‌ی وضعیت کشورها از لحاظ پیشرفت در فناوری‌ها در گزارش مرحله‌ی سوم بخش مطالعات الگوبرداری آورده شود. جدول (۳-۳) رتبه‌بندی ۲۵ شرکت معتبر دنیا در سال ۲۰۰۸ را از لحاظ میزان فروش تجهیزات ابزار دقیق در دنیا نشان می‌دهد [۲۲۰] و [۲۲۱]. با توجه به جدول (۳-۳) نام آشناترین این شرکت‌ها در زمینه‌ی ساخت تجهیزات نیروگاهی عبارتند از:

شرکت SIEMENS

شرکت ABB

شرکت YOKOGAWA

شرکت GE

شرکت‌های نام برده شده در زمینه‌های مختلف ساخت تجهیزات نیروگاهی فعالیت می‌کنند که طراحی و ساخت تجهیزات ابزار دقیق بخشی از محصولات ارائه شده توسط این شرکت‌ها می‌باشد. که در ادامه توضیح مختصری در رابطه با شرکت‌ها ارائه می‌شود.

### ۳-۳-۱- شرکت SIEMENS

امروزه شرکت زیمنس در حوزه‌های قدرت، اتوماسیون، کنترل، ابزار دقیق، اطلاعات و ارتباطات، نیروگاه، پزشکی، حمل و نقل و خدمات فعالیت دارد و در برخی حوزه‌ها مانند صنعت اتوماسیون، فناوری سیستم‌های تصویربرداری طبی، نوآوری در مدیریت اطلاعات فرایندهای بهداشت و سلامت، سرآمد شرکت‌های مهندسی برق و الکترونیک است. این شرکت علاوه بر

طراحی و ساخت تجهیزات در بخش R&D نیز فعالیت دارد تا با انجام تحقیقات مناسب در زمینه‌های نوین با رشد تکنولوژی همگام شود. با توجه به شکل‌های (۳-۳) تا (۵-۳) و با بررسی فعالیت تحقیقاتی این شرکت می‌توان به این نتیجه رسید که فناوری‌های آینده‌دار در زمینه‌ی ابزار دقیق فناوری‌های فوتونیک و میکروالکترونیک می‌باشند [۲۲۲].

### ۳-۳-۲- شرکت ABB

شرکت ABB یک شرکت جهانی در فناوری‌های قدرت و اتوماسیون واقع در ZURICH سوئیس است. این کمپانی در سال ۱۹۸۸ با همکاری ASEA سوئد و BBC سوئیس شروع به کار کرد اما سابقه اصلی آن به بیش از ۱۲۰ سال باز می‌گردد. امروزه ABB به عنوان بزرگترین تامین‌کننده موتور و درایوهای صنعتی و بزرگترین ارائه‌کننده ژنراتور به صنعت توربین‌های بادی و همچنین وسیع‌ترین تامین‌کننده شبکه‌های قدرت در سراسر جهان است. این شرکت در زمینه‌های ابزار دقیق زیر فعالیت دارد. که در طراحی و ساخت موارد زیر از فناوری‌های بروز دنیا استفاده می‌کنند با توجه به شکل‌های (۳-۳) تا (۵-۳) و با بررسی روند بکارگیری فناوری ساخت می‌توان استفاده از فناوری‌های فوتونیک و میکروالکترونیک و التراسونیک را در تجهیزات ابزار دقیق این شرکت مشاهده نمود [۲۲].

#### • واکاوی مداوم مایعات

- اندازه‌گیری آلومنیوم
- اندازه‌گیری آمونیاک
- اندازه‌گیری کلر
- اندازه‌گیری رسانایی
- اندازه‌گیری محلول‌های آلی
- اندازه‌گیری محلول‌ها اکسیژن
- اندازه‌گیری فلوراید
- اندازه‌گیری هیدرازین
- اندازه‌گیری آهن
- اندازه‌گیری منگنز

- فتومتر چندموجی
- اندازه‌گیری نیترات
- اندازه‌گیری PH/ORP
- اندازه‌گیری فسفات
- اندازه‌گیری سیلیس
- اندازه‌گیری سدیم
- اندازه‌گیری تیرگی
- کروماتوگرافی گاز
- محصولات اندازه‌گیری دبی
  - فلومتر توده کوریولیس
  - فلومتر الکترومغناطیسی
  - فلومتر
  - فلومتر جرم حرارتی
  - فلومتر VORTEX
- محصولات اندازه‌گیری سطح
  - حسگر سطح مایعات
  - حسگر سطح شناور
  - فرستنده راداری هدایت سطح موج
  - فرستنده لیزری سطح
  - اسکنر لیزری
  - سوئیچ سطح سنج مغناطیسی
  - فرستنده سطح RF خازنی
  - فرستنده سطح پراکندگی حرارتی

- فرستنده سطح فراصوت
- فرستنده سطح چنگال ارتعاشی
- محصولات اندازه‌گیری فشار
  - اندازه‌گیری فشار مطلق
  - اندازه‌گیری دیفرانسیل فشار
  - اندازه‌گیری چند متغییره

### ۳-۳-۳- شرکت YOKOGAWA

شرکت YOKOGAWA در سال ۱۹۱۵ در توکیو ژاپن آغاز به کار کرد. این شرکت با هدف پیشرفت در صنعت در بخش‌های زیر مشغول به کار است. این شرکت نیز همانند شرکت‌های SIEMENS و ABB، با توجه به شکل‌های (۳-۳) تا (۳-۵) از فناوری‌های فوتونیک و میکروالکترونیک و التراسونیک را در ساخت تجهیزات ابزار دقیق استفاده می‌نماید که موارد زیر فعالیت شرکت را در زمینه‌ی ابزار دقیق نشان می‌دهد [۲۲۳].

- حسگرها و ابزارها
  - آنالایزر گازها
  - آنالایزر لیزری دیود
  - آنالایزر اکسیژن
  - آنالایزر تراکم گاز
  - کالریمتر گاز
  - پایش نشان‌دهنده گرد و غبار
- آنالایزر مایعات
  - PH/ORP
  - رسانایی
  - کدورت

- اکسیژن محلول

- کلر

• فلومتر

- فلومتر مغناطیسی

- فلومتر VORTEX

- فلومتر کوریولیسی

- فلومتر فراصوت

• سطح سنج

- سنجش فیبر نوری

### ۳-۳-۴- شرکت GE

شرکت GE در سال ۱۸۹۰ تاسیس شد. این شرکت اولین سازنده لامپ رشته‌ایی در نیروگاه مرکزی آمریکا در سال ۱۸۹۲ است. شرکت GE با هدف بهره‌برداری از قدرت اینترنت صنعتی، نوآوری و کسب تجربه در زمینه ماشین‌آلات صنعتی کار می‌کند. شرکت GE تجربیات گسترده‌ای در زمینه واکاوی، کنترل، ابزار دقیق و مدلسازی و توسعه نرم‌افزارها دارد [۱۴].

با توجه به شکل‌های (۳-۳) تا (۵-۳) و ارائه محصولات ابزار دقیقی که در ساخت آن‌ها از فناوری‌های فوتونیک و میکروالکترونیک و التراسونیک استفاده شده است می‌توان به اهمیت بکارگیری فناوری‌های آینده‌دار توسط این شرکت پی برد [۱۴].

### ۳-۳-۵- مراکز تحقیقاتی دنیا

همچنین علاوه بر شرکت‌هایی که در زمینه تولید تجهیزات ابزار دقیق فعالیت دارند به بررسی مراکز پژوهشی دنیا پرداخته شد. این مراکز عبارتند از:

• پژوهشکده تجهیزات قدرت شانگ‌های (SPERI)

• پژوهشگاه نیرو توکیو ژاپن (CRIEPI)

• شرکت پژوهشی Bell Lab

- شورای جهانی سیستم برق فرانسه (CIGRE)
- مرکز تحقیقات برق کالیفرنیا (EPRI)
- مرکز تحقیقات و پژوهش انرژی (UKERC)
- موسسه NIST
- موسسه تحقیقات برق ویدمار آلمان
- موسسه تحقیقات فناوری صنعتی ITRI
- موسسه تحقیقات و پژوهش برق مرکزی (CPRI) هند
- نیروگاه پژوهشی ابزار دقیق هوآکی پکن (Beijing huakeyi power instrument)
- AMOLF, Netherlands
- Dutch Institute For Fundamental Energy Research
- industrial technology research institute, Taiwan
- FEMTO-ST science & technology, France
- Micro Machine Center, Tokyo
- Central Electronics Engineering Research Institute, India

تمامی مراکز فوق در زمینه‌ی علوم مختلف مطالعه و تحقیق می‌کنند که با بررسی پروژه‌های در حال اجرا توسط این مراکز تحقیقاتی به خوبی می‌توان به روند رشد فناوری‌های آینده دار پی برد.

انجام آینده پژوهی در رابطه با هر یک از فناوری‌ها، فعالیت مستقلی است که در قالب پروژه‌های آینده‌پژوهی می‌توان دنبال کرد. با این وجود حوزه‌های مطالعاتی زیر جهت بررسی آینده‌دار بودن فناوری‌ها مورد مطالعه قرار گرفت.

✓ تعداد پارامترهایی را که می‌توان با فناوری مورد نظر اندازه‌گیری کرد.

✓ تعداد مقالات و ژورنال‌های IEEE و پتنت‌های منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴

✓ شرکت‌هایی که در ساخت تجهیزات ابزار دقیق از این فناوری‌ها استفاده می‌کنند.

✓ مراکز تحقیقاتی که در زمینه‌ی فناوری‌های مورد نظر فعالیت می‌کنند.

در انتها بر پایه‌ی مطالعات انجام شده خلاصه‌ای از حوزه‌های مطالعاتی به تفکیک حوزه‌های فناورانه در قالب شکل‌های (۳-۳)

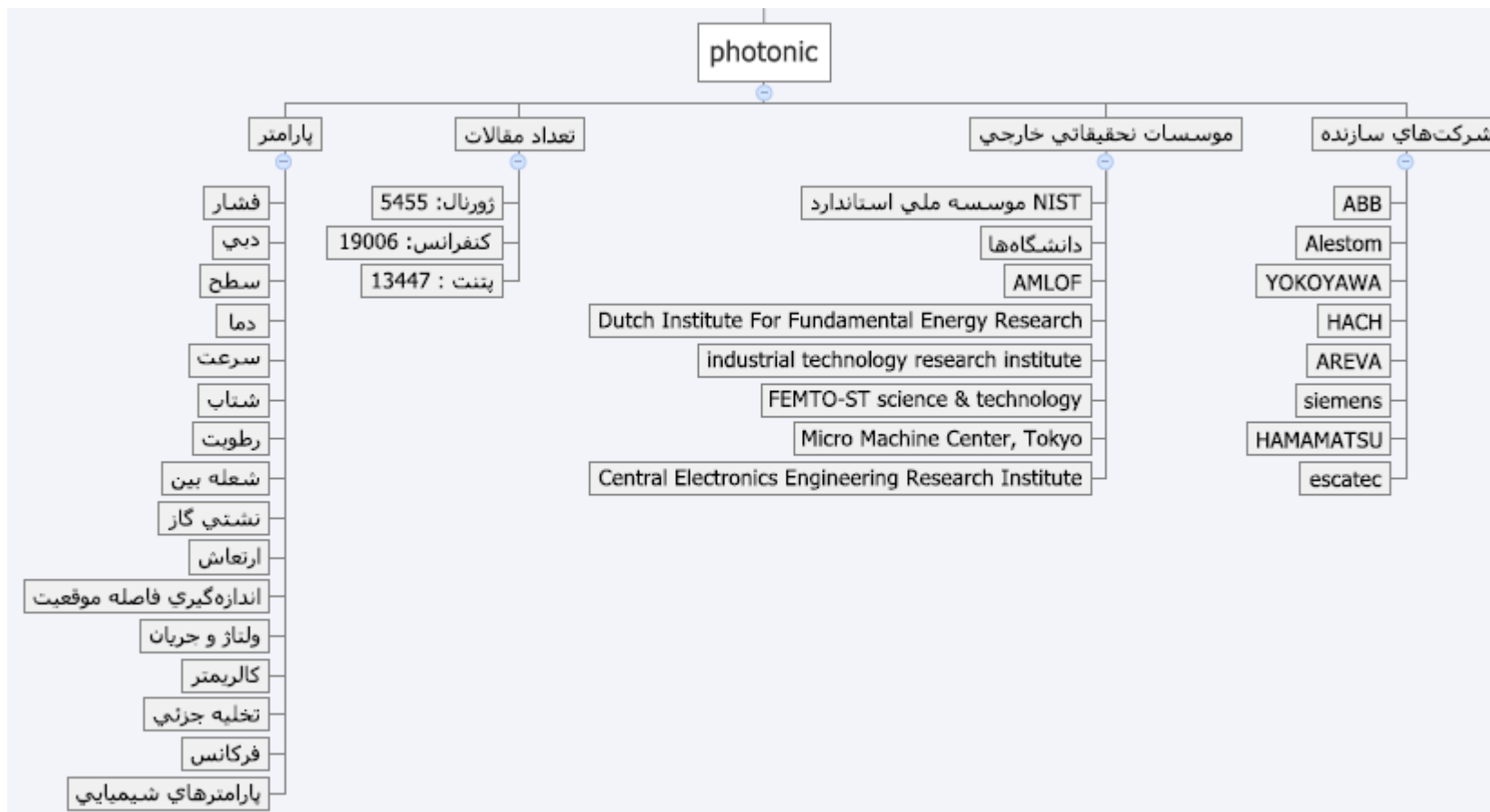
تا (۳-۵) ارائه می‌گردد.

جدول ۳-۳- رده‌بندی شرکت‌های سازنده دستگاه‌های ابزار دقیق در سال ۲۰۰۸ از لحاظ میزان فروش محصولات

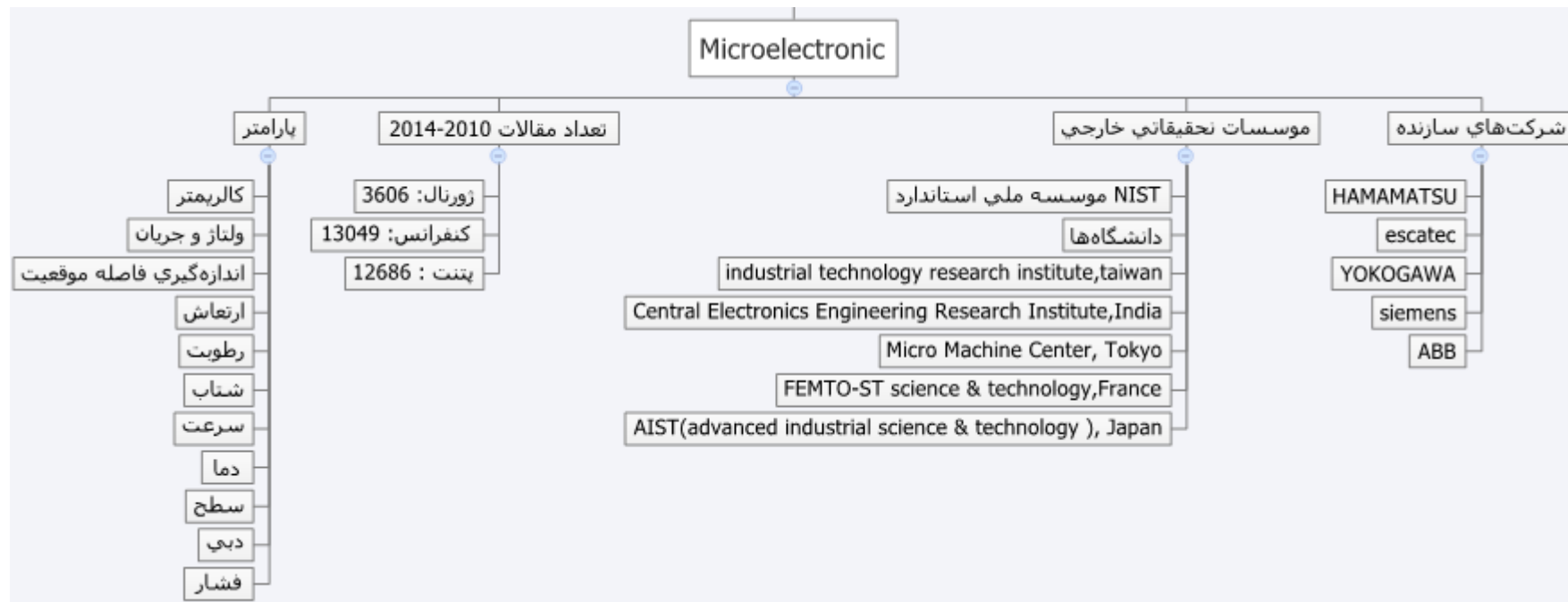
	Total (in millions)
1	Siemens
2	ABB
3	Emerson Process Management
4	Rockwell Automation
5	Schneider Electric
6	Honeywell Process Solutions/Sensing & Control
7	Mitsubishi Electric
8	Yokogawa Electric
9	Omron
10	Danaher Industrial Technologies
11	FANUC
12	GE
13	Endress+Hauser
14	Invensys
15	Phoenix Contact
16	Cameron Valves & Measurement
17	Ametek EIG
18	Flowserve Flow Control Division
19	Spectris
20	Azbil Group (Yamatake)
21	Metso Automation
22	FMC
23	National Instruments
24	Weidmuller
25	Bosch Rexroth



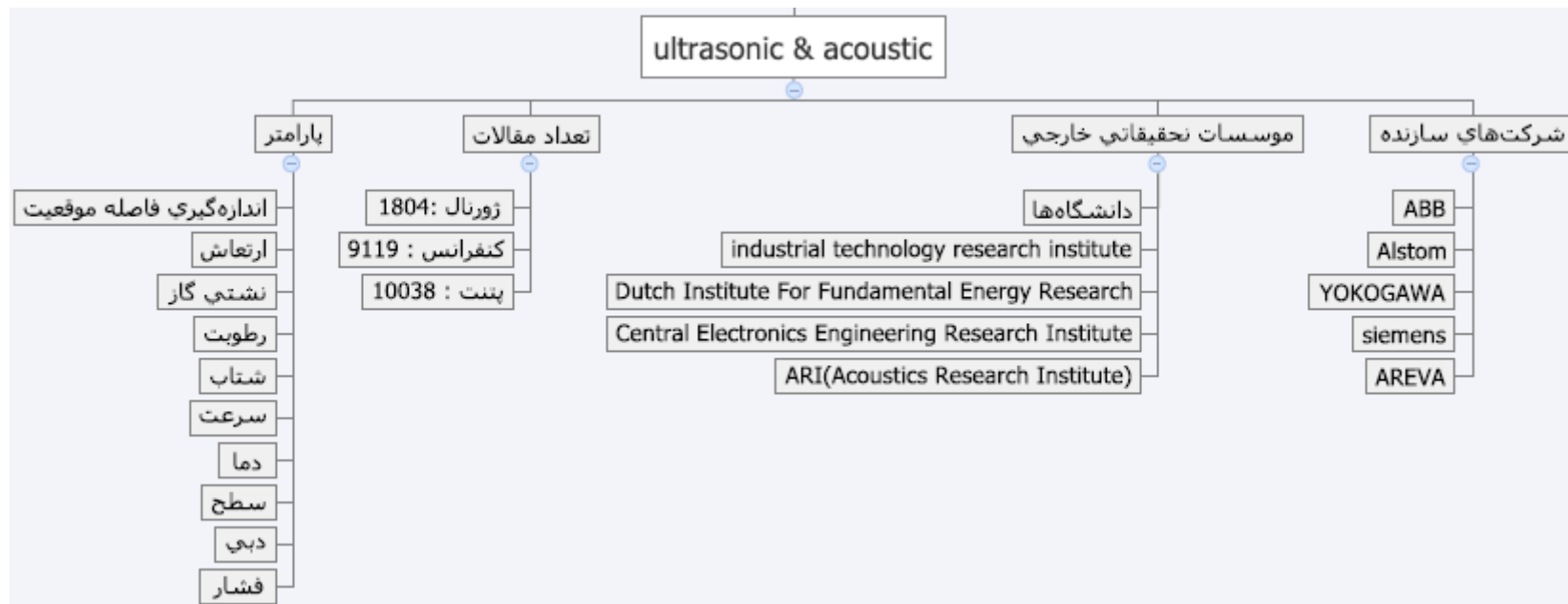
شکل ۳-۳- حوزه‌های مطالعاتی فناوری photonic



شکل ۳-۴- حوزه‌های مطالعاتی فناوری Microelectronic



شکل ۳-۵- حوزه‌های مطالعاتی فناوری ultrasonic & acoustic



## نتیجه‌گیری

در این گزارش نظام هوشمندی فناوری به عنوان رویکردی نوین در افزایش قدرت تصمیم‌گیری مدیران، سرمایه‌گذاران، کارشناسان، متخصصان و به طور کلی تمامی افرادی که در حوزه فناورانه‌ی اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاه در حال فعالیت می‌باشند، معرفی گردید.

در همین راستا پس از معرفی کوتاه نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به عنوان نیروگاه‌های هدف، روش‌های ساخت دستگاه‌های اندازه‌گیری مورد استفاده در بخش‌های گوناگون نیروگاه مورد بررسی قرار گرفت، و فناوری‌های به کار رفته در این دستگاه‌ها شناسایی، و در قالب درخت فناوری تدوین و ارائه شد. در ادامه، بر پایه سنجش‌های جذابیت و امکان‌پذیری، رده‌بندی فناوری‌های شناسایی شده حسگرهای نیروگاهی انجام شد. در پایان نیز با بررسی فعالیت‌های جاری شرکت‌ها و مراکز پژوهشی معتبر جهانی، برای فناوری‌های برگزیده، آینده‌پژوهی صورت گرفت تا سمت و سوی حرکت جهانی، در زمینه فناوری‌های برگزیده شناسایی شود.

در گزارش مرحله سوم پروژه، بر پایه دستاوردهای گزارش کنونی، چشم‌انداز، اهداف کلان و راهبردهای رسیدن به این اهداف در حوزه ابزار دقیق نیروگاه‌های کشور تشریح خواهد شد.

## منابع و مراجع

- [۱] گزارش مرحله اول پروژه " تدوین سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها " پژوهشگاه نیرو
- [۲] گزارش مرحله دوم پروژه " مدلسازی اجزاء اصلی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی و شبیه‌سازی کامپیوتری آنها با هدف شناسایی سیستم کنترل و عملکرد دینامیکی نیروگاه " پژوهشگاه نیرو
- [۳] گزارش مرحله دوم پروژه " بررسی جزئیات عملکرد سیستم‌های اصلی کنترل بویلر بازیاب و سیستم کنترل بار واحد (سیستم ULC) در نیروگاه سیکل ترکیبی " پژوهشگاه نیرو
- [۴] عبدلخالق فاضلی "تجهیزات ابزار دقیق و محرک‌های بویلر و توربین" دانشگاه علم و صنعت
- [5] [www.vishaypg.com](http://www.vishaypg.com)
- [6] [www.engineersgarage.com](http://www.engineersgarage.com)
- [7] M.M. Jatlaoui, F. Chebila, P. Pons, " Pressure sensing approach based on electromagnetic transduction principle", Microwave Conference, 2008
- [8] [www.opsens.com](http://www.opsens.com)
- [9] F. Urban, J. Kadlec, "Design of a Pressure Sensor Based on Optical Fiber Bragg Grating Lateral Deformation", Sensors 2010
- [10] <http://btmco.ir>
- [11] J.C. Greenwood, " Resonant pressure sensors ", IET, 1993
- [12] <http://www.amsys.de>
- [13] [www.kavlico.com](http://www.kavlico.com)
- [14] [www.ge-mcs.com](http://www.ge-mcs.com)
- [15] Lung-Tai Chen, Jin-Sheng Chang, 'Fabrication and Performance of MEMS-Based Pressure Sensor Packages Using Patterned Ultra-Thick Photoresists", Sensors 2009
- [16] [www.st.com](http://www.st.com)
- [17] Ni xiao-qi, Wang Ming, " A novel optical fibers MEMS pressure sensor", Journal of Physics, 2006
- [18] Qingxu YU and Xinlei ZHOU, " Pressure Sensor Based on the Fiber-Optic Extrinsic Fabry-Perot Interferometer," Photonic Sensors, 2011
- [19] [www.noandishaan.com](http://www.noandishaan.com)

- [20] Ming Li, Ming Wang, and Hongpu Li, " Optical MEMS pressure sensor based on Fabry-Perot interferometry", Optics Express, 2006
- [21] Phil Danielson, " Thermal Conductivity Gauges ", Vacuum
- [22] [www.abb.com](http://www.abb.com)
- [23] [http://en.wikipedia.org/wiki/Flame\\_detector](http://en.wikipedia.org/wiki/Flame_detector)
- [24] [http://en.wikipedia.org/wiki/Gas\\_leak\\_detection](http://en.wikipedia.org/wiki/Gas_leak_detection)
- [25] <http://spectrex-inc.com/detect/sharpeye>
- [26] [www.eclipsenet.com](http://www.eclipsenet.com)
- [27] Yizhong Wang<sup>1</sup>, Zheng Li, "Surface Acoustic Wave Flow Sensor ", IEEE Conference ,2011
- [28] [www.hach.com](http://www.hach.com)
- [29] Xiaofeng Zhou, Tao Jiang, A Quartz tuning fork-based humidity sensor using Nanocrystalline Zinc oxide thin film coatings, International Conference on Information Acquisition, 2006
- [30] S.G. Joshi, J.G. Brace, "Measurement of Humidity Using Surface Acoustic Waves", Ultrasonics Symposium, 1985
- [31] Xiaoning Jiang, Kyungrim Kim, "High-Temperature Piezoelectric Sensing ", Sensors, 2014
- [32] Ni xiao-qi, Wang Ming, "A novel optical fibers MEMS pressure sensor", Journal of Physics: Conference Series ,2006
- [33] [http://controller.blog.ir/1393/07/27/Meet\\_pressure\\_sensor](http://controller.blog.ir/1393/07/27/Meet_pressure_sensor)
- [34] Jared Kirschner, Surface Acoustic Wave Sensors (SAWS), MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS, 2010
- [35] <http://nuclearpowertraining.tpub.com>
- [36] [www.nmpa.ir](http://www.nmpa.ir)
- [37] [www2.emersonprocess.com](http://www2.emersonprocess.com)
- [38] M Maqsood, J Ali, A Usman, " M Maqsood<sup>1</sup>, J Ali<sup>2</sup>, A Usman<sup>1</sup> ", Journal of Physics: Conference, 2013
- [39] Richard L. Wakeland, "A Study of Venturi Tubes" International Conference on Nuclear Engineering, 2012
- [40] [www.ckgas.com](http://www.ckgas.com)
- [41] [www.engineeringtoolbox.com](http://www.engineeringtoolbox.com)
- [42] [www.petronet.ir](http://www.petronet.ir)
- [43] Li Gang, Li Qiao-Zhen, " Study of the application of the turbine flowmeter ", Electronics and Optoelectronics, 2011

- [44] [www.flowmeters.com/turbine-technology](http://www.flowmeters.com/turbine-technology)
- [45] [www.yokogawa.com](http://www.yokogawa.com)
- [46] Buess, Christian, "Design and Construction of a Pulsed Ultrasonic Air Flowmeter", Biomedical Engineering, IEEE Transactions, 2007
- [47] [http://en.wikipedia.org/wiki/Mass\\_flow\\_meter](http://en.wikipedia.org/wiki/Mass_flow_meter)
- [48] Otakane, K, Sakai, K. ; Seto, M., " Development of the thermal flow meter ", SICE, 2003
- [49] [www.brooksinstrument.com](http://www.brooksinstrument.com)
- [50] Orekhov, Yu.I., Kostyukov, V.Ye., "non-contacting radar flow meter for double-phase gas-and-liquid flows ", Microwave and Telecommunication Technology, 2001
- [51] Shangchun Fan, Jing Tian ; Dezhi Zheng, " Improvement on coriolis mass flowmeter closed-loop control based on analysis of its open-loop characteristics ", Electronic Measurement & Instruments, 2009
- [52] [www.abzaran.com](http://www.abzaran.com)
- [53] [www.omega.com](http://www.omega.com)
- [54] [www.dinel.cz](http://www.dinel.cz)
- [55] Orekhov, Yu.I., Rybalchenko, A.A. ; Katin, S.V., " non-contacting radar level meter for hydrocarbon materials and products of their processing stored in tanks ", Microwave and Telecommunication Technology, 2001
- [56] [www.lunainc.com](http://www.lunainc.com)
- [57] [www.abzar-control.com](http://www.abzar-control.com)
- [58] [www.heatracing.co.uk](http://www.heatracing.co.uk)
- [59] [www.instrumart.com/products](http://www.instrumart.com/products)
- [60] [www.cn-crane.com](http://www.cn-crane.com)
- [61] Orme, E.A, " Applications of time domain reflectometry in process control", Advances in Sensors for Biotechnology, 1988
- [62] <http://krohne.com>
- [63] [www.pcb.com](http://www.pcb.com)
- [64] [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- [65] [www.Sem.org](http://www.Sem.org)
- [66] [www.scme-mn.org](http://www.scme-mn.org)

[۶۷] طراحی یک شتابسنج خازنی - علی ابوالقاسمی آزاد - نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران - جلد ۳۹ - شماره ۶ -

- [68] Article - MEMS Accelerometers-Matej Andrejasic-march2008
- [69] REFET FIRAT YAZICIOĞLU,"surface micromachined capacitive accelerometer using MEMS technology", 2003
- [70] Umopathy, M, Sujan, Y. ; Suresh, K, " Piezoelectric based resonance displacement sensor ", Sensors Applications Symposium (SAS), 2013
- [71] [www.memsic.com](http://www.memsic.com) ([accelerometer sensor magazine](#))
- [72] lin lin, "Design and analysis of microthermal Accelerometer", simon fraser university, 2004
- [73] Vivek Agarwal, " Design steps for bulk micro machined single axis silicon capacitive accelerometer with optimised device dimensions ", Journal of Physics: Conference, 2006
- [74] [www.evdevco.com](http://www.evdevco.com)
- [75] <http://bits.me.berkeley.edu>
- [76] P.Hartemann, P.-L.Meunier,"Surface Acoustic Wave Accelerometer", Ultrasonics Symposium, 1981
- [77] [www.evi.com/q/facts\\_about\\_piga\\_accelerometer](http://www.evi.com/q/facts_about_piga_accelerometer)
- [78] <http://www.ohmicinstruments.com/home>
- [79] Yin Liang, Liu Xiaowei, "High resolution interface circuit for closed-loop accelerometer" Journal of Semiconductors, 2011
- [80] [www.bestech.com.au](http://www.bestech.com.au)
- [81] Su, S.X.P, Yang, H.S.; Agogino, A.M. "A resonant accelerometer with two-stage microleverage mechanisms fabricated by SOI-MEMS technology", Sensors Journal,2005
- [82] J.J.Steele, G.A.Fitzpatrick, "Capacitive Humidity Sensors With High Sensitivity and Subsecond Response Times", Sensors Journal, 2007
- [83] H. Farahani, R. Wagiran , " Humidity Sensors Principle, Mechanism, and Fabrication Technologies: A Comprehensive Review " Sensors, 2014
- [84] YiFan Wang, " Fabrication of Relative Humidity Sensors based on Polyimide Nanoparticles ", SIMON FRASER UNIVERSITY, 2009
- [85] [www.Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org)
- [86] Jacob Fraden, " handbook of modern Sensors ", Springer, 2010
- [87] Chia-Yen Lee, " MEMS-based humidity sensors with integrated temperature sensors for signal drift compensation ", Sensors, 2003. Proceedings of IEEE, 2003
- [88] Lung-Tai Chen, Chia-Yen Lee "Mems based humidity sensors with integrated temperature ", Elsevier, 2008



- [89] sorli brice, "Quartz crystal micro balance (QCM) used as humidity sensor " Elsevier, 2014
- [90] wei \_ping chen, Zhen-Gang Zhao, "A capacitive humidity sensors based on multi wall carbon nanotubes (MWCNTS), *Sensors* 2009
- [91] [www.npl.co.uk](http://www.npl.co.uk)
- [92] [www.mybacharach.com](http://www.mybacharach.com)
- [93] Craig A. Grimes, Somnath C. Roy, "Theory, Instrumentation and Applications of Magnetoelastic Resonance Sensors: A Review", *Sensors*, 2011
- [94] C.R.Hewson, " Verification of Rogowski current transducer's ability to measure fast switching transients ", Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2006
- [95] W.F.Ray, " High performance Rogowski current transducers Industry Applications Conference, 2000
- [96] R.S. Popovic, " A method for spark rejection in ultraviolet flame detectors ", IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2000
- [97] [www2.emersonprocess.com](http://www2.emersonprocess.com)
- [98] [www.honeywellanalytics.com](http://www.honeywellanalytics.com)
- [99] [www.fike.com/products](http://www.fike.com/products)
- [100] [www.micropackamericas.com](http://www.micropackamericas.com)
- [101] R. A. DEWAR, " THE FLAME IONIZATION DETECTOR A THEORETICAL APPROACH ", JOURNAL OF CHROMATOGRAPHY, 1961
- [102] [www.lesman.com/unleashd/catalog/combustion/combustion\\_honeywell\\_Q340Thermocouples.html](http://www.lesman.com/unleashd/catalog/combustion/combustion_honeywell_Q340Thermocouples.html)
- [103] [www.generalmonitors.com/Gas-Detectors](http://www.generalmonitors.com/Gas-Detectors)
- [104] [www.flir.com/thermography](http://www.flir.com/thermography)
- [105] [www.gasleakmonitor.com](http://www.gasleakmonitor.com)
- [106] Javid Huseynov, Shankar Baliga "Gas-Leak Localization Using Distributed Ultrasonic Sensors ", Smart Sensor Phenomena, Technology, Networks, and Systems 2009
- [107] R. L. Grob and E. F. Barry, Modern Practice of Gas Chromatography, 4th ed. Hoboken: Wiley-Interscience, 2004
- [108] J. Fraden, Handbook of Modern Sensors : Physics, Designs, and Applications, 2nd ed. ed. vol. xiv, 556 p. .: Woodbury, N.Y. American Institute of Physics, 1996.
- [109] McGraw-Hill, Concise Encyclopedia of Chemistry. New York:, 2004

- [110] R. L. Grob and E. F. Barry, *Modern Practice of Gas Chromatography*, 4th ed. Hoboken: Wiley-Interscience, 2004
- [111] M. Kim and S. Mitra, "A Microfabricated Microconcentrator for Sensors and Gas Chromatography," *Journal of Chromatography A*, vol. 996, 2003
- [112] B. Alfeeli, D. Cho, M. Ashraf-Khorassani, L. T. Taylor, and M. Agah, "Mems-Based Multi-Inlet/Outlet Preconcentrator Coated by Inkjet Printing of Polymer Adsorbents," *Sensors and Actuators B, Chemical*, vol. 133, 2008
- [113] S. Zampolli, I. Elmi, J. Stürmann, S. Nicoletti, L. Dori, and G. C. Cardinali, "Selectivity Enhancement of Metal Oxide Gas Sensors Using a Micromachined Gas Chromatographic Column," *Sensors and Actuators B: Chemical*, vol. 105, 2005
- [114] A. D. Radadia, A. Salehi-Khojin, R. I. Masel, and M. A. Shannon, "The Fabrication of All-Silicon Micro Gas Chromatography Columns Using Gold Diffusion Eutectic Bonding," *Journal of Micromechanics and Microengineering*, 2010
- [115] G. Vas and K. Vékey, "Solid-Phase Microextraction: A Powerful Sample Preparation Tool Prior to Mass Spectrometric Analysis," *Journal of Mass Spectrometry*, vol. 39, 2004
- [116] R. R. Reston and E. S. Kolesar, Jr., "Silicon-Micromachined Gas Chromatography System Used to Separate and Detect Ammonia and Nitrogen Dioxide-Part I: Design, Fabrication, and Integration of the Gas Chromatography System," *Microelectromechanical Systems, Journal of*, vol. 3, pp. 134-146, Dec. 1994.
- [۱۱۷] مرتضی مظفری "مطالعه و بررسی دستگاه اندازه‌گیری ارزش حرارتی گاز طبیعی با فناوری میکرو GC" پژوهشگاه نیرو، ۲۰۱۳
- [118] Jerzy Filipiak, Lech Solarz, "Surface Acoustic Wave (SAW) Vibration Sensors", *Sensors*, 2011
- [119] [www.ia.omron.com/products](http://www.ia.omron.com/products)
- [120] Alessio Carullo and Marco Parvis, "An Ultrasonic Sensor for Distance Measurement in Automotive Applications", *IEEE SENSORS JOURNAL*, 2001
- [121] [www.instrumentationtoday.com](http://www.instrumentationtoday.com)
- [122] [www.capacitance-sensors.com](http://www.capacitance-sensors.com)
- [123] [www.micro-epsilon.com](http://www.micro-epsilon.com)
- [124] [www.sensorcentral.com](http://www.sensorcentral.com)
- [125] [www.epsilon.com](http://www.epsilon.com)
- [126] [www.sensorwiki.org](http://www.sensorwiki.org)
- [127] Keith Antonelli, "Displacement Measurement, Linear and Angular", 1999

- [128] [http://traktoria.org/files/instrumentation/mech\\_parameters/Ra-6-acceleration.pdf](http://traktoria.org/files/instrumentation/mech_parameters/Ra-6-acceleration.pdf)
- [129] Morteza Mozafari, " Design and fabrication of piezo-optical Fabry-Perot voltage sensor ", Fiber-Optics and Photonics Technology Conference, 2008 IEEE
- [130] [www.acuitylaser.com](http://www.acuitylaser.com)
- [131] Y. H. Kim, M. J. Kim, M. S. Park, J. H. Jang and B. H. Lee "Hydrogen Sensor Based on A Palladium-Coated Long-Period Fiber Grating Pair", Journal of the Optical Society of Korea, 2008
- [۱۳۲] مرتضی مظفری " مطالعه و بررسی حسگرهای هیدروژن " پژوهشگاه نیرو، ۱۳۸۸
- [133] CL.Spencer, V.Watson, "Trace gas detection of molecular hydrogen H(2) by photoacoustic stimulated Raman spectroscopy", 2012
- [134] S. Dong, F. Bai, J.F. Li, and D. Viehland, "A Piezoelectric Sound-Resonance-Cavity for H2 Gas Detection," IEEE Transactions of UFFC, 2003.
- [135] J. Albert Chiou and Steven Chen "Thermal Hysteresis Analysis of MEMS Pressure Sensors", Journal Of Micro Electromechanical Systems, vol. 14, No. 4, AUG. 2005.
- [136] IEEE report "Micromachind thermal conductivity hydrogen detector for automotive application", 2002.
- [137] Robert Bosch Gmbh,"Thermal Gas Sensing Properties Of A Micromachined Thermal Conductivity Sensor For The Detection Of Hydrogen In Automotive Application" Elsevier, November 2001.
- [138] [www.icheh.com](http://www.icheh.com)
- [139] [www.chemgroup.ir](http://www.chemgroup.ir)
- [140] [www.medicaleng.ir](http://www.medicaleng.ir)
- [141] [www.chemistmag.com](http://www.chemistmag.com)
- [142] L. Ebdon, «An Introduction to Atomic Adsorption Spectroscopy», Heyden, 1982.
- [143] <http://chemdep.com>
- [144] <http://edu.nano.ir>
- [145] Navid M.S. Jahed, Tofiq Nurmohammadi, "Enhanced Resolution Fiber Optic Strain Sensor Based on Mach-Zehnder Interferometer and Displacement Sensing Principles", Sharif University of Technology, 2006.
- [146] A.R. Mejia-Aranda, M.A. Basurto-Pensado, "Fiber Optic Pressure Sensor of 0–0.36 psi by Multimode Interference Technique", Journal of Applied Research and Technology, 2013.

- [147] Xiaoyong Chen, David Garcia, "Mach-Zehnder Interferometer Based on All-fiber Multimode Interference Device for DPSK Signal Demodulation", Department of Technology photonics, 2010
- [148] H. Y. Fu, H. Y. Tam, Li-Yang Shao, Xinyong Dong, "Pressure sensor realized with polarization-maintaining photonic crystal fiber-based Sagnac interferometer", Optical Society of America, 2008.
- [149] Lok-Hin Cho, Chuang Wu, Chao Lu, Hwa-Yaw Tam, "A Highly Sensitive and Low-Cost Sagnac Loop Based Pressure Sensor", IEEE SENSORS JOURNAL, 2013.
- [150] Dhiraj Ahuja, Deepa Parande, "Optical sensors and their applications", Journal of Scientific Research and Reviews Vol. 1(5), 2012.
- [151] Juyoung Joung, Kyung-Chan Kim, "Miniature Fiber Optic Fabry-Perot Pressure Sensor", Journal of the Korean Physical Society, 2007.
- [152] Frantisek Urban, Jaroslav Kadlec, "Design of a Pressure Sensor Based on Optical Fiber Bragg Grating Lateral Deformation", Sensors Journal, 2010
- [153] C.L. Wong, "Application of spectral surface plasmon resonance for gas pressure sensing", Department of Physics and Materials Science, City University of Hong Kong, 2002.
- [154] Y. Yeh, H.Z. Cummings, Localized fluid flow measurements with an He-Ne laser Spectrometer, Applied Physics Letters, 1964.
- [155] David A. Jackson, Christopher N. Pannel, Principles of Laser Doppler Velocimetry, Handbook of Optical Fiber Sensing Technology, 2002.
- [156] Ting-I Wang, Optical Flow Sensor Using a Fast Correlation Algorithm, US 6,611,319 B2, 2003.
- [157] Jody Parker, Gordon Stobie, Ivan Melnyk, Chip Letton, Flare Metering with Optics From Blue-Sky Technology to the Real World, 25th International North Sea Flow Measurement Workshop, 2007.
- [158] J. Hyde, Gas velocity measurement by infrared radiation absorption, WIPO 02/077578 A1, 2002.
- [159] Derek Montgomery, David Yue Yan, Optical Flow Meter for Measuring Gases and Liquids in Pipelines, US 7,265,832 B2, 2007.
- [160] Jason Smith, Fiber-Optic Sensors as Accelerometers and Opto-Mechanical Strain Gauges, Mississippi State University

- [161] Yuri N. Keilman, LINEAR SAGNAC EFFECT, SAGNAC ACCELEROMETER, PROPOSED EINSTEIN'S EQUIVALENCE PRINCIPLE TEST, the general science Journal.
- [162] Chris Baldwin, Jack Niemczuk, Jason Kiddy, Review of Fiber Optic Accelerometers, Systems Planning & Analysis.
- [163] M. Hernandez, C. R. Zamarreno, I. R. Matias, F. J. Arregui, "Optical fiber humidity sensor based on surface plasmon resonance in the infra-red region", Journal of Physics, 2009.
- [164] Izabela Naydenova, "A visual indication of environmental humidity using a colour changing hologram recorded in a self-developing photopolymer", Centre for Industrial and Engineering Optics, 2008.
- [165] A.V. Khomenko, Fiber optic sensing of relative humidity using a twin low coherence interferometer, REVISTA MEXICANA DE FISICA, 2010.
- [166] <http://index.co.za/pdfdownloads/MoistTechIR3000.pdf>
- [167] راضیه قبادی، بیژن غفاری، ارتعاش‌سنج لیزر داپلر، نشریه صوت و ارتعاش، بهار ۱۳۹۱.
- [168] A. W. Domanski, T. Poczesny, An optical fiber loop sensor for vibration monitoring, PHOTONICS LETTERS OF POLAND, 2010
- [169] S. Mukarugina, R. Martinez Manuel, Fiber Bragg grating sensor for vibration sensing, University of Johannesburg, 2006.
- [170] ندا یاوری، گزارش پروژه طراحی و ساخت حسگر نوری اندازه‌گیری اکسیژن محلول در آب به همراه واکویر مربوطه، ۱۳۸۸.
- [171] A.L. Chaudhari, A.D. Shaligram, Development of fiber optic PH meter based on Colorimetric principle, Indian Journal of pure and applied physics, 2001.
- [172] Alan G. Ryder, Sarah Power, Fluorescence lifetime based pH sensing using Resorufin, Department of Physics, National University of Ireland-Galway.
- [173] Bernhard M. Weidgans, New Fluorescent Optical pH Sensors with Minimal Effects of Ionic Strength, 2004.
- [174] سید سعید میریان، فرهاد عظیمی‌فر، نحوه پایش و اندازه‌گیری سرعت دوران، جابجایی دورانی و شتاب یک شفت دوار به صورت On-line، کنفرانس ملی مهندسی ساخت و تولید دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، ۱۳۸۶.
- [175] Andrew Koller, A Magneto-Optical Tachometer Based on the Faraday, Siemens-Westinghouse Competition, 2000
- [176] <http://saba.kntu.ac.ir/eecd/ecourses/instrumentation/projects/reports/Speed/stroboscopic%20sensor.htm>
- [177] سعید نظری، گزارش پروژه طراحی و ساخت سیستم پایش مداوم گاز دودکش نیروگاه‌ها، گروه محیط زیست پژوهشگاه نیرو، ۱۳۸۹.

- [178] Vadim Malkov, Dietmar, oil in water Fluorescence sensor in wastewater and other industrial applications
- [179] <http://www.intlsensor.com>
- [180] <http://www.gasera.fi/technology/platforms/ir-pas>
- [181] محمد عروتی‌نیا، علیرضا صدرایی، حسگرهای گاز نیمه هادی مبتنی بر فناوری لایه نازک و لایه ضخیم، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- [182] سید محمد فیروزآبادی، ندا یآوری، رضا خدامی‌نظر، گزارش پروژه طراحی و ساخت نمونه نیمه صنعتی ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان نوری ۶۳ کیلوولت، گروه الکترونیک، کنترل و ابزار دقیق پژوهشگاه نیرو، ۱۳۸۱.
- [183] سید محمد فیروزآبادی، حمیدرضا آذری‌نیا، ندا یآوری، رضا خدامی‌نظر، گزارش پروژه طراحی و ساخت نمونه نیمه صنعتی ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان نوری ۶۳ کیلوولت، گروه الکترونیک، کنترل و ابزار دقیق پژوهشگاه نیرو، ۱۳۸۲.
- [184] ندا یآوری، کاربرد اپتیک در شبکه‌های قدرت، شماره ۳۸ فصلنامه برق، ۱۳۸۲.
- [185] B. R. Kinkade, Bringing Nondispersive IR Spectroscopic Gas Sensors to the Mass Market, Sensors Mag., 2000.
- [186] Y. H. Kim, M. J. Kim, M. S. Park, J. H. Jang, Hydrogen Sensor Based on A Palladium-Coated Long-Period Fiber Grating Pair, Journal of the Optical Society of Korea, 2008.
- [187] C. Caucheteur, M. Debliquy, D. Lahem Catalytic Fiber Bragg Grating Sensor for Hydrogen Leak Detection in Air, IEEE, 2008.
- [188] Kari E. Maatta; Juha Tapio Kostamovaara, High-accuracy liquid level meter based on pulsed time of flight principle, SPIE, 1997.
- [189] L.C.Bobb, Method of measuring liquid level with a thermal interface detection, United State Patent No.5,367,175, 1994.
- [190] C. R. Rudy, S. Bayliss, FIBER OPTIC CALORIMETRY, Institute of Nuclear Materials Management, 1998.
- [191] P.G. Davis, I.J. Bush, Fiber Optic Calorimeter, 2014.
- [192] آرش مظاهری، امین خوش نیت آرام، پگاه فروهرراد، روش های فاصله‌سنجی بوسیله لیزر، هشتمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق، ۱۳۸۴.
- [193] Yi Zou, Xiaopeng Dong, Ganbin Lin, Reza Adhami, Wide Range FBG Displacement Sensor Based on Twin-Core Fiber Filter, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, 2012.
- [194] Ming-Hung Chiu, at.al, Small displacement measurement based on surface Plasmon resonance and heterodyne interferometry, SPIE, 2006.

- [195] Yoshiharu Morimoto, Motoharu Fujigaki, Three-Dimensional Displacement and Strain Measurements by Windowed Phase-Shifting Digital Holographic Interferometry, Advanced Holography – Metrology and Imaging, 2011.
- [196] Takuma Matsuo, Hideo Cho and Mikio Takemoto, "LEAK DETECTION OF PIPE LINE BY AN OPTICAL FIBER AE SENSING SYSTEM", NDT for Safety, November 07–09, 2007.
- [197] [www.ieee.org](http://www.ieee.org), [www.cisco.com](http://www.cisco.com)
- [198] Ying Cui, Perry Ping Shum, Dora Juan Juan Hu, Temperature Sensor by Using Selectively Filled Photonic Crystal Fiber Sagnac Interferometer, IEEE photonics Society, 2012.
- [199] H.-P. Chiang, H.-T. Yeh, C.-M. Chen, Surface plasmon resonance monitoring of temperature via phase measurement, Elsevier, 2004.
- [200] T.L. Shaji Sam, V. Vadivelan, P.T Ajith Kumar, A Real -Time Holographic Sensor for Remote Surface Temperature Monitoring and Measurement, Proceedings of the National Seminar & Exhibition on Non Destructive Evaluation, 2009.
- [201] Noritomo Hirayama, Yasukazu Sano, Fiber Bragg grating temperature sensor for practical use, Elsevier, 2000.
- [202] J.Kucharski, J.McGhee, L.Michalski, K.Eckersdorf, Temperature Measurment, John Wiley& sons, 2001.
- [203] Md. Rajibul Islam, Muhammad Mahmood Ali, Man-Hong Lai, Kok-Sing Lim, Harith Ahmad, Chronology of Fabry-Perot Interferometer Fiber-Optic Sensors and Their Applications, Sensors Journal, 2014.
- [204] Yundong Zhang, Changqiu Yu, Mach-Zehnder interferometer as a temperature sensor based on the nested fiber ring resonator, Seventh International Conference on Sensing Technology, 2013.
- [205] S. W. Harun, M. Yasin, H. A. Rahman, H. Arof, Fiber Optic Temperature Sensors, Photonic Research Center, 2012.
- [206] M. Brenci, G. Contorti, R. Falciai, A. G. Mignani, Thermochromic Transducer Optical Fiber Temperature Sensor, SPIE, 1984.
- [207] M.A. Soto, P.K. Sahu, S. Faralli, G. Bolognini, F. Di Pasquale, B. Nebendahl, Distributed temperature sensor system based on Raman scattering using correlation-codes, ELECTRONICS LETTERS, 2007.
- [208] Liang Wang, Bin Zhou, Distributed Temperature Sensing Using Stimulated-Brillouin-Scattering-Based Slow Light, IEEE, 2013.



- [209] Pedro A. S. Jorge, Susana O. Silva, Carlos Gouveia, Paula Tafulo, Fiber Optic-Based Refractive Index Sensing at INESC Porto, Sensors Journal , 2012.
- [210] Gao Wang, Xiao Yan Wang, Temperature Measurement Technology with Sapphire Fiber Blackbody Sensor, International Conference on Optics, 2010.
- [211] B.C. Yadav, Richa Srivastava, Temperature Sensors based on Semiconducting Oxides: An Overview, ARXIV , 2012.
- [212] C. Bernuer, " Temperatur measurement on overhead transmission lineutilizing saw sensors", international conference of electricity distribution, 2007
- [213] Minghong Yang and at.al, "Optical fiber sensors based on Fabry-Perot multilayer coatings", CHINESE OPTICS LETTERS, 2010.
- [214] Lutang Wang, Nian Fang and Zhaoming Huang, Polyimide-Coated Fiber Bragg Grating Sensors for Humidity Measurements, license InTech, 2012.
- [215] Shibabrata Basak, Sarmila Dutta, Partha Roy Chaudhuri, ZnO based Fiber Optic Humidity Sensor, International Journal of Soft Computing and Engineering, 2011.
- [216] Biao Wang, Fujun Zhang and at.al, An optical fiber humidity sensor based on optical absorption, SPIE, 2011.
- [217] Jinjie Shi, Vincent K.S. Hsiao and ay.al, Humidity sensing based on nanoporous polymeric photonic crystals, Sensors and Actuators, 2008.
- [218] D.K. Benson, C.E. Tracy, and at.al, Low-Cost, Fiber-Optic Hydrogen Gas Detector Using Guided-Wave, Surface-Plasmon Resonance in Chemochromic Thin Films, 1998.
- [219] Zhang Yi, Li Qi Sheng, Fiber Optic Hydrogen Sensor resisting Temperature Interference, SPIE, 2011.
- [220] [www.controlglobal.com](http://www.controlglobal.com)
- [221] [www.marketingreprints.com/](http://www.marketingreprints.com/)
- [222] [www.siemens.com](http://www.siemens.com)
- [223] [www.yokogawa.com](http://www.yokogawa.com)
- [224] [www.alstom.com](http://www.alstom.com)
- [225]. R. Kehlhofer, "Combined-Cycle Gas and Steam Turbine Power Plant," Pennwell, 1997.



## پیوست شماره‌ی یک

### جدول حسگرها

روش اندازه‌گیری		حسگر	ردیف
	دیافراگمی	فشار	۱
	خازنی		
	الکترومغناطیسی		
	پیزوالکتریک		
پلاسمون	نوری		
فابری پرو			
سگ نک			
فیبر نوری			
ماخ- زندر			
Fiber Bragg Grating (FBG) پراش براگ یا			
	پتانسیومتری		
	رزونانس		
	پیزو رزیستور		
	MEMS		
	MOEMS		
	هدایت گرمایی		
	یونیزاسیون		
	Surface Acoustic Wave (SAW)		
	توزیع فشار سطحی		
	فشاری		
	Orifice Plates		
	Venture Tubes		
	Rota meters		
	سرعتی		
	Turbine		
	Vortex		
	اولتراسونیک		
	جرمی		
	حرارتی		
	جابجایی مثبت		
	رادار		
شیفت داپلر	نوری		
Scintillation			
جذب نور فرسرخ			
روش L2F			
	مغناطیسی		
	کوربولیس		
	پیزوالکتریک		

Surface Acoustic Wave			
	شناوری	سطح	۳
	اولتراسونیک		
	سایت گلاس		
	هیدرواستاتیک		
	رادار		
زمان پرواز	نوری		
منشور			
اختلاف حرارت			
فیبر نوری			
	مغناطیسی		
	بویانسی		
	اشعه گاما		
	Vibro level switch		
	پره‌ای		
	TDR		
	مقاومت الکتریکی	دما	۴
	پلاتینی		
دو سیمی	مقاومتی		
سه سیمی			
	گازی		
	مایعی		
	انبساط سیال		
	الکتریکی		
	کریستال کوآرتز		
	ترموکوپل		
پراکندگی رامان	نوری		
Sagnac			
پراکندگی بریلوئن			
تغییر ضریب شکست			
تداخل سنج فابری- پرو			
تداخل سنج ماخ- زندر			
نیمه‌رسانای GaAs			
جسم سیاه			
ترموکرومیک			
فلورسانت			
FBG			
پلاسمون			

هولوگرافیک			
پیرومتر یا ترموالکتریک			
دوربین ترموگرافی			
	آلتراسونیک		
	High Temperature Piezoelectric sensing by MEMS		
	Surface Acoustic Wave		
با خروجی DC	تاکومترهای الکترومغناطیسی	سرعت	۵
با روتور مغناطیس دائم			
القای AC			
روتور دندانهای			
لیزری	نوری	سرعت	۵
مگنتوآپتیک فارادی			
استربوسکوپ			
	اینکودرهای چرخشی		
	تاکومتر سویچی		
	تاکومتر کرنشی		
	PIGA	شتاب	۶
	Quantum		
فیبر نوری	نوری		
FBG			
Sagnac			
	پیزوالکتریک		
	پیزومقاومتی		
	spring mass		
	Electromechanical servo		
	Thermal		
	Microthermal		
	Thermal MEMS		
	Strain gauge		
	Surface micromachined capacitive		
	Bulk micromachined capacitive		
	Surface acoustic wave		
	Resonance		
	closed loop electrostatic		
	Capacitive	رطوبت	۷
	Resistive		
	Hygrometric		
	Gravimetric		

جذب اپتیکی	نوری		
پلاسمون			
هولوگرافیک			
sagnac			
فابری پرو			
FBG			
فیبر نوری			
فوتونیک کریستال			
مادون قرمز			
	MEMS		
	پیزوالکتریک		
	Thermal conductivity		
	Chilled Mirror dew point hygrometers		
	Metal – paper coil type		
	Psychrometer (wet & dry bulb Thermometers)		
	Sling psychrometer		
	Capacitive carbon nanotube		
	Quartz crystal microbalance		
	Surface Acoustic Wave (SAW)		
	Quartz tuning fork		
	Magneto elastic		
	ultraviolet	شعله‌بین	۸
	IR3 ,Dual IR ,Infrared Near IR Array		
	UV/IR		
	Visible		
	Video		
	Ionization current flame detection		
	Thermocouple		
	Electrochemical gas detectors	نشستی گاز	۹
	Infrared point		
	Infrared imaging		
	Semiconductor		
	اولتراسونیک		
	نوری		
	پیزوالکتریک	ارتعاش	۱۰

	Piezoresistive			
	خازنی			
Laser Doppler	نوری			
فیبر نوری				
	Surface Acoustic Wave			
	نوری - دوربین ماورا بنفش	تخلیه جزئی	۱۱	
	الکترومغناطیس			
	اولتراسونیک	اندازه‌گیری فاصله موقعیت	۱۲	
	Capacitive			
	Eddy-current			
	Surface acoustic wave			
	Proximity			
تداخل سنجی	نوری			
جابجایی فاز				
FMCW				
مثلث سازی				
زمان پرواز				
FBG				
پلاسمون				
هولوگرافیک				
				Liner variable differential transformers
				Potentiometric sensor
	Encoders			
	Seismic displacement pick-up			
	draw wire sensor			
	Magneto-inductive			
Laser confocal microscope	Confocal			
CCS prima confocal				
	Rotary variable diffrential transformers(RVDT)			
	پیزوالکتریک			
جریان - مگنتوآپتیک فارادی	نوری	ولتاژ و جریان	۱۳	
ولتاژ - اثر کر و پاکلز				
				Hall effect
	Rogowski			

	پیزوالکتریک		
	پیزوپتیک		
	Capacitor		
	mems		
	Surface Acoustic Wave		
	MEMS	کالریمتر	۱۴
	کروماتوگرافی گاز		
	نوری		
	شیمیایی		
	مقاومتی	هیدروژن	۱۵
فتوآکوستیک	صوتی		
Surface Acoustic Wave	MEMS		
	ساختار سیلیکون		
تداخل سنجی	نوری		
FBG			
فیبر نوری			
مادون قرمز			
پلاسمون			
روش مادون قرمز	نوری	واکاوی روغن ترانس	۱۶
روش فتوآکوستیک			
روش فتویونیواسیون			
حسگرهای نیمه‌هادی			
فلورسانس	نوری	اکسیژن محلول در آب	۱۷
	یدومتری		
	تیتراسیون وینکلر		
	ولتامتری		
روش جذب	نوری	PH آب	۱۸
روش فلورسانس			
	ولتامتری	اندازه‌گیری آهن	۱۹
	جذب اتمی		
	اشعه ایکس		
	تجزیه وزنی		

	تیتراسیون		
	فتومتری		
	تیتراسیون	اندازه‌گیری مس	۲۰
	ولتامتری		
	فتومتری		
	فتومتری	اندازه‌گیری آلومینیوم	۲۱
	تجزیه وزنی		
	کروماتوگرافی	اندازه‌گیری فسفات	۲۲
	فتومتری		
	کمومتریکس		
	کروماتوگرافی	اندازه‌گیری سیلیکا	۲۳
	فتومتری		
	کمومتریکس		
	تیتراسیون	اندازه‌گیری NaOH	۲۴
	فتومتری	هیدرازین	۲۵
	یدومتری		
	تیتراسیون	اندازه‌گیری آمونیاک	۲۶
	فتومتری		
	تیتراسیون	اندازه‌گیری کلر	۲۷
	فتومتری		
	نقره‌سنجی		
	ولتامتری		
	ولتامتری	هدایت الکتریکی آب	۲۸
	تیتراسیون	اندازه‌گیری سختی آب	۲۹
	فتومتری		
	کمپلکسومتری		
	تجزیه وزنی	اندازه‌گیری TDS	۳۰



	تجزیه وزنی	اندازه‌گیری TSS	۳۱
	فتومتری	اندازه‌گیری سدیم	۳۲
	تجزیه وزنی	اندازه‌گیری کلسیم	۳۳
	تجزیه وزنی	اندازه‌گیری منیزیم	۳۴
	تیتراسیون	اندازه‌گیری کربنات	۳۵
	فتومتری	اندازه‌گیری نیترات	۳۶
	تجزیه وزنی	اندازه‌گیری سولفات	۳۷
	روش کدری سنجی		
	روش حجمی		
	روش نوری		
	تیتراسیون	اندازه‌گیری بیکربنات کلسیم	۳۸
	نوری	اندازه‌گیری گازهای خروجی از دودکش نیروگاه	۳۹
جذب فرابنفش	نوری	اندازه‌گیری غلظت روغن آب‌های فرایندی و پساب نیروگاه‌ها	۴۰
فلورسنت			
لیدار			

## پیوست شماره‌ی دو

### نشست نامه‌ها

تاریخ: ۹۳/۴/۳۰				
شماره: ۱				
پیوست:		MQF03-0		
گروه: الکترونیک، کنترل و ابزار دقیق		موضوع نشست: نشست آغازین کمیته راهبردی پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها		
حاضران: آقایان مهندس اسکویی، دکتر افشار، مهندس امینی، مهندس خسروی، مهندس فتحی، مهندس فرهادی، مهندس فرحناکیان، مهندس مرجانمهر، دکتر منتظری، دکتر مهاجرزاده، مهندس نریمانی و خانم مهندس اشرفی				
آغاز: ۱۱:۳۰		پایان: ۱۳:۳۰		
<b>دستور نشست:</b> آشنایی ابتدایی اعضای کمیته، طرح‌های کلان پژوهشگاه نیرو، پروژه‌های تدوین نقشه راه، متدولوژی انجام پروژه‌ها، تعیین چهارچوب مطالعات				
ردیف	موضوعات مطرح شده	اقدام / پیگیری	سررسید	نتیجه / تاریخ
۱	ابتدا آقای مهندس امینی، دبیر کمیته راهبردی، در رابطه با اهداف تعریف و اجرای پروژه‌ی "تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها" توضیحاتی ارائه کردند، سپس اعضای محترم کمیته راهبردی معرفی شدند.			
۲	در ادامه آقای مهندس مرجانمهر، قائم مقام ریاست و معاون محترم پژوهشی پژوهشگاه نیرو، درباره اهداف تشکیل کمیته‌های راهبردی و همچنین برگزاری این نوع نشست‌ها بیان نمودند که برای رشد و پیشرفت در حوزه فناوری‌های مورد نظر، و همچنین رفع نیازهای صنعت برق کشور، لازم است فعالیت‌های سازمان‌یافته‌ای در راستای شناسایی طرح‌ها و پروژه‌های اجرایی اولویت‌دار با به کارگیری توان و ظرفیت‌های حداکثری دانشگاهی و صنعتی کشور انجام گیرد. با توجه به جایگاه و ظرفیت‌های مناسب پژوهشگاه نیرو، مسئولیت انجام این کار از طرف وزارت نیرو به پژوهشگاه نیرو سپرده شده است. ایشان همچنین تاکید نمودند که در اجرای پروژه‌های شناسایی شده از ظرفیت‌های فراوان دانشگاهی و شرکت‌های دانش بنیان کشور استفاده خواهد شد.			
۳	آقای مهندس فرهادی، جانشین محترم معاون پژوهشی، توضیحاتی در قالب پاورپوینت شامل موارد زیر ارائه نمودند:			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ انواع گوناگون نیازهای تحقیقاتی صنعت برق کشور</li> <li>○ ویژگی‌های تحقیقات میان مدت و طولانی مدت صنعت برق</li> <li>○ طراحی فرآیند اصلی مدیریت پژوهش</li> <li>○ چگونگی تعیین عناوین طرح‌های کلان و راهبردی</li> </ul>			
	همچنین ایشان بیان نمودند که برای شناسایی طرح‌های کلان و پروژه‌های وابسته، و همچنین تدوین اسناد راهبردی و نقشه راه صنعت برق کشور نیاز است یک متدولوژی مشخص و آزمایش شده به کار گرفته شود.			

			<p>آقای مهندس خسروی، مشاور محترم متدلوژی پروژه، در خصوص مراحل اصلی اجرای پروژه و چگونگی تهیه اسناد راهبردی و نقشه راه توضیحاتی را در قالب فایل پاورپوینت ارائه نمودند.</p>	۴
			<p>در ارائه دیگری، آقای مهندس امینی علت اصلی انتخاب موضوع اندازه‌گیری پیشرفته (ابزار دقیق) نیروگاه‌ها به عنوان یکی از طرح‌های کلان مورد نظر وزارت نیرو را وابستگی بسیار بالای این بخش به خارج کشور عنوان کردند.</p> <p>با وجود پیشرفت‌های فراوان و خودکفایی در بسیاری از حوزه‌های صنعت برق کشور، بیشتر دستگاه‌های ابزار دقیق مورد نیاز نیروگاه‌ها، از خارج کشور تهیه می‌شود. بنابراین نیاز است در قالب پروژه‌های تدوین نقشه راه و سند راهبردی، نیازهای اولویت دار این حوزه نیز شناسایی شود.</p> <p>در همین راستا گام‌های اساسی مورد نیاز برای شناخت وضعیت موجود، اولویت‌بندی نیازها و در نهایت برنامه ریزی اجرای طرح‌ها و پروژه‌ها معرفی شد. همچنین به صورت کوتاه، به سهم نیروگاه‌های گوناگون در تولید برق کشور و بهره‌گیری از این موضوع برای تعیین چهارچوب مطالعاتی پروژه اشاره و از اعضای محترم کمیته راهبری درخواست شد که نظرات خود را در این خصوص ارائه نمایند.</p>	۵
			<p>آقای دکتر مهاجرزاده، استاد محترم دانشگاه تهران پرسش‌هایی را در خصوص اعتبارات طرح‌های وزارت نیرو، تضمین اجرای بهینه نتایج پروژه تدوین سند راهبردی، پوشش فراگیر فناوری‌های وابسته، و همچنین دوری از ارائه ارقام و آمار غیر واقعی در انتهای کار مطرح نمودند.</p> <p>آقای مهندس مرجانمهر در پاسخ اشاره نمودند که در گام نخست، پروژه‌های تدوین نقشه راه اجرا خواهد شد که نیاز به اعتبارات کلان ندارد. در گزارش‌های خروجی این پروژه‌ها، اعتبارات مورد نیاز انجام طرح‌ها تخمین زده می‌شود، و بر اساس اولویت‌های وزارت نیرو، پروژه‌ها و طرح‌ها اجرا خواهند شد. همچنین عنوان شد هدایت بهینه اجرای پروژه تدوین سند راهبردی وظیفه اصلی کمیته راهبری می‌باشد، و تصمیمات کمیته می‌تواند راهگشای مشکلات اشاره شده باشد.</p>	۶
			<p>آقای دکتر منتظری، استاد محترم دانشگاه صنعت آب و برق، مطالب زیر را مطرح نمودند:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- دلایل انتخاب متدلوژی</li> <li>- پروژه‌های مشابهی که چنین الگویی را استفاده کرده‌اند</li> <li>- مرزبندی بین پروژه‌های تدوین سند راهبردی مانند محور ابزار دقیق و کنترل</li> <li>- ارزیابی‌های اقتصادی مورد نیاز برای انجام طرح‌ها</li> <li>- اولویت بالای نیروگاه‌های سیکل ترکیبی برای آغاز مطالعات با توجه به سهم در تولید برق سال ۹۲</li> </ul>	۷

			<p>که در پاسخ موارد زیر بیان شد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- چند نمونه سند راهبردی از جمله سند راهبردی باد که مجری آن وزارت نیرو می‌باشد، پیش از این با متدلوژی مورد نظر تهیه شده است.</li> <li>- در حین انجام پروژه، در صورتیکه ناحیه‌های مشترک کاری با کمیته‌های راهبردی طرح‌های کلان دیگر مشاهده شود، هم اندیشی لازم بین کمیته‌ها صورت خواهد گرفت.</li> <li>- ارزیابی اقتصادی در گام‌های واپسین پروژه جاری انجام خواهد شد.</li> <li>- درباره اولویت انتخاب نوع نیروگاه برای آغاز بررسی‌ها در نشست بعدی و با توجه به نظر اعضای کمیته تصمیم‌گیری خواهد شد.</li> </ul>
			<p>آقای دکتر افشار، استاد محترم و مدیر کل دفتر فناوری و ارتباط با صنعت دانشگاه امیرکبیر، مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- زمان‌بندی انجام پروژه</li> <li>- مسئولیت‌های حقوقی اعضای کمیته راهبری</li> <li>- برون سپاری برخی فعالیت‌های پروژه</li> </ul> <p>که در پاسخ موارد زیر بیان شد</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- پروژه مورد نظر دارای مستندات مشخصی است که اطلاعات مورد نظر، از جمله زمان پروژه را در بر می‌گیرد. این مستند برای اعضای کمیته ارسال خواهد شد.</li> <li>- اعضای محترم کمیته نقش هدایتی و مشورتی در پروژه ایفا می‌کنند و هیچ گونه مسئولیت حقوقی متوجه آن‌ها نخواهد شد.</li> <li>- بخشی از فعالیت‌های اجرایی و فنی پروژه در گام شناخت وضعیت موجود به همکاران نیروگاهی برون سپاری خواهد شد.</li> </ul>
			<p>آقای مهندس فرحناکیان، مدیر کل دفتر امور تحقیقات و فناوری شرکت توانیر، در خصوص اهمیت پروژه‌های تدوین سند راهبردی و نقشه راه اشاره نمودند که وجود نقشه راه برای اولویت‌بندی پروژه‌های اجرایی امری ضروری است و تدوین سند و نقشه راه کمک شایانی در پیشبرد اهداف وزارت نیرو دارد. همچنین اشاره نمودند که محور ابزار دقیق و پروژه جاری، در میان طرح‌های وزارت نیرو از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.</p> <p>ایشان پیشنهاد نمودند که گستره پروژه فراتر از نیروگاه‌ها بوده و بررسی‌ها و مطالعات، موضوع اندازه‌گیری پیشرفته در تمام حوزه‌های صنعت برق را در بر گیرد. در همین راستا مقرر شد درباره این موضوع نیز در نشست آینده تصمیم‌گیری شود.</p>

			<p>آقای مهندس نریمانی، رئیس محترم ابزار دقیق نیروگاه شهید منتظری اصفهان نیز بیان نمودند که این پروژه به دلیل دارا بودن نگاه فراگیر و همچنین وجود اراده راسخ برای یکپارچه‌سازی فعالیت‌های پراکنده پژوهشی جاری، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین ایشان به اهمیت صحت اطلاعات ورودی به کمیته راهبری جهت تصمیم‌گیری‌ها اشاره نمودند. اطلاعات ورودی نادرست می‌تواند تصمیم‌گیری‌های نامناسب کمیته را در پی داشته باشد.</p>	۱۰
			<p>در نهایت مقرر شد، صورتجلسه نشست جاری، اطلاعات و مستندات پروژه، گزارش مرحله نخست پروژه، پرسش‌های کلیدی مشخص کننده چهارچوب پروژه و همچنین دستور کار نشست آینده کمیته، از طریق ایمیل برای اعضای محترم کمیته راهبری ارسال و پاسخ‌های مربوطه، برای طرح در نشست آینده دریافت شود. تاریخ برگزاری نشست آینده با هماهنگی اعضای محترم کمیته تعیین خواهد شد.</p>	۱۱
<p><b>دستورنشست آینده:</b> پس از دریافت نظرات اعضای محترم کمیته مشخص خواهد شد.</p>				
<p><b>نام و امضای حاضران نشست:</b></p>				

تاریخ: ۹۳/۷/۲۹		صور تجلسه		
شماره: ۲				
پیوست:		MQF03-0		
گروه: الکترونیک، کنترل و ابزار دقیق		موضوع نشست: نشست دوم کمیته راهبردی پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها		
حاضران: آقایان دکتر افشار، دکتر مهاجرزاده، مهندس امینی، مهندس خانزاده، مهندس کاغذچی، و خانم‌ها مهندس اشرفی، مهندس علایی، مهندس مرتضایی، مهندس یآوری				
پایان: ۱۰:۱۵		غایبان: آقایان مهندس اسکویی، مهندس فرحناکیان، دکتر منتظری، مهندس نریمانی		
آغاز: ۸:۰۰				
دستورنشت: معرفی گام‌های متدلوژی اجرای پروژه و ارائه گزارش فعالیت‌های مراحل اول و دوم				
ردیف	موضوعات مطرح شده	اقدام / پیگیری	سررسید	نتیجه / تاریخ
۱	ابتدا آقای مهندس امینی، در رابطه با برنامه نشست توضیحاتی ارائه کردند، سپس اعضای محترم گروه مشاور پیاده‌سازی متدلوژی پروژه معرفی شدند.			
۲	آقای مهندس کاغذچی، سرپرست تیم مشاورین متدلوژی پروژه، توضیحاتی در قالب پاورپوینت شامل موارد زیر ارائه نمودند: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ مراحل اصلی متدلوژی تدوین اسناد ملی</li> <li>○ شیوه‌ی اجرای مراحل جهت تدوین نقشه راه</li> <li>○ متدولوژی پیشبرد پروژه در فاز ۱ و ۲ که شامل شناخت، الویت‌بندی و آینده پژوهی می‌باشد.</li> </ul>			
۳	آقای مهندس امینی توضیحاتی در قالب پاورپوینت شامل موارد زیر ارائه نمودند: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ فعالیت‌های انجام شده فنی پروژه در مراحل اول و دوم</li> <li>○ اهمیت استراتژیک و دلایل نیاز به بومی‌سازی و منافع اجتماعی - اقتصادی حاصل از بومی‌سازی</li> <li>○ بازیگران کلیدی کشور در اجرای نقشه راه</li> <li>○ جمع‌بندی پاسخ‌های اعضای کمیته به منظور تعیین چهارچوب کار</li> <li>○ جدول حسگرها</li> <li>○ درخت فناوری پایه</li> <li>○ دوره عمر فناوری</li> <li>○ امکانات کشور در ارتباط با فناوری‌های شناسایی شده</li> <li>○ رده بندی فناوری‌ها</li> <li>○ آینده پژوهی فناوری‌های منتخب</li> </ul>			

			<p>که در طول زمان ارائه، در رابطه با هر یک از بندها با اعضای محترم کمیته بحث و تبادل نظر به عمل آمد.</p> <p>آقای دکتر افشار، مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- با توجه به اینکه جدول حسگرهای ارائه شده درصد بالایی از حسگرهای حوزه ابزار دقیق صنعت برق را پوشش می‌دهد، با محدوده فعلی پروژه (تدوین سند راهبردی و نقشه راه اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها) و همچنین انتخاب نیروگاه‌های گازی، بخاری و سیکل ترکیبی به عنوان محدوده هدف ویرایش جاری سند راهبردی موافقت نمودند.</li> <li>- در رابطه با افق زمانی برای انجام پروژه‌ها، پیشنهاد نمودند که افق ۱۴۰۴ در نظر گرفته شود.</li> <li>- با توجه به فهرست بازیگران کلیدی معرفی شده، بهتر است یک نفر از هر گروه در جلسات راهبردی حضور داشته باشند.</li> <li>- درخت فناوری ارائه شده به صورت چند بعدی یا ماتریسی تهیه شود تا ارتباط بین حسگرها و فناوری‌ها بهتر نمایان شود.</li> <li>- جهت الویت بندی فناوری‌ها بهتر است که مطالب تهیه شده برای ذینفعان ارسال شود و با توجه به تخصص آن‌ها امتیاز دهی شود تا در نهایت به جمع بندی کامل‌تری برسیم.</li> <li>- در انتخاب فناوری‌های الویت دار باید شرایط کشور (نقاط قوت، ضعف، تحریم‌ها و ...) در نظر گرفته شود.</li> <li>- پس از انتخاب فناوری‌های الویت دار با دفتر معاونت فناوری ریاست جمهوری هماهنگ شود تا از موازی کاری‌های احتمالی جلوگیری به عمل آید.</li> </ul>	۴
			<p>آقای دکتر مهاجرزاده مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- با محدوده فعلی پروژه (تدوین سند راهبردی و نقشه راه اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها) و همچنین انتخاب نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به عنوان محدوده هدف ویرایش جاری سند راهبردی موافقت نمودند.</li> <li>- بیان نمودند که برخی از فناوری‌های بیان شده با یکدیگر ادغام شده و در قالب یک فناوری عنوان شوند (مانند ادغام فناوری‌های MOEMS، MEMS).</li> <li>- عنوان نمودند که فناوری‌های معرفی شده در درخت فناوری در برخی موارد دارای ابهام می‌باشد. برای نمونه فناوری‌های PIZO و MEMS دو شاخه از درخت فناوری در نظر گرفته شده اند ولی در MEMS از فناوری PIZO نیز استفاده می‌شود.</li> <li>- پیشنهاد نمودند که در خصوص درخت فناوری بازنگری انجام شود تا دارای یکپارچگی و جامعیت باشد.</li> </ul>	۵
			<p>در نهایت مقرر شد، صورتجلسه نشست جاری، اطلاعات و مستندات پروژه، گزارش مرحله نخست پروژه و همچنین دستور کار نشست آینده کمیته، از طریق ایمیل برای اعضای محترم کمیته راهبردی ارسال و پاسخ‌های</p>	۶





مربوطه، برای طرح در نشست آینده دریافت شود. تاریخ برگزاری نشست آینده با هماهنگی اعضای محترم کمیته تعیین خواهد شد.

**دستورنشست آینده:** پس از دریافت نظرات اعضای محترم کمیته مشخص خواهد شد.

**نام و امضای حاضران نشست:**

تاریخ: ۹۳/۱۰/۱۶ شماره: ۳ پیوست: -			
<b>صور تجلسه</b> MQF03-0		<b>موضوع نشست: نشست سوم کمیته راهبری پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها</b>	
<b>گروه: الکترونیک، کنترل و ابزار دقیق</b>		<b>حاضران: آقایان دکتر افشار، دکتر منتظری، دکتر لطیفی، مهندس فرحناکیان، مهندس نریمانی، مهندس امینی، مهندس خانزاده، مهندس فیض و خانم‌ها مهندس اشرفی، مهندس علایی، مهندس یاوری</b>	
<b>غایبان: آقای دکتر مهاجرزاده</b>		<b>آغاز: ۸:۳۰</b> <b>پایان: ۱۰:۴۵</b>	
<b>دستورنشت: ارائه گزارش فعالیت‌های فازهای اول، دوم و سوم پروژه و رایزنی درباره خروجی‌های کلیدی فازها</b>			
ردیف	موضوعات مطرح شده	اقدام / پیگیری	سررسید
	<p>ابتدا آقای مهندس امینی، در رابطه با برنامه نشست توضیحاتی ارائه کردند، سپس آقای دکتر لطیفی به عنوان عضو جدید کمیته راهبری و خبره فناوری‌های اپتیک و اپتوالکترونیک معرفی شدند. در ادامه نیز با مرور کوتاه فعالیت‌های فازهای یکم (مبانی سند) و دوم پروژه (هوشمندی فناوری) که در نشست پیشین (۹۳/۷/۲۹) ارائه شده بود، فعالیت‌های انجام گرفته در فاز سوم پروژه (ارکان جهت ساز) در قالب فایل پاورپوینت و به شرح زیر ارائه شد:</p> <p><b>فاز یکم: مبانی سند</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ چرایی انجام پروژه از منظرهای اقتصادی و اجتماعی</li> <li>○ چهار چوب فعالیت‌های پروژه</li> <li>○ بازیگران کلیدی طرح</li> </ul> <p><b>فاز دوم: هوشمندی فناوری (رصد و برنامه ریزی هوشمندانه فناوری‌ها)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ تجهیزات ابزار دقیق و فناوری‌های مربوطه</li> <li>○ درخت تجهیز - فناوری</li> <li>○ درخت فناوری - تجهیز</li> <li>○ دوره عمر فناوری‌ها</li> <li>○ آینده پژوهی (بررسی محصولات و پروژه‌های شرکت‌ها و مراکز پژوهشی خارجی مرتبط با فناوری‌ها)</li> <li>○ رده‌بندی فناوری‌های حوزه ابزار دقیق بر پایه مدل جذابیت و امکان‌سنجی</li> </ul> <p><b>فاز سوم: ارکان جهت ساز</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ تدوین چشم‌انداز سند راهبردی</li> <li>○ تعیین اهداف کلان سند راهبردی</li> <li>○ راهبرد‌های توسعه فناوری‌های برگزیده حوزه ابزار دقیق</li> </ul>		

همچنین آقای مهندس فیض، سرپرست تیم مشاورین متدلوژی پروژه، توضیحات تکمیلی را، در رابطه با تعیین راهبرد اصلی برای دستیابی به اهداف کلان سند راهبردی ارائه نمودند.

آقای دکتر منتظری، مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:

- با توجه به مطالب بیان شده در رابطه با توجیه اقتصادی انجام پروژه، نیاز است تا علاوه بر آمار مصرف تعمیر و نگهداری سالانه تجهیزات ابزار دقیق نیروگاه ها، به آمار تجهیزات ابزار دقیق احداث سالانه نیروگاه های جدید و همچنین آمار مصرف کل کشور نیز اشاره شود تا توجیه اقتصادی بهتری در سند راهبردی درج گردد.
- تیم پروژه : آمار مصرف تجهیزات ابزار دقیق نیروگاه های سالانه در دست احداث، به گزارش افزوده خواهد شد. آمار مصرف کل کشور نیز، بر پایه گزارش سالیانه گمرک، در گزارش فاز یکم ارائه شده است.
- پرداختن به حسگرهای ابزار دقیق با تمام فناوری های ممکن، در گزارش مرحله دوم ضرورت ندارد و کافی است تنها به معرفی حسگرها و فناوری های موجود که در نیروگاه ها، هم اکنون به کار گرفته می شوند اشاره شود.
- تیم پروژه : تمام حسگرهای معرفی شده، هم اکنون در بخش های گوناگون نیروگاه های حرارتی به

کار گرفته می‌شوند، ولی به دلیل همسو شدن با حرکت جهانی در فناوری های ابزار دقیق و وجود امکان منسوخ شدن فناوری های کنونی، نیاز بوده است تا تمام فناوری های این حوزه شناسایی و گزارش شوند.

- با توجه به فهرست بازیگران کلیدی معرفی شده، بهتر است چرایی و چگونگی درگیر شدن بازیگران کلیدی نیز بررسی و در گزارش عنوان شود.

تیم پروژه : این نکته درست است. بر پایه متدولوژی به کار گرفته شده در پروژه، به این موضوع در فاز چهارم پروژه (اقدامات و سیاست ها) پرداخته خواهد شد تا نقش هر یک از بازیگران کلیدی در سند راهبردی تعیین شود.

- بر اساس درخت فناوری و جدول جذابیت و امکان‌پذیری دو فناوری Optic و Microelectronic انتخاب شده اند ولی از آنجایی که این فناوری‌ها در تجهیزات کنونی ابزار دقیق نیروگاه‌های ایران سهم کمی را دارا می‌باشند نیاز است در انتخاب فناوری‌های اولویت‌دار تجدید نظر شود.

تیم پروژه : با توجه به اینکه در فاز پنجم پروژه (برنامه ریزی عملیاتی پروژه ها) نیاز است تا درباره تجهیزات مورد نظر برای ساخت داخل تصمیم‌گیری، برنامه ریزی و تخمین اعتبار شود، همان گونه که اشاره شد نباید تنها به فناوری های تجهیزات ابزار دقیق کنونی نیروگاه ها بسنده کرد، زیرا ممکن است فناوری های آن ها منسوخ شده، سرمایه گذاری سال های آینده، ثمر بخش نباشد و محصولات تولید شده با فناوری های کنونی، دیگر خواهان نداشته باشند. با این وجود نیاز است تا امکان جایگزینی فناوری های موجود با فناوری های آینده دار، با دقت بیشتری صورت گیرد. در برخی موارد استفاده از فناوری های جدید، به دلیل حساسیت موضوع، قیمت تمام شده و یا دیگر شرایط خاص، امکان پذیر نمی باشد.

- اهداف کلان معرفی شده در گزارش مرحله سوم پروژه، بر پایه تخمین مصرف سالیانه کاربرد تعمیرات و نگهداری نیروگاه ها تهیه شده و میزان مصرف نیروگاه های در دست احداث آورده نشده است. نیاز است تا گزارش اصلاح شود.

تیم پروژه : اصلاحات مورد نظر انجام خواهد شد.

آقای دکتر افشار، مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:

- پیشنهاد نمودند که از فردی آشنا و متخصص در زمینه مدیریت فناوری، مانند دکتر آراستی برای پیاده سازی بهتر متدولوژی پروژه یاری گرفته شود.

تیم پروژه : هم اکنون، تیم متخصص مدیریت فناوری (شرکت روشمند)، با نظارت مشاور عالی پژوهشگاه در زمینه مدیریت فناوری (تیم آقای دکتر باقری مقدم) در این خصوص با تیم پروژه همکاری دارند.

- از آنجایی که تجهیزات ابزار دقیق، نیاز کل کشور است، تدوین سند راهبردی و نقشه راه ابزار دقیق نیروگاه ماموریت وزارت نیرو نیست.

تیم پروژه : این نکته درست است ولی تاکید مدیران ارشد وزارت نیرو انجام پروژه های نقشه راه و سند راهبردی طرح های مورد نظر، در حوزه وزارت نیرو بوده است. همچنین انجام بررسی های

مناسب در تمام صنایع وابسته مانند: نفت و گاز و پتروشیمی و ... نیاز به تعریف پروژه با اندازه زمانی و مالی بیشتری دارد. با این وجود می‌توان بیان نمود که با توجه به مشترک بودن بسیاری از تجهیزات ابزار دقیق نیروگاه‌ها با تجهیزات ابزار دقیق دیگر صنایع، سند راهبردی مناسبی در پایان پروژه تدوین شود.

- در تقسیم‌بندی حسگرها بر اساس فناوری باید رنج عملکردی در نظر گرفته شود.
- تیم پروژه : موضوع بیان شده درست است. هنگام بررسی و امکان‌سنجی جایگزینی فناوری‌های کنونی با فناوری‌های جدید در ساخت تجهیزات، این نکته در نظر گرفته خواهد شد.
- محدوده‌ی این پروژه بسیار وسیع است لذا باید هوشمندانه به آن پرداخته شود بعنوان مثال در یک سازمان درون کشوری، یک پروژه مشخص برای تهیه سند راهبردی و نقشه راه تنها یکی از تجهیزات ابزار دقیق (فلومتر گاز با فناوری آلتراسونیک با کاربرد مصارف خانگی) در نظر گرفته شده است.
- تیم پروژه : موضوع اشاره شده مورد تایید است. با توجه به گستردگی تجهیزات و فناوری‌های حوزه ابزار دقیق، نیاز است تا در فاز پنجم پروژه این موضوع با دقت بیشتری بررسی شود.
- معیارهای انتخاب عدد شایستگی باید سند معتبری داشته باشد.
- تیم پروژه : در این باره اصلاحات لازم صورت خواهد گرفت.
- موضوع ابزار دقیق تنها به بخش حسگرها خلاصه نمی‌شود بلکه مدارات جانبی آن نیز باید در نظر گرفته شود. بهتر است به جای حسگرها، ترانس‌میترها که شامل حسگر مربوطه نیز می‌شود، در نظر گرفته شود.
- تیم پروژه : در تعریف پروژه‌ها در فاز پنجم پروژه این موضوع در نظر گرفته خواهد شد. اما نکته دارای اهمیت این است که عموماً چالش اصلی ساخت ترانس‌میترها بخش حسگر آن‌ها می‌باشد و بخش‌های دیگر شامل تبدیل، اکتساب و انتقال داده حسگر و پردازش‌های مورد نیاز دارای چالش فنی نمی‌باشند. هنگام تعریف پروژه ساخت، باید ملاحظات مربوطه شامل استانداردها، دقت و ... به عنوان Spec محصول در نظر گرفته شود.
- متدولوژی بکار رفته در آینده پژوهی مشخص نیست و دارای ابهام است.
- تیم پروژه : روش‌های آینده پژوهی عموماً زمان‌بر و پرهزینه هستند و با توجه به زمان و مبلغ پروژه نمی‌توان به تفصیل به آن‌ها پرداخت. با توجه به گستردگی کار (تعداد تجهیزات و فناوری‌ها) بهترین شیوه، اخذ نظر خبرگان (اعضای کمیته راهبردی) می‌باشد که نزدیک به روش دلفی است. به منظور تسهیل اعلام نظر خبرگان، تیم پروژه بررسی‌هایی در زمینه محصولات، برنامه شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی و همچنین مقالات ژورنال‌ها و کنفرانس‌ها انجام داده است.

آقای مهندس فرحناکیان مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:

- آیا فناوری‌هایی در دنیا وجود دارد که در مرحله جنینی و پروردگی قرار دارند ولی در این گزارش به آن‌ها پرداخته شده باشد؟

تیم پروژه : بررسی‌های انجام شده بر پایه شناخت محصولات شرکت‌ها و همچنین با مطالعه مقالات

			<p>و ژورنال‌های موجود (بیش از ۲۰۰ مرجع) صورت گرفته است. در برخی موارد فناوری‌های معرفی شده هنوز به ساخت محصول تجاری منجر نشده است.</p> <p>- این نکته در نظر گرفته شود که هدف اصلی تدوین سند، ساخت تجهیزات مورد نیاز نیروگاه در داخل کشور و رسوب دانش فنی در کشور باشد.</p> <p>تیم پروژه: بر پایه گام‌های متدلوژی، راهبرد انتخاب شده برای کسب دانش فنی، "اشاعه‌گرا" برگزیده شده است. در این راهبرد نیز بر کسب دانش فنی با استفاده از ظرفیت‌های موجود کشور و با راهبری نهادهای دولتی تأکید شده است.</p>
			<p>آقای دکتر لطیفی مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</p> <p>- در رابطه با بررسی توان داخلی کشور از لحاظ جایگاه علمی در فناوری‌های پیشنهاد نمودند که مقالات شبیه‌سازی با مقالات ساخت، تمیز داده شود تا شناسایی توان افراد متخصص در کشور که منجر به توان داخلی کشور خواهد شد، به واقعیت نزدیک‌تر شود.</p> <p>تیم پروژه: شیوه انجام پروژه‌ها و شناسایی مجریان احتمالی در فاز چهارم پروژه با دقت بیشتری بررسی خواهد شد. یکی از روش‌های شناسایی مجریان پر توان، می‌تواند انجام فراخوان و درخواست رزومه متقاضیان شامل پژوهش‌ها و مقالات آنها باشد.</p> <p>- نقش دانشگاه در بیانیه استراتژی توسعه فناوری دیده نشده است.</p> <p>تیم پروژه: اصلاحات لازم صورت خواهد گرفت.</p> <p>- به دلیل گستردگی طرح نیاز است تا با سازمان‌ها و صنایع دیگر مانند معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری برای تأمین اعتبار طرح گفتگو شود.</p> <p>تیم پروژه: در فاز چهارم پروژه، بازیگران و تسهیل‌گران طرح با دقت بیشتری بررسی می‌شوند. این موضوع نیز بررسی خواهد شد.</p> <p>- فناوری‌های Optic که در حسگرها استفاده می‌شوند در دنیا به سرعت در حال رشد هستند، به طوری که دستیابی کشور به دانش ساخت این حسگرها در افق زمانی نزدیک امکان‌پذیر بوده و این حسگرها با توجه نوع کاربرد می‌توانند جایگزین حسگرهای قدیمی شوند.</p> <p>تیم پروژه: رویکرد انجام پروژه نیز بر همین پایه بوده است. اما با توجه به نظر دیگر اعضای ارجمند کمیته راهبری، همان‌گونه که پیشتر نیز بیان شد، درباره هر تجهیز نیاز است، بررسی‌ها و امکان‌سنجی‌های لازم برای جایگزینی فناوری‌های کنونی با فناوری‌های جدید صورت گیرد.</p>
			<p>آقای مهندس نریمانی مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</p> <p>- در سال‌های اخیر، دستگاه‌های اندازه‌گیری خلوص اکسیژن در آب مورد استفاده در نیروگاه‌ها، که بر پایه فناوری‌های الکتروشیمیایی ساخته می‌شدند، با دستگاه‌هایی که بر پایه فناوری‌های نوری ساخته می‌شوند، جایگزین شده و در نیروگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابراین به کارگیری فناوری‌های جدید در ساخت تجهیزات امکان‌پذیر و رو به رشد است.</p> <p>تیم پروژه: رویکرد تیم پروژه نیز بر همین پایه بوده است، ولی همان‌گونه که اشاره شد، باید</p>

			<p>ملاحظات لازم برای هر دستگاه در نظر شود.</p>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- تاریخ برگزاری نشست آینده با هماهنگی اعضای محترم کمیته تعیین و اعلام خواهد شد.</li> <li>- گزارش‌های اصلاح شده برای اعضای محترم کمیته ارسال خواهد شد.</li> </ul>
<p><b>دستورنشست آینده:</b> - اعلام نظر اعضای محترم کمیته راهبری در خصوص کفایت رایزنی‌ها، درباره فعالیت‌های فازهای یکم تا سوم پروژه با توجه به اصلاحات اعمال شده در گزارش‌های مربوطه</p> <p>- ارائه گزارش فعالیت‌های فاز چهارم پروژه و انجام رایزنی‌های لازم</p>			
<p>نام و امضای حاضران نشست:</p>			

تاریخ: ۹۳/۱۲/۱۰ شماره: ۴ پیوست: -		چکیده‌ی گفتگوها MQF03-0			
گروه: الکترونیک، کنترل و ابزار دقیق		موضوع نشست: کمیته راهبری پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها			
حاضران: آقایان دکتر لطیفی، مهندس فرحناکیان، مهندس نریمانی، مهندس امینی، مهندس خانزاده، مهندس فیض و خانم‌ها مهندس اشرفی، مهندس علایی و مهندس یآوری					
آغاز: ۱۶:۰۰ پایان: ۱۸:۰۰		غایبان: آقایان دکتر مهاجرزاده، دکتر افشار و دکتر منتظری			
دستورنشت: مرور فعالیت‌های گام‌های یکم تا سوم پروژه، رایزنی درباره گام‌های چهارم و پنجم پروژه					
ردیف	موضوعات مطرح شده	اقدام / پیگیری	سررسید	نتیجه / تاریخ	
۱	ابتدا توسط مدیر پروژه، در رابطه با برنامه نشست توضیحاتی ارائه شد. در ادامه نیز با مرور کوتاه فعالیت‌های فازهای یکم (مبانی سند)، دوم پروژه (هوشمندی فناوری) و سوم پروژه (تدوین ارکان جهت‌ساز) که در نشست پیشین (۹۳/۱۰/۱۶) ارائه شده بود، فعالیت‌های انجام گرفته در فاز چهارم پروژه (تدوین برنامه اقدامات و سیاست‌ها) معرفی شد. فهرست مطالب بیان شده عبارتند از: فاز یکم: مبانی سند ○ چرایی انجام پروژه از منظرهای اقتصادی و اجتماعی ○ چهار چوب فعالیت‌های پروژه فاز دوم: هوشمندی فناوری (رصد و برنامه‌ریزی هوشمندانه فناوری‌ها) ○ تجهیزات ابزار دقیق و فناوری‌های مربوطه ○ درخت تجهیز - فناوری ○ درخت فناوری - تجهیز ○ دوره عمر فناوری‌ها ○ آینده پژوهی (بررسی محصولات و پروژه‌های شرکت‌ها و مراکز پژوهشی خارجی مرتبط با فناوری‌ها) ○ رده‌بندی فناوری‌های حوزه ابزار دقیق بر پایه مدل جذابیت و امکان‌سنجی فاز سوم: ارکان جهت‌ساز ○ تدوین چشم‌انداز سند راهبردی ○ تعیین اهداف کلان سند راهبردی ○ راهبردهای توسعه فناوری‌های برگزیده حوزه ابزار دقیق فاز چهارم: تدوین برنامه اقدامات و سیاست‌ها ○ شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه				

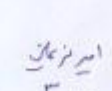



			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ سیاست‌ها و اقدامات</li> <li>○ وظایف بازیگران کلیدی</li> </ul> <p>همچنین در رابطه با ویرایش‌های انجام شده در گزارش‌های پیشین، به شرح زیر توضیحاتی ارائه شد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ افزودن آمار مصرف تجهیزات ابزار دقیق نیروگاه‌های سالانه در دست احداث به گزارش</li> <li>○ بررسی امکان‌پذیری استفاده از فناوری‌های فوتونیک و میکروالکترونیک در طراحی و ساخت تجهیزات ابزار دقیق نیروگاهی با توجه به محل بکارگیری و حساسیت کاربرد.</li> <li>○ تجهیزاتی که امکان جایگزینی با فناوری‌های نوین را ندارند.</li> <li>○ تجهیزاتی که با استفاده از فناوری‌های نوین ساخته می‌شوند، اما به دلیل حساسیت بالای محل بکارگیری امکان جایگزینی وجود ندارد.</li> <li>○ تجهیزاتی که با استفاده از فناوری‌های نوین ساخته می‌شوند، اما از لحاظ اقتصادی قابلیت رقابت با محصولات موجود در نیروگاه را ندارند.</li> <li>○ تجهیزاتی که با استفاده از فناوری‌های نوین ساخته می‌شوند و هم‌اکنون در نیروگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند.</li> <li>○ تجهیزاتی که با استفاده از فناوری‌های نوین ساخته می‌شوند و امکان جایگزینی آن‌ها نیز وجود دارد.</li> </ul>
			<p><b>آقای دکتر لطیفی، مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ در گزارش اصلاحات زیر انجام شود.</li> <li>- در متن سند و معرفی اعضای کمیته راهبری نام دانشگاه شهید عباسپور با دانشگاه شهید بهشتی جایگزین شود، زیرا دانشگاه شهید عباسپور، هم‌اکنون یکی از پردیس‌های دانشگاه شهید بهشتی می‌باشد.</li> <li>- واژه اپتیک به المان‌های passive اشاره دارد، بهتر است از واژه فوتونیک به جای اپتیک استفاده شود که چهارچوب گسترده‌تری را در بر می‌گیرد.</li> <li>- با توجه به اینکه در بررسی دوره عمر فناوری‌ها، فناوری electromagnetic در دوره بلوغ و نزدیک به افول معرفی شده است، ولی این فناوری در حوزه میکروالکترونیک در حال رشد می‌باشد، برای شفاف نمودن موضوع در درخت فناوری به جای electromagnetic از electromagnetic device استفاده شود.</li> <li>- در گام چهارم پروژه و در بخش سیاست‌ها و اقدامات، بیان شده است که در فراخوان انجام پروژه‌ها از دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان دعوت شود. بهتر است "شرکت‌های دانش‌بنیان" با "شرکت‌های ذیصلاح" جایگزین شود تا محدودیت غیر منطقی ایجاد نشود.</li> <li>- در دسته بندی فناوری پروژه‌ها، در برخی موارد ابهام وجود دارد. برای نمونه فناوری دستگاه Temperature Switch، بر پایه عملکرد، مکانیکی معرفی شده است ولی ممکن است فناوری با اهمیت‌تر در آن "مواد" باشد. در این گونه موارد لازم است، توضیحی به گزارش (اسناد پشتیبان)</li> </ul>

			<p>افزوده شده و رفع ابهام شود. این موضوع هنگام دریافت رزومه شرکت‌ها و گزینش آن‌ها دارای اهمیت است.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ بیانیه چشم‌انداز بهتر است، رسمی‌تر و امروزی‌تر شود. واژه‌های به‌کار رفته در متن بیانیه، مناسب نیستند.</li> <li>○ ایجاد آزمایشگاه‌های پژوهشی در دانشگاه‌ها، به منظور افزایش بسترهای پژوهشی و تربیت نسل‌های ماهر دانشجویی، در سیاست‌های سند در نظر گرفته شود.</li> <li>○ در بهای معرفی شده برای دستگاه‌های ابزار دقیق، افزایش‌های مقطعی به دلیل تحریم یا موارد مشابه در نظر گرفته شده و به خواننده سند یادآور شود.</li> </ul>
			<p><b>آقای مهندس فرحناکیان مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ارائه پیشنهاد برای بیانیه جدید چشم‌انداز که با رایزنی اعضای کمیته به شرح زیر نهایی شد.</li> </ul> <p><b>"کسب و انباشت دانش طراحی و ساخت تجهیزات اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاهی و توسعه بومی‌سازی محصولات فناورانه"</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ در متن سند و گزارش‌ها، عبارت "طراحی و ساخت" جایگزین واژه "ساخت" شود که بیانگر تاکید بر کسب و انباشت دانش فنی و فناوری می‌باشد.</li> <li>○ معاونت تحقیقات و منابع انسانی تدوین‌گر سیاست‌های صنعت برق می‌باشد و شرکت‌های مادر تخصصی مسئولیت اجرای سیاست‌ها و تامین منابع را به عهده دارند. این موضوع در گزارش‌ها و سند باید اصلاح شود.</li> <li>○ در بخش تدوین سیاست‌ها، افزون بر آزمایشگاه‌های پژوهشی، ایجاد آزمایشگاه‌های مرجع جهت انجام آزمون‌های صنعتی و صدور تاییدیه‌ها نیز در نظر گرفته شود.</li> </ul>
			<p><b>آقای مهندس نریمانی مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- پارامتری در محاسبه‌ی عدد شایستگی اعمال شود تا دستگاه‌هایی که نیاز فوری نیروگاه هستند، در الویت قرار گیرند.</li> <li>- ارائه توضیحات لازم در پاسخ به دیگر اعضای کمیته در خصوص چگونگی انتخاب و رده بندی دستگاه‌های گزینش شده برای طراحی و ساخت</li> </ul>
			<p><b>در پایان :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- بنا شد ویرایش‌های مورد نظر اعضای کمیته در گزارش‌ها انجام و گزارش‌های جدید برای اعضای کمیته ارسال شود.</li> <li>- کلیات فعالیت‌ها و گزارش‌های گام‌های یکم تا چهارم پروژه مورد تایید اعضای کمیته قرار گرفت. ویرایش‌های احتمالی آینده در سند راهبردی صورت خواهد گرفت.</li> <li>- بنا شد در نشست آینده درباره بخش بندی پروژه‌ها، زمان، بودجه، مجریان و چگونگی انجام آن‌ها گفتگو شود.</li> </ul>

- |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  |  | <ul style="list-style-type: none"><li>- آقای دکتر لطیفی تاکید نمودند، بهتر است در نشست های آینده، تمامی اعضای کمیته حضور داشته باشند تا هم اندیشی بهتری درباره موضوعات صورت بگیرد.</li><li>- تاریخ و زمان برگزاری نشست آینده با توافق اعضای کمیته حاضر، ساعت ۱۶:۳۰ روز یکشنبه ۹۳/۱۲/۱۷ تعیین شد. در این خصوص هماهنگی ها و اطلاع رسانی مورد نیاز انجام خواهد شد.</li></ul> |  |
|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

دستورنشست آینده: تعریف پروژه ها و چگونگی تدوین نقشه راه انجام پروژه ها

تاریخ: ۱۰/۱۲/۹۳ شماره: ۳ پوست:		صور جلسه		پژوهشگاه نیرو	
موضوع جلسه: ارائه‌ی مبحثی مبنی بر "توسعه سامانه‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها"		موضوعات مطرح شده		نتیجه اتخاذ	
حاضران: آقایان دکتر لطیفی و آقایان حسن زاهدان، جوان، امین، شرف، خاوری، و خانم اشرفی، باقری، علی		تاریخ: ۱۶ آبان ۹۳		موضوعات مطرح شده	
غایبان: آقایان دکتر شریفی، باقری، امیر		تاریخ: ۱۶ آبان ۹۳		موضوعات مطرح شده	
دستور جلسه: بررسی مراحل اول تا چهارم پروژه		تاریخ: ۱۶ آبان ۹۳		موضوعات مطرح شده	
ردیف	موضوعات مطرح شده	ادام / پیگیری	مسئول	تاریخ	نتیجه
۱	طریقت‌های مختلف در گزارشات مراحل اول تا چهارم پروژه مورد بررسی اعضای کمیته قرار گرفت				
۲	مقررات و اصلاحات اعضای این دانشکده در سند ملی پروژه اتمام شود.				
۳	مقتضای استنادی در مورد تقسیم بودجه انجام شود. بحث در زمینه‌ی درج جدول بودجه بود.				
۴	راهبردی انجام خواهد شد.				
	مقررات شرکت تولیدی به عنوان آیین نامه منابع و مصادیق تحقیقات و منابع انسانی به عنوان				
	تجدیدگر ریاستها معین شود.				
دستور جلسه بعد:					
نام و اعضای حاضران جلسه:					
<p>  امیر زاهدان   امیر زاهدان   امیر زاهدان   امیر زاهدان   امیر زاهدان   امیر زاهدان   امیر زاهدان   امیر زاهدان   امیر زاهدان   امیر زاهدان   امیر زاهدان                 </p>					

## فهرست مطالب

۱	فصل اول : تعیین چشم‌انداز.....
۲	۱-۱- مقدمه.....
۲	۲-۱- تدوین چشم‌انداز.....
۴	۱-۲-۱- بررسی اسناد بالادستی.....
۵	۱-۱-۲-۱- نقشه جامع علمی کشور.....
۶	۲-۱-۲-۱- سند چشم‌انداز و برنامه‌ی راهبردی بلندمدت وزارت نیرو.....
۸	۲-۲-۱- بررسی توان داخلی کشور.....
۸	۱-۲-۲-۱- دانشگاه‌ها.....
۱۳	۲-۲-۲-۱- مراکز پژوهشی دولتی.....
۱۴	۳-۲-۲-۱- امکانات و وضعیت بخش غیر دولتی.....
۱۸	۴-۲-۲-۱- جمع بندی امکانات داخلی کشور.....
۲۰	۵-۲-۲-۱- نیروی انسانی متخصص در داخل کشور و انتشارات علمی.....
۲۵	۳-۲-۱- مطالعات الگوبرداری.....
۲۵	۱-۳-۲-۱- کشور عربستان سعودی.....
۲۶	۲-۳-۲-۱- کشور امارات.....
۲۸	۳-۳-۲-۱- رژیم اشغال گر قدس.....
۲۹	۴-۳-۲-۱- کشور ترکیه.....
۳۰	۵-۳-۲-۱- کشور ژاپن.....
۳۲	۶-۳-۲-۱- کشور آلمان.....
۳۲	۳-۱- نگارش چشم‌انداز.....
	فصل دوم : تعیین اهداف کلان توسعه فناوری.....
۳۶	۱-۲- مقدمه.....
۳۶	۲-۲- نیازهای ابزار دقیق نیروگاهی.....
۳۷	۱-۲-۲- چکیده آمار و اطلاعات ابزار دقیق نیروگاه‌های حرارتی وابسته به صنعت برق کشور.....

- ۳۷-۱-۲-۱- نوع و تعداد واحدهای نیروگاه‌های حرارتی ایران وابسته به صنعت برق.....
- ۴۴-۲-۱-۲-۲- نوع و تعداد ابزار دقیق به کار رفته در نیروگاه‌های ایران.....
- ۵۵-۳-۱-۲-۲- ویژگی‌های ابزار دقیق نیروگاه‌های حرارتی.....
- ۶۳-۴-۱-۲-۲- جمع‌بندی جداول ابزار دقیق مورد نیاز نیروگاه‌های کشور.....
- ۸۰-۳- اهداف کلان سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاهی.....
- فصل سوم: تدوین راهبردهای توسعه فناوری.....
- ۸۳-۱-۳- مقدمه.....
- ۸۴-۲-۳- رویکرد توسعه.....
- ۸۴-۱-۲-۳- چرخه عمر فناوری.....
- ۸۵-۲-۲-۳- توانمندی فناورانه.....
- ۸۷-۳-۲-۳- گستردگی حوزه‌ی فناورانه.....
- ۸۹-۴-۲-۳- ماتریس تصمیم‌گیری.....
- ۹۳-۵-۲-۳- راهبرد توسعه فناوری تجهیزات ابزار دقیق نیروگاهی.....
- ۹۴- نتیجه‌گیری.....
- ۹۵- پیوست شماره‌ی یک: نشست نامه‌ها.....
- ۱۱۸- پیوست شماره‌ی دو: پیشنهاد همکار نیروگاهی.....
- ۱۲۱- مراجع.....

### فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- روند تدوین چشم انداز ..... ۳
- شکل ۲-۱- شرکت‌های عضو سندیکای صنعت برق ایران ..... ۲۰
- شکل ۱-۲- روند تعیین اهداف کلان ..... ۳۶
- شکل ۲-۲- روند صرفه‌جویی ارزی و بومی سازی تا افق ۱۴۰۴ ..... ۸۳
- شکل ۱-۳- رابطه سلسله‌مراتبی مولفه‌های راهبرد ملی فناوری ..... ۸۳
- شکل ۲-۳- ماتریس تصمیم‌گیری رویکرد توسعه ..... ۹۰

## فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱- اسناد مورد بررسی در سند.....	۵
جدول ۲-۱- محورهای اصلی چشم‌انداز و برنامه‌ی راهبردی بلندمدت وزارت نیرو.....	۷
جدول ۳-۱- خلاصه امکانات داخلی کشور بر اساس فناوری‌های اولویت‌دار.....	۱۸
جدول ۴-۱- فهرست شرکت‌های عضو سندیکای صنعت برق ایران.....	۱۹
جدول ۵-۱- تعداد دانشجویان دکترای مهندسی برق و فوتونیک (بر مبنای پذیرش سال ۹۳).....	۲۲
جدول ۶-۱- تعداد دانشجویان کارشناسی ارشد مهندسی برق و فوتونیک (بر مبنای پذیرش سال ۹۳).....	۲۲
جدول ۷-۱- مقایسه تعداد ژورنال و مقالات منتشر شده در زمینه ابزار دقیق در خاورمیانه.....	۲۳
جدول ۸-۱- مقایسه تعداد ژورنال و مقالات منتشر شده در زمینه ابزار دقیق در دنیا.....	۲۳
جدول ۹-۱- مقایسه تعداد ژورنال و مقالات منتشر شده در الکترونیک در خاورمیانه.....	۲۴
جدول ۱۰-۱- مقایسه تعداد ژورنال و مقالات منتشر شده در زمینه الکترونیک در دنیا.....	۲۴
جدول ۱-۲- آمار نوع و تعداد واحدهای نیروگاه‌های حرارتی ایران.....	۳۸
جدول ۱-۲- ادامه آمار نوع و تعداد واحدهای نیروگاه‌های حرارتی ایران.....	۳۹
جدول ۱-۲- ادامه آمار نوع و تعداد واحدهای نیروگاه‌های حرارتی ایران.....	۴۰
جدول ۱-۲- ادامه آمار نوع و تعداد واحدهای نیروگاه‌های حرارتی ایران.....	۴۱
جدول ۱-۲- ادامه آمار نوع و تعداد واحدهای نیروگاه‌های حرارتی ایران.....	۴۲
جدول ۱-۲- ادامه آمار نوع و تعداد واحدهای نیروگاه‌های حرارتی ایران.....	۴۳
جدول ۱-۲- ادامه آمار نوع و تعداد واحدهای نیروگاه‌های حرارتی ایران.....	۴۴
جدول ۲-۲- آمار کلی نیروگاه کشور.....	۴۴
جدول ۳-۲- آمار فلومتر نصب شده در نیروگاه‌های ایران.....	۴۶
جدول ۴-۲- آمار سطح سنج نصب شده در نیروگاه‌های ایران.....	۴۷
جدول ۵-۲- آمار فشارسنج نصب شده در نیروگاه‌های ایران.....	۴۸
جدول ۶-۲- آمار دماسنج نصب شده در نیروگاه‌های ایران.....	۴۹



- جدول ۲-۷- آمار آنالیزهای سوخت، دود و احتراق نصب شده در نیروگاه‌های ایران ..... ۵۰
- جدول ۲-۸- آمار آنالیزهای کنترل شیمیائی آب نصب شده در نیروگاه‌های ایران ..... ۵۱
- جدول ۲-۹- آمار تجهیزات اندازه‌گیری پارامترهای مکانیکی نصب شده در نیروگاه‌های ایران ..... ۵۲
- جدول ۲-۱۰- آمار سیستم‌های ایمنی و حفاظت، سیستم‌های خلوصیت و نشتی گاز نصب شده در نیروگاه‌های ایران ..... ۵۳
- جدول ۲-۱۱- آمار سایر تجهیزات مشترک آنلاین یا پرتابل نصب شده در نیروگاه‌های ایران ..... ۵۴
- جدول ۲-۱۲- ویژگی‌های دستگاه فلومتر نصب شده در نیروگاه ..... ۵۵
- جدول ۲-۱۳- ویژگی‌های دستگاه سطح سنج نصب شده در نیروگاه ..... ۵۶
- جدول ۲-۱۴- ویژگی‌های دستگاه فشار سنج نصب شده در نیروگاه ..... ۵۷
- جدول ۲-۱۵- ویژگی‌های دستگاه دماسنج نصب شده در نیروگاه ..... ۵۸
- جدول ۲-۱۶- ویژگی‌های آنالیزهای سوخت، دود و احتراق نصب شده در نیروگاه ..... ۵۹
- جدول ۲-۱۷- ویژگی‌های آنالیزهای کنترل شیمیائی آب نصب شده در نیروگاه ..... ۶۰
- جدول ۲-۱۸- ویژگی‌های تجهیزات اندازه‌گیری پارامترهای مکانیکی نصب شده در نیروگاه ..... ۶۱
- جدول ۲-۱۹- ویژگی‌های سیستم‌های ایمنی و حفاظت، سیستم‌های خلوصیت و نشتی گاز نصب شده در نیروگاه ..... ۶۲
- جدول ۲-۲۰- ویژگی‌های سایر تجهیزات مشترک آنلاین یا پرتابل نصب شده در نیروگاه ..... ۶۳
- جدول ۲-۲۱- رتبه بندی تجهیزات فناورانه بر اساس سنج‌های جذابیت ..... ۶۷
- جدول ۲-۲۲- رده‌بندی تجهیزات بر اساس عدد شایستگی ..... ۷۱
- جدول ۲-۲۳- دسته‌بندی دماسنج‌های اولویت دار ..... ۷۲
- جدول ۲-۲۴- دسته‌بندی حسگرهای شیمیایی آب ..... ۷۲
- جدول ۲-۲۵- دسته‌بندی فشارسنج‌های اولویت دار ..... ۷۳
- جدول ۲-۲۶- دسته‌بندی فلومترهای اولویت دار ..... ۷۳
- جدول ۲-۲۷- دسته‌بندی حسگرهای حفاظت و نشتی گاز ..... ۷۳
- جدول ۲-۲۸- دسته‌بندی حسگرهای سوخت دود احتراق ..... ۷۴

- جدول ۲-۲۹- دسته‌بندی حسگرهای پارامتر مکانیکی ..... ۷۴
- جدول ۲-۳۰- امکان‌سنجی جایگزینی تجهیزات فناورانه ..... ۷۵
- جدول ۲-۳۱- تعیین اهداف کلان در صرفه‌جویی ارزی به صورت پارامتری ..... ۸۲
- جدول ۲-۳۲- تعیین اهداف کلان در صرفه‌جویی ارزی ..... ۸۲
- جدول ۳-۱- چرخه عمر بکارگیری فناوری‌های ساخت تجهیزات ابزار دقیق ..... ۸۴
- جدول ۳-۲- توانمندی کشور در بکارگیری فناوری‌های ساخت تجهیزات ابزار دقیق ..... ۸۶
- جدول ۳-۳- گستردگی بکارگیری تجهیزات ابزار دقیق ..... ۸۸
- جدول ۳-۴- تصمیم‌گیری رویکرد توسعه اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاهی ..... ۹۰
- جدول ۳-۵- مقایسه ویژگی‌های رویکردهای گوناگون به توسعه فناوری ..... ۹۱

## فصل اول

### تعیین چشم‌انداز

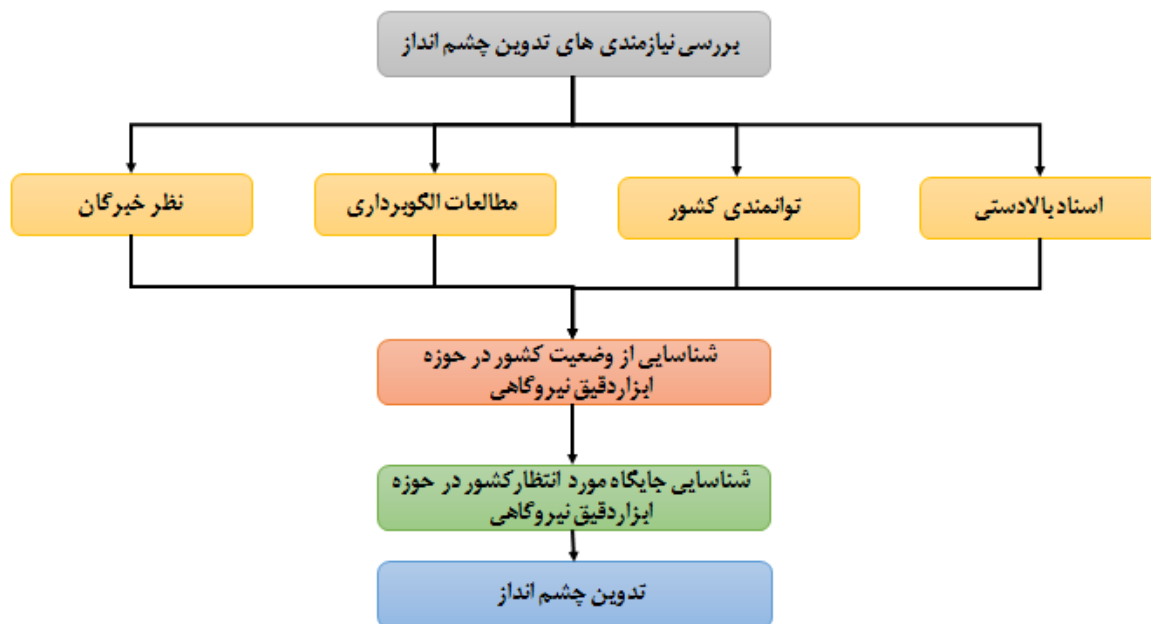
## ۱-۱- مقدمه

چشم‌انداز عبارت است از تصویر مطلوب (شفاف، واقعی، جذاب و قابل قبول) و آرمان قابل دستیابی در حوزه فناوری که در یک افق زمانی بلند مدت و متناسب با مبانی ارزشی جامعه تعیین می‌گردد. به عبارت دیگر چشم‌انداز، بیان صریح سرنوشتی است که فناوری به سوی آن حرکت می‌کند و تصویر آینده‌ای است که کشور در جستجوی خلق آن است.

چشم‌انداز فناوری اگر به صورت دقیق، جامع و آینده‌نگرانه تعریف شده باشد، می‌تواند مسیر توسعه فناوری را هدفمند نماید و مانند چراغی در افق بلند مدت، فرا روی کنشگران مختلف (دولت، صنعت، دانشگاه) قرار گیرد. آگاهی کامل سیاست‌گذاران به چشم‌انداز فناوری نیز می‌تواند آن‌ها را در اتخاذ تصمیمات کلیدی و سیاست‌های اثرگذار یاری دهد.

## ۱-۲- تدوین چشم‌انداز

- جهت تدوین چشم‌انداز سند راهبردی سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاه‌ها نیاز است مراحل زیر انجام شود.
- ۱- اسناد بالا دستی مورد بررسی قرار گیرد تا از هم راستایی سند در دست تهیه با اسناد بالادستی اطمینان حاصل شود.
  - ۲- توانمندی دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و شرکت‌های خصوصی در زمینه فناوری‌های ساخت تجهیزات ابزار دقیق مورد بررسی قرار گیرد تا چشم‌انداز نوشته شده دور از واقعیت نباشد. همچنین نیاز است تا توان و سطح علمی کشور جهت محقق سازی سند واکاوی شود.
  - ۳- مطالعات الگوبرداری انجام شود تا از این طریق بتوان علاوه بر شناسایی جایگاه کشور در برابر سایر کشورها، به الگوی مناسبی برای شناسایی جایگاه مورد انتظار کشور دست یافت.
  - ۴- دریافت نظر خبرگان
- در مرحله بعد بر مبنای اطلاعات بدست آمده می‌توان وضعیت کشور را مورد شناسایی قرار داده و همچنین جایگاه مورد انتظار کشور در افق چشم‌انداز را طراحی نمود.



شکل ۱-۱- روند تدوین چشم انداز

## ۱-۲-۱- بررسی اسناد بالادستی

نظام جمهوری اسلامی ایران بر مبنای مردم‌سالاری دینی بنا نهاده شده و در آن هر تصمیمی با مشارکت و دخالت مردم بوده و "عقل جمعی" شالوده تصمیم‌گیری‌ها در این نظام است.

از این جهت برای پیشبرد اهداف در هر حوزه‌ای که هدف آن سربلندی ملت ایران اسلامی است، نیاز به تهیه برنامه‌ای جامع و کامل است تا هر مسئولی با پذیرش مسئولیت با استناد به این برنامه‌ها اهداف مورد نظر را پیش ببرد.

بنابراین برای رسمیت بخشیدن به این برنامه‌ها و الزام اجرایی شدن آنها توسط مسئولان این برنامه‌ها به "قوانین لازم‌الاجرا" تبدیل می‌شوند.

در حال حاضر در کشورمان اسناد بالادستی زیادی وجود دارد به طوری که در هر حوزه می‌توان به اسناد بالادستی آن حوزه استناد کرد اما برخی اسناد بالادستی مهمی وجود دارد که با همت مسئولان نظام تهیه شده و اجرای آن ضامن پیشرفت کشور خواهد بود.

قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴، برنامه ۵ ساله پنجم توسعه، سیاست‌های کلی اصل ۴۴ قانون اساسی، سیاست‌های ابلاغی مقام معظم رهبری، قانون بودجه سالانه کشور از مهمترین اسناد بالادستی مشترک در همه حوزه‌ها به شمار می‌رود.

یکی از الزاماتی که باید در یک سند راهبردی به آن توجه داشت، هم راستایی سند تهیه شده با اسناد بالادستی کشوری است. اسنادی از قبیل چشم‌انداز و یا نقشه جامع علمی کشور، دو نمونه از اسناد بالادستی بشمار می‌آیند که سند جدید باید در راستای آنها تعریف شود و نسبت خود را با بخش‌های مختلف مربوطه این اسناد به صورت شفاف مشخص نماید [۳].

اما در هر حوزه‌ای نیز به فراخور وظایف و مسئولیت‌ها اسنادی تدوین شده که در زمره اسناد بالادستی تخصصی به شمار می‌رود. در همین راستا بررسی‌های فراوانی پیرامون اسناد بالادستی مرتبط با تجهیزات اندازه‌گیری و ابزار دقیق صنعت برق انجام شد. تنها سند مرتبط با این حوزه، نقشه جامع علمی کشور است که در بخش‌هایی از آن، فناوری‌های الویت‌دار مورد توجه قرار گرفته است.

## جدول ۱-۱- اسناد مورد بررسی در سند

اسناد مورد بررسی در سند
نقشه جامع علمی کشور
سند چشم انداز و برنامه ی راهبردی بلند مدت وزارت نیرو

## ۱-۲-۱- نقشه جامع علمی کشور

بر اساس تعریف، نقشه‌ی جامع علمی کشور مجموعه‌ای جامع، هماهنگ و پویا از مبانی، اهداف، سیاست‌ها و راهبردها، ساختارها و الزامات تحول راهبردی علم و فناوری مبتنی بر ارزش‌های اسلامی و آینده‌نگر برای دستیابی به اهداف چشم‌انداز بیست ساله‌ی کشور است. در این سند تلاش شده به مبانی ارزشی و بومی کشور، تجربیات گذشته و نظریه‌ها و نمونه‌های علمی و تجارب عملی تکیه شود [۴].

در نقشه‌ی جامع علمی کشور اولویت‌های علم و فناوری تعیین شده است. اولویت‌ها به ترتیب در سه سطح الف، ب و ج تبیین شده‌اند. منظور از این نوع دسته‌بندی، تفاوت شکل و میزان تخصیص منابع اعم از مالی و انسانی و توجه ویژه مدیران و مسئولان است، به این معنا که حصول اطمینان از رشد و شکوفایی در برخی از اولویت‌ها نیازمند توجه، هدایت و پشتیبانی در سطوح کلان مدیریتی کشور است و در برخی دیگر رشد و توسعه با پشتیبانی مدیریت‌های میانی و تخصیص غیرمتمرکز منابع حاصل خواهد شد. در ادامه به بررسی اولویت‌های فناوری موجود در این سند، در سه سطح پرداخته می‌شود.

## • اولویت‌های الف

فناوری<sup>۱</sup>: فناوری هوافضا- فناوری اطلاعات و ارتباطات - فناوری هسته‌ای<sup>۲</sup> - فناوری‌های نانو و میکرو-

فناوری‌های نفت و گاز- فناوری زیستی- فناوری‌های زیست‌محیطی<sup>۳</sup> - فناوری‌های نرم و فرهنگی.

## • اولویت‌های ب

<sup>۱</sup> علوم مورد نیاز هر دسته از فناوری‌ها در همان سطح از اولویت‌ها قرار می‌گیرند.

<sup>۲</sup> از جمله شکافت و گداز.

<sup>۳</sup> از جمله مدیریت و فناوری آب، خاک و هوا - کاهش آلودگی آب، خاک و هوا - مدیریت پسماند- بیابان‌زدایی - مبارزه با خشکسالی و شوری.

**فناوری:** لیزر- فوتونیک- زیست‌حسگرها- حسگرهای شیمیایی- مکترونیک- اتوماسیون و رباتیک- نیمه‌رساناها- کشتی‌سازی- مواد نو ترکیب- پلیمرها- حفظ و احیای ذخایر ژنتیک- اکتشاف و استخراج مواد معدنی- پیش‌بینی و مقابله با زلزله و سیل- پدافند غیرعامل.

**علوم پایه و کاربردی:** ژئوفیزیک- ایمنی زیستی- بیوانفورماتیک- اپتیک- فیزیک انرژی‌های بالا و ذرات بنیادی- محاسبات و پردازش اطلاعات کوانتومی- نجوم و کیهان‌شناسی- فیزیک اتمی و شتابگرها- علوم ژنتیک- علوم شناختی و رفتاری- محاسبات نرم و سیستم‌های فازی- توپولوژی.

### • اولویت‌های ج

**فناوری:** اپتوالکترونیک- کاتالیست‌ها- مهندسی پزشکی- آلیاژهای فلزی- مواد مغناطیسی- سازه‌های دریایی- حمل و نقل ریلی- ایمنی حمل و نقل- ترافیک و شهرسازی- مصالح ساختمانی سبک و مقاوم- احیا و بهره‌برداری مراتع و جنگل‌ها- فناوری‌های بومی.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، فناوری‌های "فوتونیک" و "میکرو الکترونیک" که برای حوزه ابزار دقیق گزینش شده‌اند، در سند نقشه جامع علمی کشور نیز مد نظر قرار گرفته‌اند.

### ۱-۲-۱-۲- سند چشم‌انداز و برنامه‌ی راهبردی بلندمدت وزارت نیرو

طرح تدوین سند چشم‌انداز و برنامه‌ی راهبردی بلندمدت وزارت نیرو که در سال ۱۳۸۹ تهیه شده، مدتی در سطح ستاد وزارتخانه و شرکت‌های مادر تخصصی در جریان بوده است. فاز یک این طرح به مأموریت، چشم‌انداز، ارزش‌ها و راهبردهای وزارت نیرو در بخش‌های پنج‌گانه‌ی "آب"، "برق و انرژی"، "آب و فاضلاب"، "آموزش، پژوهش و فناوری" و "پشتیبانی صنعت آب و برق" پرداخته است. تمامی اسناد طرح توسط کارگروه‌های تخصصی تدوین و توسط کمیته‌ی راهبری و هماهنگی با ریاست جناب آقای مهندس چیت‌چیان اصلاح گردیده است [۶].

در این سند به موارد یاد شده در جدول (۲-۱) پرداخته شده است.



## جدول ۱-۲- محورهای اصلی چشم‌انداز و برنامه‌ی راهبردی بلندمدت وزارت نیرو

ردیف	موضوع
۱	مأموریت، چشم‌انداز و ارزش‌های وزارت نیرو
۲	مأموریت و چشم‌انداز بخش آب
۳	مأموریت و چشم‌انداز بخش برق و انرژی
۴	مأموریت و چشم‌انداز بخش آب و فاضلاب
۵	مأموریت و چشم‌انداز بخش آموزش، پژوهش و فناوری
۶	مأموریت و چشم‌انداز بخش پشتیبانی صنعت آب و برق
۷	راهبردهای وزارت نیرو
۸	راهبردهای بخش آب
۹	راهبردهای بخش برق و انرژی
۱۰	راهبردهای بخش آب و فاضلاب
۱۱	راهبردهای بخش آموزش، پژوهش و فناوری
۱۲	راهبردهای بخش پشتیبانی صنعت آب و برق

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در این سند به طور ضمنی به راهبردهای آموزش، پژوهش و فناوری اشاره شده است که با توجه به پژوهشی بودن روند سند حاضر و ارتباط مستقیم سند با فناوری می‌توان سند مذکور را به عنوان سند بالادستی در نظر گرفت.

### جمع بندی :

با توجه به مطالب ارائه شده، می‌توان نتیجه گرفت موارد اشاره شده در سند جامع علمی کشور که در ارتباط با مباحث فناوری های نانو و میکرو در اولویت الف، فتونیک و اپتیک در اولویت ب و اپتوالکترونیک در اولویت ج سند جامع علمی کشور به آنها اشاره شده است در همسویی کامل با این سند قرار دارند. از طرفی در راهبردهای پژوهشی و فناوری سند چشم‌انداز و برنامه ی بلند مدت وزارت نیرو، با توجه به فناورانه بودن سند پیش رو، ارتباط سند بالادستی با این سند قابل مشاهده است.

## ۱-۲-۲- بررسی توان داخلی کشور

شناسایی توانایی موسسات و سازمان‌های داخلی در توسعه فناوری‌های منتخب می‌تواند به جهت‌گیری صحیح تصمیم‌های نهایی کمک شایانی کند. این مطالعات به ما کمک می‌کند تا به شناسایی جایگاه کشور در این فناوری دست یافته و چشم انداز را با در نظر گرفتن جایگاه فعلی و جایگاهی که قصد دست یافتن به آن را داریم ترسیم نماییم. به همین منظور توانایی کشور از چهار منظر مورد بررسی قرار گرفت که عبارتند از:

۱- دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی

۲- توانمندی بخش غیر دولتی

۳- نیروی انسانی متخصص

۴- مقالات

که در ادامه به بررسی هر یک از موارد فوق پرداخته می‌شود و بر مبنای اطلاعات بدست آمده توانایی کشور مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. در این راستا جهت اطلاع از نیروی انسانی متخصص و توان علمی کشور لازم بود تا فعالیت‌های دانشگاهی، تعداد فارغ التحصیلان دانشگاهی، مراکز پژوهشی دولتی و مراکز غیر دولتی که در زمینه‌ی فوتونیک و میکروالکترونیک فعالیت داشتند مورد بررسی قرار گیرد که توضیحات آن در ادامه آمده است.

### ۱-۲-۲-۱- دانشگاه‌ها

● دانشگاه صنعتی شریف

این دانشگاه شامل مراکز پژوهشی زیر می‌باشد [۷].

○ پژوهشکده الکترونیک دانشگاه صنعتی شریف

از زمینه‌های پژوهش در این پژوهشکده میکروالکترونیک و کاربرد پردازش سیگنال در آزمون غیرمخرب مواد می‌باشد. آزمایشگاه ابزار دقیق پیشرفته که امکان طراحی و ساخت تجهیزات نقص‌یاب با استفاده از سیگنال‌های جریان گردابی، شار مغناطیسی و ماورای صوت را فراهم می‌سازد از زیر مجموعه‌های این پژوهشکده می‌باشد.

○ مرکز تحقیقات فیزیک کاربردی دانشگاه شریف

این مرکز دارای آزمایشگاه‌های لایه نازک و فیزیک سطح، آزمایشگاه تحقیقاتی اپتیک، آزمایشگاه الکتروآکوستیک و آزمایشگاه تحقیقاتی لیزر می‌باشد.

○ مرکز خدمات تخصصی میکروالکترونیک جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی شریف

زمینه‌های تخصصی این مرکز لایه نازک و میکرولیتوگرافی می‌باشد. و در ساخت تجهیزات زیر فعالیت داشته‌اند: [۱۵]

✓ ژيروسکوپ فیبر نوری

✓ اتوکلیماتور لیزری تتودولیت

✓ دستگاه ذره شمار بیولوژیک

✓ میکرومتر اپتیکی دیجیتال

✓ شمال‌یاب ژيروسکوپی فیبر نوری

✓ اتوکلیماتور نوری

✓ رتیکل‌های سفارشی

○ آزمایشگاه الکتروآکوستیک دانشگاه صنعتی شریف

خدمات آزمایشگاهی این آزمایشگاه عبارتند از: آنالیز مودال آکوستیکی، اندازه‌گیری امپدانس آکوستیکی، اندازه‌گیری ضریب جذب سطحی، آزمایش استاندارد صنعتی ابزارهای صوتی ( بلندگو، میکروفون و...)، دادن تاییدیه آکوستیکی مطابق با استانداردهای ملی و بین‌المللی ( ساختمان‌ها و وسایل آکوستیکی)، اندازه‌گیری کلاس انتقال صوت، اندازه‌گیری خواص آکوستیکی سالن‌ها و کنفرانس‌ها

#### ● دانشگاه تهران

این دانشگاه دارای پژوهشکده نانوالکترونیک و لایه نازک می‌باشد که در زمینه‌های تخصصی ساخت ادوات نانوالکترونیک و الکترومکانیک فعالیت دارد. قطب نانوالکترونیک دانشگاه تهران در سال ۱۳۸۴ تاسیس گردید و از زمان تاسیس همواره گسترش فناوری نانو در حوزه الکترونیک و خصوصا نانوالکترونیک را چه در حوزه ساخت و چه در حوزه طراحی مد نظر داشته

است. زمینه‌های فعالیت قطب نانو الکترونیک عبارتند از: [۸]

○ ابزار و متدولوژی طراحی سخت افزار

○ پیاده‌سازی سخت افزاری پروتکل‌ها و الگوریتم‌ها

○ طراحی مدارهای مجتمع در مقیاس نانو برای Mixed-signal

○ طراحی توان پایین

○ طراحی و ساخت سیستم‌های مفصل در مقیاس نانو

○ تکنولوژی ساخت ادوات-مدارات و سنسورهای نانو

● دانشگاه تربیت مدرس

این دانشگاه شامل مراکز پژوهشی زیر می‌باشد [۹].

○ آزمایشگاه نانوایستروالکترونیک

زمینه‌های تخصصی این مرکز لایه نشانی، بررسی توپوگرافی سطحی و خواص نوری و اتاق تمیزی می‌باشد. آزمایشگاه‌های

الکترونیک

این آزمایشگاه شامل اتاق تمیزی، مدلسازی و شبیه‌سازی ادوات و میکروالکترونیک می‌باشد.

● دانشگاه امیرکبیر

○ پژوهشکده اپتیک، لیزر و فوتونیک

این پژوهشکده دارای گروه‌های پژوهشی الکترواپتیک و سیستم‌های تصویرساز، کاربردهای صنعتی لیزر و ادوات فوتونیک

می‌باشد. گروه ادوات اپتیک در زمینه طراحی، ساخت و بهینه‌سازی ادوات و المان‌های فوتونیک و کاربردهای آن در

سیستم‌های حسگری و گروه کاربردهای صنعتی لیزر در زمینه طراحی، ساخت و کاربردهای سامانه‌های اندازه‌گیری لیزری در

سیستم‌های صنعتی فعالیت دارند. همچنین گروه الکترواپتیک و سیستم‌های تصویرساز در زمینه طراحی، ساخت و ارزیابی

کیفیت دستگاه‌های اپتیک و الکترواپتیک تصویر ساز و استفاده از آن در سامانه‌های مختلف فعالیت می‌کند.

آزمایشگاه‌های اپتیک این پژوهشکده عبارتند از: آزمایشگاه تداخل سنجی و موج سنجی، آزمایشگاه طیف سنجی و برهم کنش

لیزر ماده، آزمایشگاه قطبش سنجی و فیبرهای نوری، آزمایشگاه میکروسکوپی [۱۰]

● دانشگاه علم و صنعت ایران

○ پژوهشکده الکترونیک

پژوهشکده الکترونیک این دانشگاه یکی از مراکز مجهز به دستگاه MBE است. این دستگاه در تحقیقات مربوط به نیمه هادی‌ها و برای رشد انواع لایه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین این مرکز دارای اتاق تمیز کلاس ۲۰۰۰ و اتاق فارادی برای انجام تحقیقات مربوطه است.

این پژوهشکده دارای ۹ آزمایشگاه تحقیقاتی برای انجام فعالیت‌های پژوهشی دانشجویان در سه گروه کنترل و اتوماسیون، طراحی مدار و نیمه‌هادی می‌باشد که در زمینه ابزار دقیق، نیمه هادی و طراحی و ساخت مدارات فعالیت می‌کنند [۱۱].

#### ○ مرکز تحقیقات نانوپترونیکس

این آزمایشگاه به طور گسترده در حال کار و انجام پروژه‌های دانشجویی، تحقیقاتی و صنعتی در حوزه الکترونیک نوری و ادوات نیمه هادی می‌باشد. از جمله این پروژه‌ها می‌توان به طراحی و شبیه‌سازی ادوات نوری مبتنی بر فوتونیک کریستال، فیبرهای فوتونیک کریستال، لیزرهای نیمه‌هادی، آشکارسازهای نوری، سلول‌های خورشیدی و غیره اشاره کرد. از جمله آزمایشگاه‌های این مرکز آزمایشگاه اپتوالکترونیک، آزمایشگاه کوانترونیکس، آزمایشگاه نانوالکترونیک، آزمایشگاه سیستم‌ها، آزمایشگاه میکروالکترونیک می‌باشد [۱۱].

#### ○ آزمایشگاه آکوستیک

آزمایشگاه آکوستیک دانشگاه علم و صنعت ایران با دارا بودن تجهیزات و امکانات سخت‌افزاری و نرم افزاری ویژه بستر مناسبی را برای انجام تحقیقات کاربردی و توسعه‌ای در حوزه کنترل صدا و ارتعاشات، آکوستیک سازه‌ای و حل مسائل برهم‌کنش متقابل سیالات و سازه فراهم نموده و در طول سال‌های متمادی خدمات قابل توجهی را به صنایع مختلف ارائه کرده است. همچنین وجود تجهیزات محاسباتی ویژه در کنار قابلیت‌های منحصر به فرد در این حوزه فرصت مناسبی را جهت انجام پژوهش‌ها و ارائه خدمات به بخش‌های مختلف آموزشی، پژوهشی و صنعتی مرتبط در سطح کشور فراهم آورده است [۱۱].

#### ● دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

#### ○ آزمایشگاه تحقیقاتی ادوات نوری و پرتوها

ساخت قطعات نوری مانند دیود نوری ارگانیک با رنگ‌های مختلف، سلول فتوولتائیک پلاستیکی، لیزر ارگانیک و حسگر اشعه ماوراء بنفش و ایکس از جمله فعالیت‌هایی است که در این آزمایشگاه صورت می‌گیرد [۱۲].

#### ○ آزمایشگاه لایه نازک و آزمایشگاه مدارهای میکروالکترونیک [۱۲]

#### ● دانشگاه شهید بهشتی

### ○ پژوهشکده لیزر و پلاسما

این پژوهشکده دارای گروه‌های فناوری لیزر، لیزر در ماده، کاربردهای لیزر، بیو فوتونیک و مهندسی پلاسما می‌باشد. همچنین این پژوهشکده به عنوان قطب علمی فوتونیک در اسفند ماه سال ۱۳۸۵ با اخذ مجوز از دبیرخانه شورای قطب‌های علمی کشور واجد شرایط احراز عنوان قطب علمی گردید و فعالیت خود را آغاز نمود. این مرکز دارای ۱۸ آزمایشگاه فعال در این زمینه می‌باشد [۱۶].

- دانشگاه صنعتی شیراز

### ○ پژوهشکده الکترونیک فتح و مرکز پژوهشی اپتوالکترونیک

گروه‌های پژوهشکده الکترونیک رادار، جنگال و الکترواکوستیک، اپتوالکترونیک، استانداردسازی و سیستم‌های نوری می‌باشد [۱۷].

- دانشگاه ارومیه

### ○ پژوهشکده میکروالکترونیک

این پژوهشکده دارای گروه‌های مدارهای مجتمع آنالوگ و دیجیتال، میکروماشین و شبکه‌های عصبی می‌باشد و در زمینه طراحی مدارهای IC در محورهای مدارهای مجتمع آنالوگ، دیجیتال و فازی، میکروماشین‌ها و طراحی و ساخت سنسورهای MEMS فعالیت می‌نماید [۱۳].

- دانشگاه تبریز

### ○ گروه‌های فوتونیک پژوهشکده فیزیک کاربردی

در این پژوهشکده گروه فوتونیک فیزیک، گروه فوتونیک الکترونیک، گروه فوتونیک مخابرات، گروه فیزیک پلاسما و گروه نجوم به فعالیت مشغولند [۱۴].

- دانشگاه شهید رجایی

### ○ آزمایشگاه تحقیقاتی میکروالکترونیک

آزمایشگاه تخصصی میکروالکترونیک دانشگاه شهید رجایی جهت انجام تحقیقات نظری و کاربردی در زمینه الکترونیک و میکروالکترونیک در حال تجهیز است. نظر به اینکه امکانات و تجهیزات سخت افزاری و نرم‌افزاری این آزمایشگاه جزو تجهیزات High-Tech به شمار می‌روند، عملیات راه‌اندازی این آزمایشگاه به همراه آزمایشگاه تحقیقاتی میکروالکترونیک

نوری با دریافت حمایت از ستاد توسعه فناوری میکروالکترونیک در سال ۱۳۸۸ شروع شد و در حال تجهیز بیشتر است. این آزمایشگاه در ابتدای فعالیت خویش است و برنامه‌ریزی شده است تا با ایجاد ارتباط با صنعت و گرفتن پروژه‌های تحقیقاتی مختلف، نیروی متخصص آشنا به صنعت تربیت شود [۱۸].

### ۱-۲-۲-۲- مراکز پژوهشی دولتی

- پژوهشکده میکروالکترونیک سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران این پژوهشکده دارای ۳ گروه پژوهشی طراحی ICهای آنالوگ، ICهای DSP و VLSI است که در زمینه‌های زیر فعالیت می‌کند [۱۹].

- ✓ طراحی و ساخت تیرک‌های یک سر آزاد به روش MEMS
- ✓ طراحی و ساخت یک سیستم حسگر طیف برای شبکه‌های رادیویی شناختگر
- ✓ تدوین نقشه راه در توسعه صنعت میکروالکترونیک
- ✓ مطالعه و پژوهش بخش‌های مخابراتی و الکترونیکی پروژه سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی
- ✓ مطالعه امکانات و فعالیت مراکز دانشگاهی در زمینه میکروالکترونیک

- مرکز پژوهشی علوم و فنون لیزر ایران این مرکز دارای سه گروه پژوهشی لیزرهای پرقدرت، گروه پژوهشی لیزرهای نیمه هادی و گروه پژوهشی فوتونیک و رشد بلور می‌باشد [۲۰].

- پژوهشکده لیزر و اپتیک سازمان انرژی اتمی ایران پژوهشکده لیزر و اپتیک با نام قبلی مرکز تحقیقات لیزر اولین مرکزی است که در این زمینه در کشور تاسیس گردیده است و تاکنون نقش بسزایی در بسط و توسعه این فناوری مهم در کشور ایفا نموده است، به طوری که در اغلب فعالیت‌های تحقیقاتی در این زمینه و در آزمایشگاه‌های لیزر موجود در کشور که اکثراً در چند سال اخیر پا به عرصه وجود نهاده‌اند تلاش و همکاری متخصصین پژوهشکده لیزر و اپتیک نقش مؤثر و تعیین کننده‌ای را ایفا نموده است. پژوهشکده لیزر و اپتیک (مرکز تحقیقات لیزر) تا سال ۱۳۶۸ یکی از آزمایشگاه‌های مرکز تحقیقات هسته‌ای بوده و از سال ۱۳۷۹ با مرکز طیف نگاری ادغام

گردید و فعالیت‌های خود را در قالب برنامه‌های معاونت پژوهشی ادامه داد و از سال ۱۳۸۴ با تاسیس پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای تحت عنوان پژوهشگاه لیزر و اپتیک به کار خود ادامه می‌دهد [۲۱].

### ۱-۲-۳- امکانات و وضعیت بخش غیر دولتی

- شرکت صنایع الکترونیک ایران (صا ایران)

شرکت صنایع الکترونیک ایران در سال ۱۳۵۱ با هدف تامین بازار کالاهای الکترونیک خانگی و مصرفی در ایران و منطقه تاسیس گردید. این شرکت با داشتن شش زیر مجموعه، بزرگترین شرکت تولید کننده دستگاه‌های الکترونیکی در ایران می‌باشد.

صا ایران در سال‌های اخیر در شیراز تولید ترانزیستور داشت، اما آن را متوقف کرد زیرا بازدهی اقتصادی نداشته و واردات آن به صرفه‌تر بوده است. شرکت صنایع الکترونیک ایران دارای ۷ زیر مجموعه است [۲۹].

✓ صنایع الکترونیک شیراز (صا شیراز): شرکت صنایع الکترونیک شیراز به عنوان یکی از شرکت‌های تخصصی صا ایران در زمینه انجام تحقیقات، طراحی، تولید و تامین محصولات و خدمات در حوزه‌های مختلف فناوری الکترونیک شامل رادار، جنگ الکترونیک (جنگال)، الکترونیک هوائی و کنترل، الکترونیک سلاح، الکترونیک دریائی، لامپ‌های مایکروویو و تجهیزات اندازه‌گیری و اندازه‌شناسی (کالیبراسیون) فعالیت می‌کند.

✓ صنایع مخابرات ایران (صما): ساخت تلفن و تجهیزات مخابراتی

✓ شرکت ایز ایران

✓ شرکت انستیتو ایز ایران

✓ شرکت صنایع قطعات الکترونیک ایران (صقا): فعالیت در زمینه تولید انواع کارت‌های هوشمند، انواع مدارات الکترونیکی هایبرید ( فناوری فیلم ضخیم و نازک)، تولید انواع مدارهای چاپی، انواع کریستال‌های کوارتز، انواع پیزو سرامیک، سیستم‌های مخابراتی و سنسورهای مادون قرمز

✓ صنعت اپتیک اصفهان (صاپا): تولید و عرضه کننده قطعات و سامانه‌های اپتیک، الکترو اپتیک، ایمنی،

امنیتی، حفاظت تصویری، تجهیزات پزشکی، آموزشی و شیشه‌های خاص

✓ پژوهشگاه الکترونیک ایران



- شرکت صنایع قطعات الکترونیک (زیر مجموعه صا ایران)  
این شرکت دارای ۴ آزمایشگاه اپتوالکترونیک، ساخت مدارات مجتمع نیمه هادی، مدارات مجتمع هایبرید در مرکز تحقیقات نیمه هادی و آزمایشگاه الکتروسرامیک می‌باشد.
- شرکت نیمه‌هادی عماد  
زمینه‌های فعالیت این شرکت کارت هوشمند، قطعات سنسور، الکترونیک خودرو، الکترونیک و میکروالکترونیک می‌باشد. پروژه‌های این شرکت عبارت است از: تراشه سیم کارت موبایل، تراشه کارت هوشمند، تراشه پردازشگر و کنترل کننده ارتباطی HDLC تراشه و برد الکترونیکی کنتور برق چند تعرفه، مدار مجتمع کدک و دیجیتال PCM مدار مجتمع پیجر EMP1 IC PAGER مدار مجتمع کنترل کننده یخچال، طراحی و ساخت سایر محصولات IC [۳۰].
- شرکت توسعه فناوری ریز مقیاس آژینه  
شرکت توسعه فناوری ریز مقیاس آژینه در سال ۱۳۹۰ تاسیس گردید. این شرکت بر پایه دانش، توانایی و تخصص اعضای آن پایه‌ریزی شد و در جهت ارتقا سطح علمی کشور، تجاری سازی محصولات دانش بنیان، خصوصاً توسعه صنایع مرتبط به الکترونیک، میکروالکترونیک و ادوات MEMS فعالیت خود را آغاز کرد [۲۲].
- ✓ دستگاه تطبیق ماسک مدل AMS-2
- شرکت آپادانا خدمات گستران قومس  
شرکت آپادانا در زمینه طراحی و ساخت انواع سنسورهای اندازه‌گیری دبی، ترنسمیترهای فشار، واسط‌های کاربر و ماشین آلات صنعتی، نیمه صنعتی و آزمایشگاهی، نمایشگرهای صنعتی و نیمه صنعتی، اجرای پروژه‌های طراحی و ساخت سامانه‌های آزمایشگاهی و نیمه صنعتی حوزه لایه نازک، مواد، شیمی، صنایع پزشکی، صنایع دارویی، صنایع زیستی فعالیت می‌کند [۲۳].
- شرکت پوشش‌های نانو ساختار  
شرکت پوشش‌های نانو ساختار که موسسین آن از اعضای هیات علمی دانشگاه‌های کشور هستند یکی از با سابقه‌ترین شرکت‌های داخلی در حوزه طراحی و ساخت تجهیزات لایه نشانی در خلأ می‌باشد. این شرکت به عنوان اولین شرکت ایرانی است که با کسب گواهینامه CE اجازه فروش محصولات خود به بازار اتحادیه اروپا را دارد و تا کنون محصولات خود را به بیش از ۱۰۰ مرکز علمی و دانشگاهی به فروش رسانیده است. شرکت پوشش‌های نانو ساختار با صادر کردن محصولات خود به

خارج از کشور، دارای نمایندگان فروش در کشورهای روسیه، کره جنوبی، استرالیا و نیوزلند است. فعالیت های این شرکت عبارتند از: [۲۴]

- ✓ دستگاه لایه نشانی اسپاترینگ رو میزی
- ✓ سیستم لایه نشانی به روش اسپاترینگ مدل VCS100F
- ✓ Desk Sputter Coater DST3
- ✓ کاتدهای مگنترون اسپاترینگ
- ✓ سیستم لایه نشانی به کمک پالس لیزری (PLD)
- ✓ سیستم بوته‌های چرخان به منظور ساخت چند لایه‌ای‌ها
- ✓ سیستم تولید نانو ذرات فلزی و سرامیکی در خلأ به روش‌های IGC، CVC
- ✓ گرم کننده زیر لایه‌ها
- ✓ Laser Cooling System
- شرکت توسعه حسگرسازان آسیا

در این شرکت برخی نتایج تحقیقات علمی - دانشگاهی به مرحله تولید صنعتی و یا نیمه صنعتی خواهند رسید که از آن میان می‌توان به ساخت حسگرهای گازهای سمی، حسگرهای اکسیژن، سنسورهای الکترونیکی خودرو و سنسورهای مادون قرمز اشاره نمود. همچنین ساخت نمایشگرهای مسطح با ابعاد متوسط و کوچک، ساخت سنسورهای اندازه‌گیری قند خون، سنسورهای حرکت بدون تماس (با استفاده از حسگرهای گرما) و غیره در مراحل بعدی تولید قرار دارند [۳۱].

- ✓ سیستم زدایش فعال یونی و زدایش عمیق سیلیکون
- ✓ دستگاه لایه نشانی بخارشیمیایی پلاسمای جریان مستقیم
- ✓ نانو سورد

- شرکت سامانه تجهیز دانش

شرکت سامانه تجهیز دانش (سهامی خاص) فعالیت اصلی خود را در زمینه تجهیزات آزمایشگاهی و ساخت دستگاه‌های آزمایشگاهی معطوف نموده است. تمامی محصولات این شرکت حاصل تحقیق و پژوهش کارشناسان این شرکت و ایده‌برداری از دستگاه‌های با تکنولوژی بالای شرکت‌های مطرح غربی می‌باشد. محصولات این شرکت شامل سامانه‌های تلفیقی مکانیکی،

الکتریکی و الکترونیکی بوده و دارای کاربرد در آزمایشگاه‌های ساخت و آزمایش ادوات میکرونی، نانو شامل صنایع نیمه هادی، اپتیک، لیزر، مهندسی پزشکی و تجهیزات مرتبط با آزمایشگاه‌های فیزیک، شیمی، MEMS، پلیمر و پتروشیمی می‌باشد [۲۵].

✓ لیتوگرافی تماسی (Contact Lithography)

✓ گلاو باکس (Glovebox)

✓ اسپین کوتر (Spin Coater)

✓ سلول اچینگ مرطوب (Wet Bench)

✓ آزمایشگاه لیتوگرافی

• شرکت صنایع پویا الکتروسامان نیرو

شرکت صنایع پالس نیرو در سال ۱۳۸۳ فعالیت خود را در زمینه ساخت تجهیزات Pulsed Power آغاز نمود و تا سال ۱۳۸۵ عمده‌ترین فعالیت مجموعه، تحقیق در زمینه ساخت سیستم‌های پرتاب کننده با سرعت و جرم بالا بود. همچنین در این مدت، کسب نمایندگی محصولات Pulsed Power از شرکت‌های معتبر و فعال روسی و اروپائی، طراحی و تولید تجهیزات اصلی پالس پاور مانند خازن‌های پالسی کم اندوکتانس در انرژی‌های مختلف با استانداردهای اروپا و ...، از موفقیت‌های مهم شرکت به شمار می‌آید. در سال ۸۶ با توجه به طیف وسیع پروژه‌های پیشنهادی در حوزه فیزیک انرژی‌های چگال، جهت‌گیری فعالیت‌های شرکت به صورت تخصصی در این راستا قرار گرفت و مجموعه به پنج بخش پالس پاور (تکنولوژی و تجهیزات صنایع پالس پاور)، انرژی و پلاسما (علوم فیزیک پلاسما، چگال و انرژی‌های همجوشی)، اپتیک و لیزر (سیستم‌ها و قطعات نوری و صنایع پیشرفته لیزر)، مایکروویو (فناوری تولید و انتشار امواج مایکروویو و شتابدهنده ذرات) و طراحی و ساخت (طراحی صنعتی و ساخت مکانیکی - طراحی و ساخت سیستم‌های پیشرفته مهندسی) تقسیم گردید. از عمده فعالیت‌های این شرکت می‌توان به: طراحی و ساخت سیستم بینائی سرعت سنج VISAR در بخش اپتیک و لیزر، طراحی و ساخت پلاسما، کانونی، راکتور همجوشی TOKAMAK و مولد Q-Machine در بخش انرژی و پلاسما، طراحی و ساخت شکل دهنده مغناطیسی از نوع انبساطی؛ تراکمی و برجسته، مولد انواع نانو پودرهای فلزی و غیر فلزی به روش تخلیه پالسی سیم، و استلیزه کننده PEF در بخش پالس پاور، طراحی و ساخت شتابدهنده خطی ۲ مگا وات در بخش مایکروویو، و ساخت موتور هواپیمای پیستونی سبک دور بالا در بخش طراحی و ساخت، اشاره کرد. هم اکنون این مجموعه یکی از بزرگترین مراکز تحقیقاتی حوزه فیزیک انرژی‌های چگال در خاورمیانه به شمار رفته و مرجع مفیدی در منطقه برای تامین نیازهای فنی و

مهندسی مراکز تحقیقاتی فعال در این زمینه می‌باشد. شرکت صنایع پالس نیرو، با انتشار ده‌ها مقاله داخلی و خارجی و همچنین ثبت بیش از ده اختراع در زمینه‌های مختلف فیزیک انرژی‌های چگال و دارا بودن اعضای هیات علمی با سابقه درخشان تحصیلی و پژوهشی، جزء یکی از بزرگترین و معتبرترین مراکز تحقیقاتی کشور و منطقه به شمار می‌رود [۲۶].

✓ طراحی و ساخت لیزرهای توان بالا

✓ تولید و تجهیز سیستم‌های اپتیکی و سیستم‌های خنک کننده لیزر

• شرکت فناوری خلا کهربا

شرکت فناوری کهربا، در سال ۱۳۹۰ با ساخت دستگاه EMC Camera فعالیت خود را آغاز نمود و در سال ۱۳۹۱ به عنوان یک شرکت دانش بنیان به عضویت در پارک علم و فناوری دانشگاه تهران درآمد. سپس با ساخت دستگاه ضخامت سنج لایه‌های نازک با استفاده از پراش فرنل از پله فازی و همچنین دستگاه ارتعاش سنج از راه دور با استفاده از تکنیک ماره وارد حوزه کاری اندازه‌گیری شد. این شرکت با همکاری با خبرگان دانشگاه‌های معتبر کشور توانست محصولاتی را تولید کند که حتی مشابه خارجی هم ندارند و از لحاظ هزینه تمام شده دارای مزیت رقابتی هستند. دو محصول اخیر در حال دریافت US Patent نیز می‌باشند. این شرکت دانش بنیان، مدیریت دانش را در اولویت قرار داده و سرمایه اصلی آن متخصصین دانشگاه‌ها هستند. از طرفی با به کارگیری متخصصین بازارهای جهانی، جهانی شدن و رقابت در بازارهای بین‌المللی نیز از اهداف شرکت است [۲۷].

✓ ساخت دستگاه ضخامت سنج لایه‌های نازک با استفاده از پراش فرنل از پله فازی

### ۱-۲-۲-۴- جمع بندی امکانات داخلی کشور

جدول (۳-۱) خلاصه امکانات داخلی کشور را بر اساس فناوری‌های اولویت‌دار نشان می‌دهد.

جدول ۳-۱- خلاصه امکانات داخلی کشور بر اساس فناوری‌های اولویت‌دار

میکروالکترونیک	فوتونیک	
✓	✓	دانشگاه صنعتی شریف
✓	✓	دانشگاه تهران
✓	✓	دانشگاه تربیت مدرس
	✓	دانشگاه امیرکبیر
✓	✓	دانشگاه علم و صنعت ایران
✓	✓	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

میکروالکترونیک	فوتونیک	
	✓	دانشگاه شهید بهشتی
	✓	دانشگاه صنعتی شیراز
✓		دانشگاه ارومیه
	✓	دانشگاه تبریز
✓	✓	دانشگاه شهید رجائی
✓		پژوهشکده میکروالکترونیک
	✓	مرکز پژوهشی علوم و فنون لیزر ایران
	✓	پژوهشکده لیزر و اپتیک سازمان انرژی اتمی ایران
	✓	شرکت صنایع الکترونیک ایران
✓		شرکت نیمه‌هادی عماد
✓		شرکت توسعه فناوری ریز مقیاس آزینه
✓		شرکت آپادانا خدمات گستران قومس
✓		شرکت پوشش‌های نانو ساختار
✓	✓	شرکت توسعه حسگرسازان آسیا
✓	✓	شرکت شرکت سامانه تجهیز دانش
	✓	شرکت صنایع پویا الکتروسامان نیرو
✓		شرکت فناوری خلا کهریا

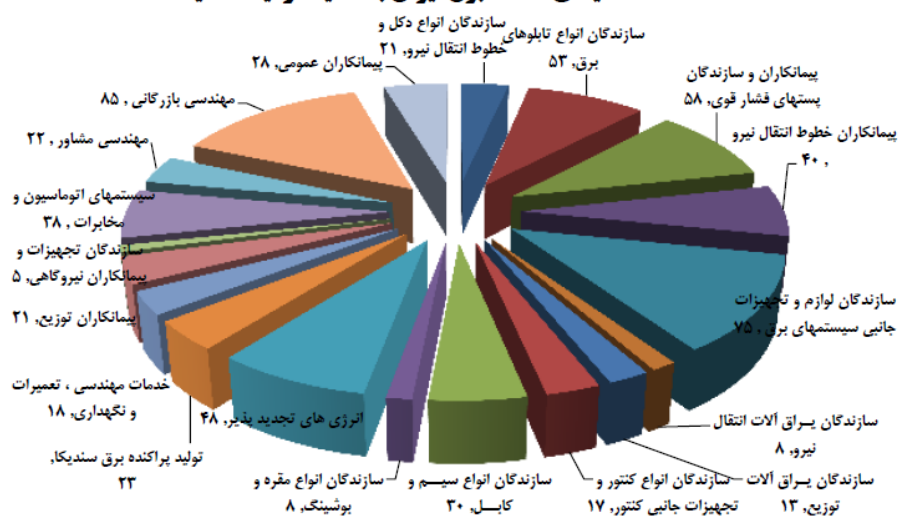
به منظور شناسایی توان شرکت‌های داخلی و برنامه‌ریزی برای برون‌سپاری بخشی از پروژه‌ها، به اطلاعاتی در خصوص شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در زمینه‌های مرتبط نظیر الکترونیک، میکروالکترونیک و فوتونیک نیاز است. در این رابطه فهرست شرکت‌های عضو سندیکای صنعت برق ایران مورد بررسی قرار گرفت. گزارش تعداد شرکت‌هایی که در زمینه‌های مرتبط با محور کاری این سند وجود دارد، در جدول (۴-۱) و شکل (۱-۱) آورده شده است [۳۲].

جدول ۴-۱- فهرست شرکت‌های عضو سندیکای صنعت برق ایران

تعداد	دسته‌بندی شرکت‌های عضو
۲۴	پیمانکاران عمومی
۶	سازندگان تجهیزات و پیمانکاران نیروگاهی
۸۵	مهندسی بازرگانی
۲۱	مهندسی مشاور

تعداد	دسته‌بندی شرکت‌های عضو
۳۷	سیستم‌های اتوماسیون و مخابرات
۷۴	سازندگان لوازم و تجهیزات جانبی سیستم‌های برق

اعضای سندیکای صنعت برق ایران به تفکیک زمینه فعالیت



شکل ۱-۲- شرکت‌های عضو سندیکای صنعت برق ایران

مطالب این بخش نشان‌دهنده ظرفیت بالقوه مناسب تجهیزات، آزمایشگاه‌ها و شرکت‌ها در کشور برای حرکت در حوزه فناوری‌های فوتونیک و میکروالکترونیک است. هر چند یکی از مشکلات پیش رو به روز نبودن آزمایشگاه‌ها و تجهیزات آن‌ها می‌باشد که نیاز است برای بهبود آن‌ها برنامه‌ریزی‌های لازم صورت گیرد.

### ۱-۲-۲-۵- نیروی انسانی متخصص در داخل کشور و انتشارات علمی

جهت ترسیم چشم انداز در طرح ابزار دقیق نیاز است که از تعداد نیروی متخصص در زمینه‌ی ابزار دقیق و همچنین توان علمی این متخصصین که منجر به تولید انتشارات علمی در دنیا می‌شود، اطلاع حاصل شود لذا در ادامه به بررسی ظرفیت پذیرش برخی از دانشگاه‌ها که در تربیت نیروی انسانی مناسب پیشرو هستند و همچنین جایگاه کشور در تولید انتشارات علمی در زمینه‌ی الکترونیک و ابزار دقیق پرداخته شده است که جدول (۱-۵) و (۱-۶) تعداد دانشجویان دکتری و کارشناسی ارشد و جداول (۱-۷) تا (۱-۸) جایگاه علمی کشور را نشان می‌دهد [۲۸].

ظرفیت پذیرش برای دانشگاه‌های زیر در نظر گرفته شده است:

- دانشگاه ارومیه
- دانشگاه اصفهان
- دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین
- دانشگاه تبریز
- دانشگاه تربیت مدرس
- دانشگاه تهران
- دانشگاه شهید بهشتی
- دانشگاه شیراز
- دانشگاه صنعتی اصفهان
- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
- دانشگاه صنعتی سهند تبریز
- دانشگاه صنعتی شریف
- دانشگاه صنعتی شیراز
- دانشگاه علم و صنعت ایران
- دانشگاه فردوسی مشهد

جدول ۱-۵- تعداد دانشجویان دکترای مهندسی برق و فوتونیک (بر مبنای پذیرش سال ۹۳)

رشته تحصیلی	ظرفیت پذیرش روزانه	ظرفیت پذیرش نوبت دوم
دکترای مهندسی برق گرایش الکترونیک	۶۶	۱۳
دکترای مهندسی برق گرایش مخابرات (میدان)	۵۱	۱۰
دکترای مهندسی برق گرایش مخابرات (سیستم)	۶۸	۱۲
دکترای مهندسی برق گرایش قدرت	۷۲	۱۹
دکترای مهندسی برق گرایش کنترل	۵۷	۱۱
دکترای فوتونیک	۱۳	۲
جمع کل	۳۲۷	۶۷

جدول ۱-۶- تعداد دانشجویان کارشناسی ارشد مهندسی برق و فوتونیک (بر مبنای پذیرش سال ۹۳)

رشته تحصیلی	ظرفیت پذیرش روزانه	ظرفیت پذیرش نوبت دوم
کارشناسی ارشد مهندسی برق الکترونیک	۲۵۲	۸۴
کارشناسی ارشد مهندسی برق مخابرات	۳۳۰	۹۵
کارشناسی ارشد مهندسی برق قدرت	۲۸۰	۹۷
کارشناسی ارشد مهندسی برق کنترل	۱۹۵	۵۶
کارشناسی ارشد مهندسی فوتونیک	۲۰	۱۳
جمع کل	۱۰۷۷	۳۳۵

جدول (۱-۷) مقایسه میزان ژورنال‌ها و مقالات منتشر شده در زمینه ابزار دقیق کشورهای خاورمیانه در سال ۲۰۱۳ است [۳۳].



جدول ۷-۱- مقایسه تعداد ژورنال و مقالات منتشر شده در زمینه ابزار دقیق در خاورمیانه

	Country	Documents
1	Iran	342
2	Turkey	230
3	Egypt	142
4	Israel	134
5	Saudi Arabia	118
6	United Arab Emirates	16
7	Iraq	15
8	Jordan	15
9	Qatar	15
10	Kuwait	10
11	Oman	10
12	Syrian Arab Republic	9
13	Lebanon	7
14	Bahrain	5
15	Palestine	5
16	Yemen	2

جدول (۸-۱) مقایسه میزان ژورنال‌ها و مقالات منتشر شده در زمینه ابزار دقیق دنیا در سال ۲۰۱۳ است [۳۳].

جدول ۸-۱- مقایسه تعداد ژورنال و مقالات منتشر شده در زمینه ابزار دقیق در دنیا

	Country	Documents
1	China	5,686
2	United States	3,148
3	Germany	1,671
4	Japan	1,281
5	Italy	1,073
6	France	1,022
7	India	990
8	Russian Federation	948
9	United Kingdom	943
10	Spain	586
11	South Korea	561
12	Poland	548
13	Switzerland	510
14	Canada	453
15	Brazil	389
16	Taiwan	372
17	Australia	357
18	Iran	342
19	Netherlands	266

جدول (۹-۱) مقایسه میزان ژورنال‌ها و مقالات منتشر شده در زمینه مهندسی الکترونیک کشورهای خاورمیانه در سال ۲۰۱۳

است [۳۳].

جدول ۹-۱- مقایسه تعداد ژورنال و مقالات منتشر شده در الکترونیک در خاورمیانه

	Country	Documents
1	Iran	2,394
2	Turkey	1,346
3	Egypt	785
4	Saudi Arabia	781
5	Israel	587
6	United Arab Emirates	222
7	Qatar	190
8	Jordan	128
9	Iraq	125
10	Lebanon	109
11	Kuwait	48
12	Oman	45
13	Palestine	26
14	Yemen	22
15	Bahrain	15
16	Syrian Arab Republic	12

جدول (۱۰-۱) مقایسه میزان ژورنال‌ها و مقالات منتشر شده در زمینه مهندسی الکترونیک دنیا در سال ۲۰۱۳ است [۳۳].

جدول ۱۰-۱- مقایسه تعداد ژورنال و مقالات منتشر شده در زمینه الکترونیک در دنیا

	Country	Documents
1	China	38,819
2	United States	24,419
3	Japan	9,441
4	South Korea	6,922
5	Germany	6,306
6	United Kingdom	5,192
7	India	5,013
8	France	4,948
9	Taiwan	4,633
10	Canada	4,352
11	Italy	4,241
12	Spain	3,366
13	Iran	2,394
14	Australia	2,330
15	Poland	2,107
16	Singapore	1,863
17	Russian Federation	1,780

بررسی‌های این بخش بیانگر وجود ظرفیت مناسب نیروی متخصص حوزه‌های فوتونیک و میکرو الکترونیک در کشور است.

### ۱-۲-۳- مطالعات الگوبرداری

استفاده از تجارب دیگر کشورها در زمینه توسعه فناوری‌های راهبردی روشی دیگر در ترسیم چشم‌انداز است. در این زمینه می‌توان از آینده‌های ترسیم شده در سایر کشورها، مانند هدف‌گذاری‌های بلندمدت، حوزه‌های کاربردی قابل تاکید، و غیره برای تعیین افق چشم‌انداز داخلی بهره برد.

به منظور انجام مطالعات الگوبرداری دو سطح مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا کشورهای هم‌جوار، که هدف از این انتخاب شناسایی جایگاه فعلی کشور در منطقه و سطح پیشرفت کشور های منطقه می باشد و در گام بعد کشورهای پیشرو که با هدف الگوبرداری انجام پذیرفت.

کشورهایی که در سطح منطقه انتخاب گردیدند عبارتند از:

۱- عربستان سعودی

۲- امارات متحده عربی

۳- ترکیه

۴- رژیم اشغالگر قدس

همچنین کشورهای ژاپن و آلمان نیز به عنوان کشورهای پیشرو مورد بررسی قرار گرفتند.

در ادامه به تشریح مطالب بدست آمده در خصوص کشورهای فوق پرداخته می‌شود.

### ۱-۳-۲-۱- کشور عربستان سعودی

کشور عربستان سعودی با داشتن حدود ۲۶ میلیون و پانصد هزار نفر جمعیت در سال ۲۰۱۲ میلادی، دارای اقتصاد مبتنی بر نفت است. درآمدهای حاصل از صادرات نفت و مواد پتروشیمی، ۹۰ درصد درآمدهای صادراتی و ۸۰ درصد درآمد دولت را تشکیل می‌دهد.

کشور عربستان مطابق نقشه راه توسعه فناوری که توسط دانشگاه علم و صنعت عربستان<sup>۱</sup>، دانشگاه ملک عبدالعزیز<sup>۲</sup> و موسسه تحقیقات استنفورد<sup>۱</sup> در نظر دارد که بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰ در ۱۲ فناوری در دنیا پیشرو شود که این فناوری ها عبارتند

از: [۳۴]

<sup>۱</sup> Saudi Arabia's national science and technology (S&T) agency

<sup>۲</sup> the King Abdulaziz City for Science & Technology (KACST)

- Water
- Petrol and gas
- Petrochemicals
- Nanotechnologies
- Advanced materials
- Electronics, communications, and photonics
- Biotechnology and genetic engineering
- Information technology
- Aerospace and aviation
- Energy
- Environment
- Math and physics

دانشگاه‌هایی که در کشور عربستان در حوزه تحقیقات و آموزش فناوری نانو فعالیت می‌کنند عبارتند از:

دانشگاه ملک عبدالعزیز

دانشگاه ملک فهد

دانشگاه علم و فناوری ملک عبدالله (KAUST)

### ۱-۲-۳-۲- کشور امارات

کشور امارات با داشتن حدود ۴ میلیون و پانصد هزار نفر جمعیت در سال ۲۰۱۲ میلادی، جایگاه مهم و موفقی در منطقه پیدا کرده است. اگرچه اقتصاد دبی با صنعت نفت رشد کرد اما بیشتر درآمد دبی از منطقه آزاد جبل علی، فروش ملک به اتباع خارجی در مناطق آزاد، اعطای اقامت، صدور مجدد کالا، ترانزیت مسافر و کالا و همچنین قسمت بزرگی نیز از گردشگری و دیگر خدمات مالی و تجاری تأمین می‌شود. دبی به تازگی توجه جهانیان را از طریق ساخت و سازهای بزرگ و عظیم و همینطور رویدادهای تفریحی و ورزشی هیجان‌انگیز به خود جلب کرده است.

چشم انداز کشور امارات برای سال ۱۴۰۴ در زمینه فناوری‌های مختلف بصورت زیر است [۳۵].

- ارسال ماهواره های پژوهشی به فضا

<sup>1</sup> Stanford Research Institute (SRI)

- نخستین شهر سبز جهان در امارات
- دهکده دانش دبی (DKV)
- پارک تحقیق و بیوفناوری دبی
- پارک فناوری سیلیکون اواسیس

که در این میان تاسیس پارک فناوری سیلیکون اواسیس در زمینه تولید و ساخت تجهیزات الکترونیک دقیق فعالیت دارد. تاسیس پارک فناوری در سال ۲۰۰۲ شروع و در سال ۲۰۰۷ رسماً آغاز بکار کرد. چشم انداز تاسیس این پارک تبدیل شدن به یکی از رهبران جهانی در زمینه نوآوری و توسعه پیشرفته در موضوع صنایع الکترونیک پیشرفته و ماموریت تدوین شده برای آن عبارتست از "ایجاد یک واحد فناوری که در سطح جهان به عنوان قطب فناوری شناخته شود" و این امر از طریق تسهیل ایجاد و توسعه صنایع پیشرفته بر پایه فناوری های مدرن، بخصوص آن دسته از صنایع که تولید و ساخت تجهیزات الکترونیک دقیق، فناوری اپتوالکترونیک، نانوفناوری، فوتولتائیک و صنعت ساخت و تولید تجهیزات و وسایل پشتیبان بالاخص تجهیزات صنعت ICT که از نیمه هادی‌ها استفاده می‌نمایند، فعالیت دارد. این پروژه در زمینی به وسعت ۷ میلیون متر مکعب اجرا گردیده و در آن ۵۶۰ ویلای اقامتی، برج‌های تجاری، مناطق صنعتی و تحقیق و توسعه، مراکز پژوهشی آموزشی، تسهیلات عمومی شهری و بهداشتی، رفاهی و تفریحی از قبیل یک استخر شنای بزرگ، یک سوپر مارکت عظیم، کافی شاپ‌های ساحلی، سالن ورزشی و سونا، سالن یوگا و دیگر تفریحات سالم پیش بینی شده است. محل ساخت این پارک همانند دیگر پارک‌های فناوری دبی در نزدیکی فرودگاه بین المللی دبی و منطقه آزاد تجاری جبل علی است. در طراحی و تاسیس این پارک فناوری به شدت به پارک فناوری سیلیکون ولی امریکا که نخستین پارک فناوری در جهان با بیش از ۴۰ سال سابقه است توجه شده و سعی گردیده از آن به عنوان یک الگو استفاده شود. لازم به ذکر است که کارشناسان و متخصصین توسعه در امارات و بخصوص امیر این کشور بارها در سخنرانی‌های خویش به تبدیل امارات و دبی به سیلیکون ولی خاورمیانه اشاره کرده اند و عقد قرار داد با دانشگاه بوستون که پایه گذار سیلیکون ولی در امریکا به حساب می‌آید جهت تاسیس یک شعبه در امارات نیز در همین راستا ارزیابی می‌گردد. رئیس این پارک فناوری آقای دکتر عیسی بستکی است [۳۵].

### ۱-۲-۳-۳- رژی‌م اشغال گر قدس

در دو دهه گذشته رژی‌م اشغالگر قدس به یک کشور قدرتمند در فناوری‌های پیشرفته تبدیل شده است. از نظر اندازه بنگاه‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر (Venture Capital) و تعداد بنگاه‌های راه‌اندازی شده فناوری پیشرفته در سال، این رژی‌م در رتبه اول جهان (به نسبت جمعیت) قرار دارد. رژی‌م صهیونیستی در برخی صناعت‌ها مزیت جهانی، و پتانسیل رشد بالا پیدا کرده‌اند: مدیریت منابع آب، دانش کشاورزی، انرژی‌های نو، پزشکی و امنیت. [۴۴]، [۴۱] و [۳۴]

کسب و کارهای فناوری پیشرفته تنها ۱۰ درصد از جمعیت را استخدام کرده‌اند، همچنین سهم آن‌ها در صادرات کشور حدود ۴۰ درصد است. زمینه کاری اکثر متخصصین و مهندسین این رژی‌م شامل: کشاورزی، علوم کامپیوتری، الکترونیک، ژنتیک، بهداشت، اپتیک و انرژی خورشیدی می‌باشد.

صنایع اصلی رژی‌م اشغالگر قدس عبارتند از:

- الکترونیک
- بیوتکنولوژی
- الماس
- صنایع شیمیایی، لاستیک و پلاستیک
- پوشاک
- صنایع ساختمانی
- توریسم
- انرژی

از جمله مزایای نسبی که برای نشان دادن سطح پیشرفت فناوری الکترونیک در این رژی‌م می‌توان در نظر گرفت عبارتند از:

۱- این رژی‌م بعد از ایالات متحده آمریکا بزرگترین تعداد شرکت‌های Fabless در زمینه میکروالکترونیک را در اختیار دارد.

۲- بزرگترین شرکت‌های فناوری میکروالکترونیک نظیر Freescale، IBM، IT، Intel، Marvel، Cisco و Broadcom اولین مراکز طراحی خود را در این منطقه احداث نموده‌اند.

۳- شرکت‌های میکروالکترونیک این رژیم اولین ابزار ژئومتریک با دقت ۴۰ نانومتر و کمتر را طراحی نموده‌اند.

۴- تیم طراحی Technion برای اولین بار موفق به کشف نوع جدیدی از فناوری میکروالکترونیک تحت عنوان

peptides Electronic شده‌اند که بر پایه نیمه‌هادی‌های پروتئینی عمل می‌نماید.

### ۱-۲-۳-۴- کشور ترکیه

اقتصاد ترکیه ترکیبی از صنایع بومی و مدرن است که روز به روز بر دامنه‌اش افزوده می‌شود و با تولیدات فراوان کشاورزی رتبه هفتم جهان را بدست آورده و در این زمینه اشتغال ۱۱/۲ درصدی را ایجاد کرده است. بخش خصوصی اقتصاد ترکیه نیز به سرعت در حال رشد است و نقش مهمی در بانکداری، حمل و نقل و ارتباطات دارد. تولید ناخالص داخلی با رقمی معادل ۸۲۰/۲۱ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۳ حدود ۱/۳۲ درصد اقتصاد جهان را به خود اختصاص داده است.

طبق پیش بینی OECD ترکیه در سال ۲۰۱۷ با پیشی گرفتن از هند دومین کشور از لحاظ سرعت رشد اقتصادی در جهان خواهد بود.

ترکیه یکی از ۲۰ کشور برتر جهان از لحاظ تولیدات صنعتی بوده و سهم بخش صنعت در اشتغال ۱۹ درصد، در تولید ملی ۲۹ درصد و در صادرات ۹۴ درصد را به خود اختصاص داده است. بزرگترین صنعت ترکیه نساجی است که ۱۶/۳ درصد کل صنایع ترکیه را شامل می‌شود.

پس از نساجی پالایش نفت (۱۴/۵ درصد)، صنایع غذایی (۱۰/۶ درصد)، صنایع شیمیایی (۱۰/۳ درصد)، صنایع فولاد و ذوب آهن (۸/۹ درصد)، خودروسازی (۶/۳ درصد) و ماشین سازی (۵/۸) بیشترین سهم در صنعت ترکیه را دارند.

صنایع الکترونیکی وستل ترکیه بزرگترین تولید کننده تلویزیون در اروپاست و یک پنجم تلویزیون‌های خریداری شده توسط مشتریان اروپایی توسط وستل تولید می‌شوند. مجموع تولید تلویزیون شرکت وستل و بکو بیشتر از نصف تولید تلویزیون اروپاست. شرکت ترکیه‌ای پروفیلو-تالار نیز سومین تولید کننده تلویزیون در اروپاست. همچنین سهم ترکیه از بازار دستگاه‌های دیجیتالی در اروپا از ۳ درصد به ۱۵ درصد رسیده و لوازم خانگی تولید ترکیه ۱۸ درصد بازارهای اروپا را به تسخیر درآورده است.

ترکیه همچنین به اهمیت وجود مراکز تحقیق و توسعه تاکید داشته و اقدام به احداث مراکز تحقیقاتی به صورت خوشه‌ای نموده است. ۳۵ خوشه از این مراکز به بخش الکترونیک اختصاص داشته و ۱۶ خوشه نیز وظیفه هماهنگی بین صنعت و دانشگاه برای توسعه فناوری‌های نوآورانه را به عهده گرفته‌اند.

از طرفی با توجه به سیاست پیشبرد صنایع فناوری میانه در این کشور احتمالاً صنایع الکترونیک با فناوری پیشرفته رشد چندانی نخواهند داشت. آینده‌نگاری‌های جهانی، همگی بر الکترونیک به عنوان یک برنامه پیشران جهانی تاکید داشته و الکترونیک بعضاً جزو برنامه‌های اصلی کشورهای در حال توسعه می‌باشد [۴۱]، [۳۶] و [۳۷].

### ۱-۲-۳-۵- کشور ژاپن

کشور ژاپن با داشتن حدود ۱۲۷ میلیون نفر جمعیت در سال ۲۰۱۱ میلادی، امروزه به عنوان سومین اقتصاد برتر جهان بعد از آمریکا و چین می‌باشد. محصولات صادراتی عمده ژاپن شامل تجهیزات حمل و نقل، اتومبیل، صنایع الکترونیک، ماشین آلات الکتریکی و صنایع شیمیایی هستند. در بخش صنایع ژاپن به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین کشورها در زمینه تولید اتومبیل، تجهیزات الکترونیکی، ماشین ابزار، فولاد و فلزات غیرآهنی، کشتی سازی، صنایع شیمیایی و نساجی و نیز صنایع غذایی فرآوری شده به‌شمار می‌آید.

چشم انداز کشور ژاپن برای سال ۲۰۳۰ در زمینه فناوری‌های مختلف بصورت زیر است، همان‌طور که مشاهده می‌شود پیشرفت در زمینه فناوری‌های نوین میکروالکترونیک و فوتونیک جزء چشم‌انداز این کشور بشمار می‌رود [۴۳].

- علوم طبیعی
- الکترونیک
- ✓ میکروالکترونیک
- ✓ اپتوالکترونیک
- ✓ بیوالکترونیک
- ✓ سنسورهای الکترونیک
- ✓ ذخیره سازی
- ✓ نمایشگرها
- ✓ ابررسانا



- محیط زیست
- تولید
- علوم آبی و زمینی
- مواد و پردازش مواد
- کشاورزی، جنگلداری، شیلات و غذا
- منابع و انرژی
- ارتباطات و اطلاعات
- ✓ کامپیوترها
- ✓ مخابرات و ارتباطات
- ✓ پخش
- ✓ نرم افزار
- ✓ محتوای اطلاعات
- ✓ سطح زندگی، رفاه، تحصیلات و فرهنگ
- ✓ اداری، صنعتی، حمل و نقل و توزیع
- مدیریت و تجارت
- بهداشت و مهندسی پزشکی
- شهرسازی و ساختمان سازی
- خدمات
- حمل و نقل و ترافیک
- هوا فضا
- توزیع

### ۱-۲-۳-۶- کشور آلمان

کشور آلمان با داشتن حدود ۸۰ میلیون نفر جمعیت در سال ۲۰۱۱ میلادی، دارای یک بازار اقتصادی اجتماعی با نیروی کار مجرب، موجودی سرمایه بزرگ، سطح پایین فساد و سطح بالا از نوآوری است. آلمان بزرگ‌ترین اقتصاد ملی در اروپا و هم‌چنین جزو چهار تولیدکننده بزرگ در سال ۲۰۰۹ است. دستاوردهای آلمان در زمینه علم بسیار مهم و چشمگیر بوده است به طوری که اساس اقتصاد کشور را بنا کرده است.

چشم انداز کشور آلمان برای سال ۲۰۲۰ در زمینه فناوری‌های مختلف بصورت زیر است، اطلاعات بیشتری این زمینه موجود نبود [۴۳].

- سیستم‌های الکترونیک و میکروسیستم‌ها
- CAD Tools و EDA
- ادوات ساخت الکترونیک
- اورگانیک الکترونیک (بیوالکترونیک)
- میکروسیستم‌های مغناطیسی
- اپتوالکترونیک
- RFID و برچسب‌های هوشمند
- نرم افزار و پردازش دانش
- مخابرات و شبکه

همان گونه که مشاهده می‌شود، اطلاعات این بخش نشان دهنده وجود برنامه‌ریزی برای ارتقاء علمی کشورهای پیشرفته و منطقه عموماً در حوزه های فوتونیک و میکرو الکترونیک است.

### ۱-۳- نگارش چشم انداز

بیشتر نیز اشاره شد که برای تدوین چشم انداز، نیاز است تا محورهای اطلاعاتی زیر بررسی شوند. جمع بندی بررسی‌های انجام شده در خصوص این محورها که پیش‌نیازهای تدوین سند می‌باشد، به شرح زیر است:

- ۱- **اسناد بالادستی:** با بررسی سند جامع علمی کشور، سند صنعت برق کشور و سند چشم‌انداز و برنامه‌ی راهبردی بلندمدت وزارت نیرو مشخص شد که فناوری‌های گزینش شده (فوتونیک و میکروالکترونیک) مورد تاکید سند بالادستی "نقشه جامع علمی کشور" می‌باشند.
- ۲- **توان داخلی کشور:** وضعیت کشور از لحاظ تعداد دانشجویانی که در رشته‌های مرتبط با برق و الکترونیک هر ساله از دانشگاه وارد بازار کار می‌شود از نقاط قوت کشور محسوب می‌شود. همچنین جایگاه علمی کشور در لحاظ انتشار مقاله در زمینه ابزار دقیق و الکترونیک بسیار خوب است به طوری که رتبه انتشار مقالات ایران در دنیا در زمینه الکترونیک و ابزار دقیق به ترتیب ۱۳ و ۱۸ در خاورمیانه رتبه اول است. ولی با این وجود زیرساخت‌های آزمایشگاهی به منظور دستیابی به فناوری‌های مورد نظر باید ارتقا یابد.
- ۳- **مطالعات الگوبرداری:** با توجه به بررسی‌های انجام شده، فناوری‌های گزینش شده برای سند راهبردی "سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاه‌ها" جزو اولویت‌های کشورهای پیشرفته و همچنین کشورهای منطقه می‌باشد.
- از اطلاعات فوق می‌توان نتیجه گرفت که بر پایه توان علمی داخلی مناسب کشور و با بهبود بسترهای سخت افزاری می‌توان به دانش فنی فناوری‌های مهم و آینده‌دار حوزه ابزار دقیق (فوتونیک و میکرو الکترونیک) در یک افق زمانی واقع بینانه (تا سال ۱۴۰۴) دست یافت و در راستای بومی‌سازی تجهیزاتی که بر پایه این فناوری‌ها در حوزه ابزار دقیق نیروگاهی به کار گرفته می‌شوند، حرکت نمود. همچنین با برنامه‌ریزی مناسب می‌توان افزون بر رفع نیازهای داخلی، به بازارهای پر ظرفیت منطقه‌ای نیز اندیشید.
- بر پایه این توضیحات، چشم‌انداز اولیه سند راهبردی سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاه‌ها، با رایزنی اعضای کمیته راهبری (پیوست شماره‌ی یک)، به صورت زیر تعیین شد:
- "با یاری خداوند بزرگ و در راستای افزایش توان تولید داخل، در یک بازه ده ساله تا افق ۱۴۰۴، جمهوری اسلامی ایران در حوزه ابزار دقیق نیروگاهی، کشوری است:**
- برخوردار از دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات ابزار دقیق با اهمیت نیروگاهی**

## دارای سهم مناسب از بازارهای داخلی و جهانی"

همان گونه که مشاهده می شود، متن چشم انداز بر کسب و انباشت و بومی سازی دانش طراحی و ساخت تاکید دارد که بیانگر لزوم به کارگیری بیشینه توان داخلی کشور در این راستا می باشد. به دیگر روی، نیاز است تا رویکرد کسب دانش تا حد امکان درون زا باشد، که در بخش های سپسین به آن پرداخته خواهد شد.

## فصل دوم

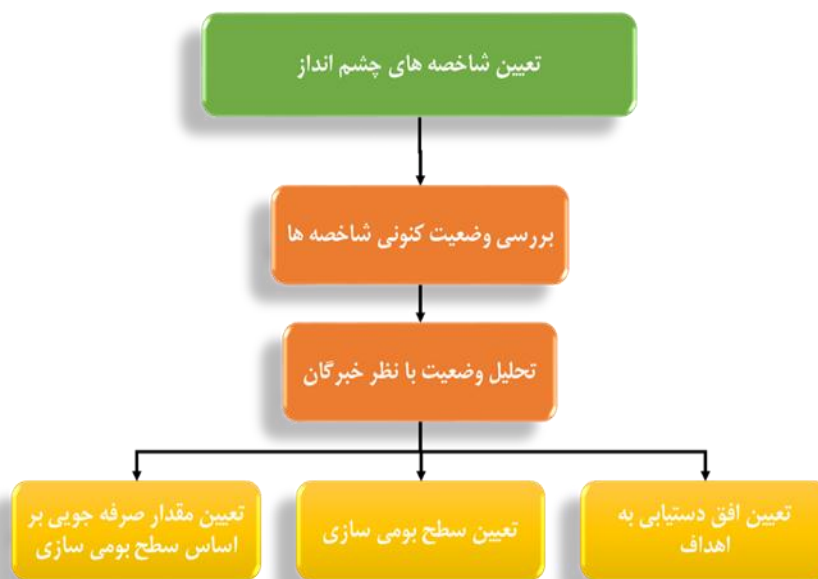
### تعیین اهداف کلان توسعه فناوری

## ۲-۱- مقدمه

همان گونه که مشاهده می‌شود، بیانیه چشم‌انداز به صورت کلی به هدف کلان بومی سازی تجهیزات با اهمیت ابزار دقیق نیروگاهی اشاره دارد. ولی این که در هر سال چه میزان بومی‌سازی خواهیم داشت از جمله پرسش‌هایی است که بیانیه چشم‌انداز به آن پاسخ نمی‌دهد. به دیگر روی نیاز است تا میزان بومی سازی، سال به سال و یا گام به گام در سند مشخص شود.

برای تعیین اهداف کلان سند راهبردی "سیستم های اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاه‌ها" نیاز است تا در گام نخست، اطلاعاتی درباره دستگاه‌های اندازه‌گیری پیشرفته یا به دیگر روی ابزار دقیق نیروگاهی به دست آوریم. این اطلاعات شامل مواردی مانند: شمار مصرف سالیانه، قیمت، میزان اهمیت، فناوری و ... می‌شود.

در همین راستا، در این فصل ابتدا واکاوی فراگیری در خصوص ابزارگان دقیق نیروگاهی صورت گرفته، بر همین پایه ابزارگان با اهمیت شناسایی شده و در نهایت اهداف کلان سند تعیین شده است.



شکل ۲-۱- روند تعیین اهداف کلان

## ۲-۲- نیازهای ابزار دقیق نیروگاهی

جهت بررسی و اطلاع از نیازهای ابزار دقیق نیروگاه‌ها، ابتدا نیاز است با توجه به محدوده طرح که شامل نیروگاه‌های

حرارتی کشور می‌شود، آمار دقیقی از تعداد و نوع نیروگاه و همچنین تجهیزات ابزار دقیق و ویژگی‌های آن‌ها تهیه شود. جهت

نیل به این مقصود، بررسی‌های گسترده‌ای توسط افراد متخصص و ماهر ابزار دقیق نیروگاهی صورت گرفته است (همکاران بخش ابزار دقیق نیروگاه شهید منتظری اصفهان). نتایج بررسی‌های این افراد در بخش‌های بعدی ارائه شده است.

## ۲-۲-۱- چکیده آمار و اطلاعات ابزار دقیق نیروگاه‌های حرارتی وابسته به صنعت برق

### کشور

تفاوت‌های قابل توجهی بین نیروگاه‌ها وجود دارد. برای نمونه تعداد و نوع برخی ابزار دقیق، در نیروگاه‌های قدیمی و جدید، ساخت کشورهای غربی و شرقی، دارای برج تر و خشک، کوچک و بزرگ، درام دار و بدون درام، بویلر سیکل ترکیبی مشعل‌دار و بدون مشعل، سردسیر و گرمسیر و .... یکسان نیست. استخراج آمار دقیق با عنایت به این تفاوت‌ها نیز کار بسیار مشکل و زمان بری است. لذا با تقریب قابل قبولی تعداد و نوع تجهیزات در نظر گرفته شد. همچنین با توجه به این که نیروگاه‌های قدیمی عموماً در حال بهینه‌سازی و به روز رسانی می‌باشد آمار و نوع تجهیزات کلیه نیروگاه‌ها تقریباً یکسان در نظر گرفته شده است.

## ۲-۲-۱-۱- نوع و تعداد واحدهای نیروگاه‌های حرارتی ایران وابسته به صنعت برق

جهت ارائه آمار نوع و تعداد واحدهای حرارتی نکات زیر در نظر گرفته شده است.

- نیروگاه پرند مرجع آمار واحدهای گازی، نیروگاه‌های شهید مفتاح همدان و اسلام آباد اصفهان مرجع واحدهای بخار معمولی، نیروگاه دماوند مرجع آمار واحدهای بخار سیکل ترکیبی انتخاب شده‌اند.
- آمار ابزار دقیق نیروگاه‌های برق آبی، بادی، خورشیدی، CHP و HRSG سایر واحدهایی که تعداد ابزار دقیق آنها کم است و همچنین نیروگاه‌های خاص مانند نیروگاه اتمی بوشهر که خارج از محدوده طرح می‌باشد، ذکر نگردیده است. لازم به ذکر است نیروگاه‌های حرارتی زیادی در صنایع مختلف مانند پالایشگاه‌ها، فولاد، ذوب آهن، کارخانه قند و ... وجود دارد که در این آمار نیامده و فقط نیروگاه‌های وابسته به صنعت برق بیان شده است.
- اولویت خرید در همه موارد به خاطر کیفیت، دقت، اطمینان و سایر شاخص‌ها با سازندگان اروپائی و آمریکائی و ژاپنی است. البته تولیدات این سازندگان گران‌تر از سایر کشورها بوده و استفاده از خدمات پس از فروش آن‌ها نیز مشکل و

در مواردی ناممکن می‌باشد ولی تا کنون تحریم مانع تهیه هیچکدام از اقلام نگردیده و فقط قیمت آن‌ها را با توجه به محدودیت معاملات بانکی و سایر موارد افزایش داده است.

جدول ۱-۲- آمار نوع و تعداد واحدهای نیروگاه‌های حرارتی ایران

ردیف	نام نیروگاه	نوع	تعداد واحد گازی	تعداد واحد بخار عادی	تعداد واحد بخار سیکل ترکیبی	وضعیت موجود
۱	نیروگاه دماوند	سیکل ترکیبی	۱۲	-	۶	
۲	نیروگاه شهید سلیمی نکا	بخار + سیکل ترکیبی	۲	۴	۱	
۳	نیروگاه رودشور	گازی	۳	-	توسعه در آینده	گاز
۴	نیروگاه شهید رجایی	بخار + سیکل ترکیبی	۶	۴	۳	
۵	نیروگاه سیکل ترکیبی خرم‌آباد	سیکل ترکیبی	۸	-	۴	در حال نصب
۶	نیروگاه سیکل ترکیبی کرمان	سیکل ترکیبی	۸	-	۴ بویلر مشعل‌دار	
۷	نیروگاه رامین اهواز	بخار	-	۶	-	
۸	نیروگاه شهید منتظری	بخار	-	۸	-	
۹	نیروگاه سیکل ترکیبی خرمشهر	سیکل ترکیبی	۶	-	۳	واحدهای بخار نصب نشده است.
۱۰	نیروگاه سیکل ترکیبی شیروان	سیکل ترکیبی	۶	-	۳	
۱۱	نیروگاه سیکل ترکیبی ارومیه	سیکل ترکیبی	۶	-	۳	
۱۲	نیروگاه سیکل ترکیبی جهرم	سیکل ترکیبی	۶	-	۳	واحدهای بخار در حال نصب
۱۳	نیروگاه سیکل ترکیبی کازرون	سیکل ترکیبی	۶	-	۳	
۱۴	نیروگاه حرارتی بندرعباس	بخار	-	۴	-	
۱۵	نیروگاه سیکل ترکیبی گیلان	سیکل ترکیبی	۶	-	۳	
۱۶	نیروگاه شازند	بخار	-	۴	-	



جدول ۲-۱- ادامه آمار نوع و تعداد واحدهای نیروگاه‌های حرارتی ایران

ردیف	نام نیروگاه	نوع	تعداد واحد گازی	تعداد واحد بخار عادی	تعداد واحد بخار سیکل ترکیبی	وضعیت موجود
۱۷	نیروگاه بیستون	بخار	-	۲	-	
۱۸	نیروگاه نیشابور	سیکل ترکیبی	۶	-	۳	
۱۹	نیروگاه فارس	سیکل ترکیبی	۶	-	۳	
۲۰	نیروگاه شهید مفتاح	بخار	-	۴	-	
۲۱	نیروگاه سیکل ترکیبی هریس	سیکل ترکیبی	۶	-	۳	در فاز ساخت
۲۲	نیروگاه خلیج فارس	گاز	۶	-	-	
۲۳	نیروگاه سیکل ترکیبی بهبهان	سیکل ترکیبی	۴	-	۲	در حال ساختمان
۲۴	نیروگاه گازی ری	گازی	۳۶	-	-	
۲۵	نیروگاه علی‌آباد کتول	سیکل ترکیبی	۶	-	۳	واحدهای بخار نصب نشده
۲۶	نیروگاه حافظ شیراز	گازی	۶	-	-	
۲۷	نیروگاه پره‌سر	سیکل ترکیبی	۴	-	۲	
۲۸	نیروگاه سلطانیه زنجان	سیکل ترکیبی	۴	-	۲	واحدهای بخار نصب نشده
۲۹	نیروگاه جنوب اهواز	سیکل ترکیبی	۴	-	۲	
۳۰	نیروگاه شهید کاظمی سیرجان	سیکل ترکیبی	۴	-	۲	در حال احداث

جدول ۱-۲- ادامه آمار نوع و تعداد واحدهای نیروگاه‌های حرارتی ایران

ردیف	نام نیروگاه	نوع	تعداد واحد گازی	تعداد واحد بخار عادی	تعداد واحد بخار سیکل ترکیبی	وضعیت موجود
۳۱	نیروگاه گنو ( شمال بندرعباس )	سیکل ترکیبی	۴	-	۲	واحدهای بخار نصب نشده
۳۲	نیروگاه سیکل ترکیبی ماهشهر	سیکل ترکیبی	۴	-	۲	در حال نصب
۳۳	نیروگاه سیکل ترکیبی کهنوج	سیکل ترکیبی	۴	-	۲	در حال نصب
۳۴	نیروگاه قلیان سندج	سیکل ترکیبی	۴	-	۲	
۳۵	نیروگاه سیکل ترکیبی + گاز قاین	سیکل ترکیبی + گاز	۲ + ۴	-	۲	واحدهای بخار نصب نشده
۳۶	نیروگاه چهلستون اصفهان	گاز	۶	-	-	
۳۷	نیروگاه پرند	سیکل ترکیبی	۶	-	۳	واحدهای بخار در حال احداث
۳۸	نیروگاه سبلان	سیکل ترکیبی	۶	-	۳	//
۳۹	نیروگاه فردوسی	سیکل ترکیبی	۶	-	۳	//
۴۰	نیروگاه متمرکز پارس جنوبی	گازی	۶	-	-	ظرفیت موجود ۴۸۰ مگاوات
۴۱	طرح توسعه نیروگاه متمرکز پارس جنوبی	سیکل ترکیبی	۴	-	۲	هنوز اجرا نگردیده است
۴۲	نیروگاه گازی عسلویه	گازی	۶	-	-	
۴۳	نیروگاه اسلام‌آباد اصفهان	بخار	-	۵	-	
۴۴	نیروگاه سیکل ترکیبی آبادان	سیکل ترکیبی	۴	-	۲	

جدول ۲-۱- ادامه آمار نوع و تعداد واحدهای نیروگاه‌های حرارتی ایران

ردیف	نام نیروگاه	نوع	تعداد واحد گازی	تعداد واحد بخار عادی	تعداد واحد بخار سیکل ترکیبی	وضعیت موجود
۴۵	نیروگاه گازی و حرارتی تبریز	بخار + گاز	۲	۲	-	
۴۶	نیروگاه سیکل ترکیبی ایرانشهر	سیکل ترکیبی	۴	-	۲	واحد بخار در حال احداث
۴۷	نیروگاه ایرانشهر	بخار	-	۴	-	
۴۸	نیروگاه قم	سیکل ترکیبی	۴	-	۲	
۴۹	نیروگاه سهند (بناب)	بخار	-	۲	-	
۵۰	نیروگاه طبس	بخار	-	۲	-	در حال نصب
۵۱	نیروگاه طوس	بخار	-	۴	-	
۵۲	نیروگاه شریعتی	بخار + گاز + ترکیبی	$۶ + ۲ = ۸$	۱	۱	۲ واحد گاز مربوط به سیکل ترکیبی است
۵۳	نیروگاه استیل آذین ایرانیان	سیکل ترکیبی	۲	-	۱	در حال احداث
۵۴	نیروگاه غرب کارون	سیکل ترکیبی	۲	-	۱	در حال احداث
۵۵	نیروگاه سیکل ترکیبی چادرملو	سیکل ترکیبی	۲	-	۱	واحد بخار هنور نصب نشده
۵۶	نیروگاه پاسارگاد قشم	سیکل ترکیبی	۲	-	۱	در حال احداث
۵۷	نیروگاه زواره	سیکل ترکیبی	۲	-	۱	
۵۸	نیروگاه گناوه	سیکل ترکیبی	۲	-	۱	واحد بخار هنور نصب نشده

جدول ۱-۲- ادامه آمار نوع و تعداد واحدهای نیروگاه‌های حرارتی ایران

ردیف	نام نیروگاه	نوع	تعداد واحد گازی	تعداد واحد بخار عادی	تعداد واحد بخار سیکل ترکیبی	وضعیت موجود
۵۹	نیروگاه سیکل ترکیبی شیرکوه	سیکل ترکیبی	۲	-	۱	
۶۰	نیروگاه شهید بسطامی شاهرود	سیکل ترکیبی	۲	-	۱	واحد بخار هنور نصب نشده
۶۱	نیروگاه قدس سمنان	سیکل ترکیبی	۲	-	۱	واحد بخار هنور نصب نشده
۶۲	نیروگاه اسلام‌آباد غرب	گازی	۴	-	-	
۶۳	نیروگاه سیکل ترکیبی دالاهو	سیکل ترکیبی	۲	-	۱	در حال احداث
۶۴	نیروگاه سیکل ترکیبی غرب مازندران	سیکل ترکیبی	۲	-	۱	در حال احداث
۶۵	نیروگاه شمس سرخس	سیکل ترکیبی	۲	-	۱	در حال احداث - فعالاً ۲ واحد گاز تولید ۵۰ مگاوات
۶۶	نیروگاه سیکل ترکیبی کاشان	سیکل ترکیبی	۲	-	۱	واحد بخار سیکل ترکیبی نصب نشده
۶۷	نیروگاه زرگان (شهید مدحج)	بخار + گاز	۴	۲	-	
۶۸	نیروگاه مشهد	بخار + گاز	۴	۴	-	دو واحد بخار الین خارج و دو واحد بخار اشکودا در مدار
۶۹	نیروگاه شهید بهشتی لوشان	گاز + بخار	۲	۲	-	2 G * 60 + 2 S * 120 MW
۷۰	نیروگاه سیکل ترکیبی خوی	سیکل ترکیبی	۲	-	۱	2 G * 123 + 1 S * 100 MW

جدول ۱-۲- ادامه آمار نوع و تعداد واحدهای نیروگاه‌های حرارتی ایران

ردیف	نام نیروگاه	نوع	تعداد واحد گازی	تعداد واحد بخار عادی	تعداد واحد بخار سیکل ترکیبی	وضعیت موجود
۷۱	نیروگاه شهید منتظر قائم	سیکل ترکیبی + بخار	۶	۴	۳	4S*156+6G*11 6+3C100
۷۲	نیروگاه چابهار	گازی	۶	-	-	4 * 24 + 2 * 160 MW
۷۶	نیروگاه کیش	گازی	۹	-	-	7 * 29 + 2 * 37 Mw
۷۴	نیروگاه حرارتی بعثت	بخار	-	۳	-	3 * 82 MW
۷۵	نیروگاه گازی زاهدان	گازی	۹	-	-	8 * 25 + 1 * 30 MW
۷۶	نیروگاه زرنند	بخار + گاز	۱	۲	-	2 * 30 + 1 * 160 MW
۷۷	نیروگاه گازی جزیره خارک	گازی	۲	-	-	1 * 15 + 1 * 25 MW
۷۸	نیروگاه گازی شیراز	گازی	۸	-	-	12+28+60+3*15 +2*25 MW
۷۹	نیروگاه گازی کنگان	گازی	۷	-	-	6 * 25 + 1 * 14 MW
۸۰	نیروگاه گازی کنارک چابهار	گازی	۶	-	-	6 * 23 MW
۸۱	نیروگاه صوفیان	گازی	۴	-	-	4 * 25 MW
۸۲	نیروگاه زنبق یزد	گازی	۴	-	-	4 * 25 MW
۸۳	نیروگاه هسا	گازی	۳	-	-	3 * 29 MW
۸۴	نیروگاه گازی بوشهر	گازی	۳	-	-	3 * 25 MW
۸۵	نیروگاه گازی کهنوج	گازی	۳	-	-	3 * 25 MW

جدول ۲-۱- ادامه آمار نوع و تعداد واحدهای نیروگاه‌های حرارتی ایران

ردیف	نام نیروگاه	نوع	تعداد واحد گازی	تعداد واحد بخار عادی	تعداد واحد بخار سیکل ترکیبی	وضعیت موجود
۸۶	نیروگاه گازی دورود	گازی	۲	-	-	2 * 30 MW
۸۷	نیروگاه گازی ارومیه	گازی	۲	-	-	2 * 30 MW
۸۸	نیروگاه طرشت	بخاری	-	۴	-	4 * 10 MW
۸۹	نیروگاه تولید همزمان آب و برق قشم	گازی	۲	-	-	2 * 25 MW

با توجه به آمار ارائه شده در جدول (۲-۱) می‌توان جمع‌بندی تعداد واحدهای گازی، بخاری، و سیکل ترکیبی را مطابق جدول (۲-۲) ارائه نمود.

جدول ۲-۲- آمار کلی نیروگاه کشور

مجموع واحدهای نصب شده و در حال احداث	مجموع واحدهای نصب شده در حال کار	مجموع واحدهای در حال احداث یا در حال نصب	
۳۶۶	۳۱۶	۵۰	تعداد واحدهای گاز
۱۰۳	۴۳	۶۰	تعداد واحدهای بخار سیکل ترکیبی
۷۷	۷۵	۲	تعداد واحدهای بخار معمولی

## ۲-۱-۲- نوع و تعداد ابزار دقیق به کار رفته در نیروگاه‌های ایران

پس از معرفی تعداد و نوع نیروگاه‌های حرارتی کشور به بررسی تعداد تجهیزات ابزار دقیق از جمله فلومتر، سطح سنج، فشار سنج، دماسنج، آنالیزهای سوخت، دود و احتراق، آنالیزهای کنترل شیمیائی آب، تجهیزات اندازه‌گیری پارامترهای مکانیکی، سیستم‌های ایمنی و حفاظت، سیستم‌های خلوصیت و نشتی گاز و تجهیزات مشترک آنلاین یا پرتابل به تفکیک نوع نیروگاه و در نهایت تعداد نهایی برای کل نیروگاه‌ها تهیه شد. در آمار ارائه شده نکات زیر در نظر گرفته شده است.

- کلیه نیروگاه‌های نصب شده و در حال احداث در این آمار محاسبه گردیده است.
- در مواردی که تعداد در کل نیروگاه‌ها بیشتر از ضریب واحدها است، تعداد اضافی مربوط به تجهیزات مشترک (جانبی / کمکی) می‌باشد.

- در مواردی تعداد در کل نیروگاه‌ها کمتر از ضریب واحدها است. این موارد در همه نیروگاه‌ها یکسان و مساوی استفاده نشده است.

- با توجه به برنامه نوسازی نیروگاه‌های قدیمی، برخی از تجهیزات نیروگاه‌های جدید برای آن‌ها در نظر گرفته و محاسبه شده است.

جداول (۲-۳) تا (۲-۱۱) تعداد تجهیزات به تفکیک نوع نیروگاه را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۳- آمار فلومتر نصب شده در نیروگاه‌های ایران

تعداد در کل نیروگاه‌ها	تعداد در واحدهای بخار سیکل ترکیبی		تعداد در واحدهای بخار معمولی		تعداد در واحدهای گاز		کاربرد	نام تجهیز/روش اندازه‌گیری	ردیف	
	کلید نیروگاه‌ها	هر واحد	کلید نیروگاه‌ها	هر واحد	کلید نیروگاه‌ها	هر واحد				
۷۵۰۰	۲۰۰۰	۲۰	۴۰۰۰	۵۲	۱۵۰۰	۵	دبی حجمی گاز ، بخار و مایعات غیر ویسکوز	Flow or Diff. Press. Transmitter (Diaphragm Type) / Based on Diff. Press. Of Orifice , Annobar, Pitot ,...	۱	
۶۰۰	۳۰	-	۲۲۰	۳	۳۵۰	۱	دبی جرمی مایعات ویسکوز مانند روغن، مازوت، گازوئیل	OVAL Gear Flow meter / Positive displacement	۲	
۲۰	به علت بزرگی ابعاد تعداد محدودی در برخی نیروگاه‌ها نصب شده							دبی جرمی مایعات به ویژه سوخت	Coriolis Flow Meter	۳
۲۰	به علت بالا بودن قیمت تعداد محدودی در برخی نیروگاه‌ها نصب شده							دبی گاز مصرفی واحدها ( نوع اسپول )	Ultrasonic Flow Meter For Gas	۴
۶۵۰	۲۰۰	۲	۱۵۰	۲	۳۰۰	۱	دبی حجمی سیالات	Ultrasonic Flow Meter For Liquid	۵	
۹۵۰	۷۰۰	۷	۲۲۰	۳	-	-	اندازه‌گیری دبی، حفاظت کاهش فلو	SwitchThermal flow Transmitter	۶	
۵۰۰	۴۰۰	۴	-	-	-	-	دبی حجمی مایعات	meter electromagnetic flow	۷	
۱۶۰۰	۲۰۰	۲	۳۵۰	۵	۱۰۰۰	۳	دبی سیالات	Paddle / Vane Flow switch	۸	
۴۵۰	-	-	۱۵۰	۱	۳۰۰	۱	دبی گاز و مایعات	Turbine Flow Indicator, Transmitter Positive Displacement	۹	
۵۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰	۱۹۰۰	۲۵	۹۰۰	۳	//	Rota Meter / Ball Float Flow Meter	۱۰	
۳۰۰	۲۰۰	۲	۵۰	۱	۵۰	۱	//	Vortex Flow Transmitter	۱۱	



جدول ۲-۴- آمار سطح سنج نصب شده در نیروگاه‌های ایران

تعداد در کل نیروگاه‌ها	تعداد در واحدهای بخار سیکل ترکیبی		تعداد در واحدهای بخار معمولی		تعداد در واحدهای گاز		کاربرد	نام تجهیز/روش اندازه‌گیری	ردیف
	کلید نیروگاه‌ها	هر واحد	کلید نیروگاه‌ها	هر واحد	کلید نیروگاه‌ها	هر واحد			
۴۲۰۰	۲۰۰۰	۲۰	۱۵۰۰	۲۰	۷۰۰	۲		Level or Diff. Press. Transmitter (Diaphragm type) Based on Hydra Static Pressure	۱
۳۰۰	-	-	۳۰۰	۶	-	-		Displacer level Transmitter/Archimedes Buoyancy	۲
۱۰۰۰	با فرض وجود ۱۰ مخزن سوخت در هر نیروگاه						مخازن سوخت، آب	Float Type tape level Gauge & Tr.	۳
۱۰۰۰	با فرض وجود ۱۵ مخزن سوخت، آب، سود و اسید در هر نیروگاه						مخازن سوخت، اسید، آب	Radar type Level Transmitter	۴
۳۰۰	۱۰۰	۱	۱۵۰	۲	-	-		Ultrasonic Level Transmitter	۵
۳۵۰	با فرض ۵ سیلوی آهک و سایر مواد پودری در نیروگاه‌های بخار و						سیلوی آهک و مواد	Capacitive Level Transmitter	۶
۱۶۰۰	۶۰۰	۶	۳۰۰	۴	۷۰۰	۲		Magnetic floater with read switch or magnetic Flag	۷
۳۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰	۱۰۰۰	۱۵	۱۰۰۰	۳		Gauge Glass	۸
۱۵۰	۱۰۰	۱	۵۰	۱	-	-		Hydra step Level Indicator	۹
۱۸۰۰	۱۰۰۰	۱۶	۸۰۰	۱۶	-	-		Hydra step level sensor	۱۰
۵۰	-	-	۵۰	۱	-	-		Bubble type Level Transmitter	۱۱
۱۰۰	-	-	۱۰۰	۲	-	-		Pneumatic (D P) Level Transmitter	۱۲
۷۵	-	-	۷۵	۱	-	-		Optical Level Indicator	۱۳
۱۱۰۰	۵۰۰	۵	۳۰۰	۵	۳۵۰	۱		Electrode (conductive) Type LEVEL SWITCH	۱۴
۹۰۰	۳۰۰	۳	۲۰۰	۴	۳۵۰	۱		FLOAT LEVEL SWITCH	۱۵

جدول ۲-۵- آمار فشارسنج نصب شده در نیروگاه‌های ایران

تعداد در کل نیروگاه‌ها	تعداد در واحدهای بخار سیکل ترکیبی		تعداد در واحدهای بخار معمولی		تعداد در واحدهای گاز		کاربرد	نام تجهیز/روش اندازه‌گیری	ردیف
	کلیه نیروگاه‌ها	هر واحد	کلیه نیروگاه‌ها	هر واحد	کلیه نیروگاه‌ها	هر واحد			
۱۷۰۰۰	۴۲۰۰	۴۲	۹۰۰۰	۱۲۰	۳۵۰۰	۸	سیالات تمیز و غیر ویسکوز	Pressure Transmitter (Diaphragm type)	۱
۲۵۰۰	۵۰۰	۵	۴۰۰	۵	۱۵۰۰	۵	//	Differential Pressure Transmitter (Diaphragm type)	
۱۵۰۰۰	۶۵۰۰	۶۵	۷۵۰۰	۱۰۰	۱۵۰۰	۶	کاربردهای گوناگون	Pressure switch (Diaphragm Type)	۲
۳۰۰۰۰	۱۱۰۰۰	۱۱۰	۱۵۰۰۰	۲۰۰	۳۵۰۰	۱۰۰	//	Pressure Gauge (Bourdone Type)	۳
۱۱۰۰۰	۱۵۰۰	۱۵	۷۵۰۰	۱۲۰	۱۵۰۰	۵۰	//	Pressure Indicator switch Bourdone Type	۴
۷۰۰	۵۰۰	۵	۲۰۰	۱۰	-	-	//	Pressure Gauge (Diaphragm Type)	۵
۷۰۰	۵۰۰	۵	۲۰۰	۱۰	۳۰۰	۱۰	//	Press. Indicator & Indicator Switch Bellows (Capsule) Type	۶
۱۵۰۰	۵۰۰	۵	۳۵۰	۵	۶۵۰	۲	//	Differential Pressure Switch Diaphragm Type	۷
۳۰۰۰	۵۵۰	۵	۳۵۰	۵	۲۰۰۰	۵	//	Differential Pressure Indicator Diaphragm Type	۸

جدول ۲-۶- آمار دماسنج نصب شده در نیروگاه‌های ایران

تعداد در کل نیروگاه‌ها	تعداد در واحدهای بخار سیکل ترکیبی		تعداد در واحدهای بخار معمولی		تعداد در واحدهای گاز		کاربرد	نام تجهیز/روش اندازه‌گیری	ردیف
	کلیه نیروگاه‌ها	هر واحد	کلیه نیروگاه‌ها	هر واحد	کلیه نیروگاه‌ها	هر واحد			
۴۵۰۰۰	۱۲۵۰۰	۱۲۵	۲۰۰۰۰	۳۰۰	۱۵۰۰۰	۴۰		Thermocouple	۱
۱۲۰۰۰۰ m	۳۰۰۰۰ m	۳۰۰۰ m	۵۰۰۰۰ m	۷۰۰۰ m	۳۵۰۰۰ m	۱۰۰۰ m		Wire of Thermocouple	۲
۲۵۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰	۱۵۰۰۰	۲۰۰	۵۵۰۰	۱۶		Thermo Resistance ( R T D )	۳
۲۵۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰	۱۵۰۰۰	۲۰۰	۵۵۰۰	۱۶		Element of R T D	۴
۲۶۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰	۶۰۰۰	۸۰	۱۰۰۰	۳		Temperature Switch ( Belows Type)	۵
۱۶۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰	۸۰۰۰	۱۰۰	۴۰۰۰	۱۰		Temperature Indicator (Dial - Gas Filled )	۶
۳۵۰۰	۲۰۰۰	۲۰	۲۵۰۰	۳۰	۲۰۰۰	۵		Temperature Indicator Switch ( Dial - Gas Filled)	۷
xxx	Xxx	xxx	Xxx	xxx	Xxx	xxx	تجهیزات الکتریکی	Temperature Indicator or Switch ( Bimetal )	۸
۱۰۰۰	-	-	۵۰۰	۵	۴۰۰	۱		Temperature digital indicator	۹
۲۵۰۰۰	۱۷۰۰۰	۱۶۵	۱۰۰	-	۸۰۰۰	۲۵		Head mounted Temperature transmitter	۱۰
۴۰۰۰	-	-	۴۰۰۰	۵۰	-	-		Rail Mounted Temperature Transmitter	۱۱
۲۵۰۰۰	۵۰۰	۵	۷۵۰۰	۱۰۰	۸۰۰۰	۲۵		Field mounted Temperature Transmitter	۱۲

جدول ۲-۷- آمار آنالیزهای سوخت، دود و احتراق نصب شده در نیروگاه‌های ایران

ردیف	نام تجهیز/روش اندازه‌گیری	کاربرد	تعداد در واحدهای گاز		تعداد در واحدهای بخار معمولی		تعداد در واحدهای بخار سیکل ترکیبی		تعداد کل نیروگاه‌ها	
			کلیمه	هر واحد	کلیمه	هر واحد	کلیمه	هر واحد		
۱	Oxygen Analyzer	دود خروجی	۲۰۰	۱	۱۵۰	۲	-	۲۰	۴۰۰	
۲	Zirconia O2 Sensor	یدکی آنالیزر	۲۰۰	۱	۱۵۰	۲	-	۲۰	۴۰۰	
۳	CO, CO2, NOX, SOX Analyzer	دود خروجی	۲۰۰	۱	۷۵	۱	-	۲۰	۳۰۰	
۴	CO, CO2, NOX, SOX Sensor	یدکی آنالیزر	یک ست	200 set	۷۵	یک ست	-	۲۰	set ۳۰۰	
۵	Smoke Density Meter	دود خروجی	-	-	۱۵۰	۲	-	۵۰	۲۰۰	
۶	Smoke Density Sensor	یدکی آنالیزر	-	-	۱۵۰	۲	-	۵۰	۲۰۰	
۷	Portable Flue Gas analyzer	دود خروجی	هر نیروگاه بین یک تا دو دستگاه دارد							۱۰۰
۸	Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer	یدکی آنالیز	//							100 set
۹	Gas Calorimeter	سوخت گاز	برخی از نیروگاه‌ها دارند							۱۰
۱۰	Cells and Sensors of Gas Calorimeter	یدکی کالریمتر	هر دستگاه ۶ سل جداساز دارد و ۶ سنسور برای ۶ جزء							ده ست
۱۱	Dust Analyzer or Detector	دود خروجی	اخیرا سازمان حفاظت محیط زیست الزام نموده							-

جدول ۲-۸- آمار آنالیزهای کنترل شیمیائی آب نصب شده در نیروگاه‌های ایران

تعداد در کل نیروگاه‌ها	تعداد در واحدهای بخار سیکل ترکیبی		تعداد در واحدهای بخار معمولی		تعداد در واحدهای گاز		کاربرد	نام تجهیز/روش اندازه‌گیری	ردیف
	کلیمه نیروگاه‌ها	هر واحد	کلیمه نیروگاه‌ها	هر واحد	کلیمه نیروگاه‌ها	هر واحد			
۱۳۰۰	۷۰۰	۵	۶۰۰	۵	-	-	آب سیکل	DO2 Analyzer (Dissolved Oxygen Analyzer)	۱
۱۳۰۰	۷۰۰	۵	۶۰۰	۵	-	-	یدکی آنالیزر	DO2 sensor	۲
۱۵۰۰	۸۰۰	۵	۷۰۰	۵	-	-	آب سیکل	PH Analyzer	۳
۱۵۰۰	۸۰۰	۵	۷۰۰	۵	-	-	یدکی آنالیزر	PH Sensor	۴
۲۰۰۰	۱۰۰۰	۷	۱۰۰۰	۷	-	-	آب سیکل	Conductivity Analyzer with Temp. Compensation	۵
۲۰۰۰	۱۰۰۰	۷	۱۰۰۰	۷	-	-	یدکی آنالیزر	Conductivity Combine Sensor	۶
۵۰	برخی نیروگاه‌ها به تعداد محدود				-	-	آب سیکل	Silica Analyzer	۷
۱۰۰	اخیرا سازمان حفاظت محیط زیست الزام نموده						پساب	C O D Analyzer (Chemical Oxygen Demand )	۸
۲۰۰	تجهیزات مشترک نیروگاه						پساب و آب	Turbidity Analyzer	۹
۱۰۰	تجهیزات مشترک نیروگاه						//	Oil in Water	۱۰
۵۰	برخی نیروگاه‌ها به تعداد محدود				-	-	آب سیکل	Sodium Analyzer	۱۱
۳۰۰	۱۰۰	۲	۱۰۰	۲	-	تصفیه خانه و پالشینگ	Acid and Alkaline Concentration Analyzer	۱۲	

جدول ۲-۹- آمار تجهیزات اندازه‌گیری پارامترهای مکانیکی نصب شده در نیروگاه‌های ایران

ردیف	نام تجهیز/روش اندازه‌گیری	کاربرد	تعداد در واحدهای گاز		تعداد در واحدهای بخار معمولی		تعداد در واحدهای بخار سیکل ترکیبی		تعداد کل نیروگاه‌ها
			هر واحد	کلید نیروگاه‌ها	هر واحد	کلید نیروگاه‌ها	هر واحد	کلید نیروگاه‌ها	
۱	Position Transmitter	سیگنال وضعیت والوها، دمپر، ...	۶	۱۸۰۰	۶۰	۴۵۰۰	۳	۳۰۰	۷۰۰۰
۲	Turbine Supervisory panel	مانیتورینگ پارامترهای مکانیکی توربین	۱	۱۰۰	۱	۷۵	۱	۱۰۰	۳۰۰
۳	Relative Vibration Sensor	اندازه‌گیری و حفاظت ارتعاش	۴	۱۳۰۰	۵	۳۰۰	۵	۵۰۰	۲۱۰۰
۴	Absolute Vibration Sensor	//	۱۲	۴۰۰۰	۳۰	۲۰۰۰	۲۵	۲۵۰۰	۱۸۵۰۰
۵	Axial shift Sensor (Eddy current)	اندازه‌گیری و حفاظت حرکت محوری	-	-	۱	۷۵	۱	۱۰۰	۲۰۰
۶	Expansion Sensor	اندازه‌گیری و حفاظت انبساط توربین	-	-	۶	۴۵۰	۱	۱۰۰	۵۵۰
۷	Eccentricity Sensor	اندازه‌گیری و حفاظت خمش توربین	-	-	۱	۷۵	۱	۱۰۰	۲۰۰
۸	Proximity Sensore or Eddy Current Switch	اندازه‌گیری یا سوئیچ فاصله، سرعت، چرخش	۳۶	۱۰۰۰۰	۲۰	۱۵۰۰	۱۵	۱۵۰۰	۱۳۰۰۰
۹	Speed Sensor	اندازه‌گیری سرعت	۳	۱۰۰۰	۲	۱۵۰	۲	۲۰۰	۱۳۵۰
۱۰	Position ( limit ) Switch	سوئیچ مکان، وضعیت، فاصله	۵۵	۱۵۰۰۰	۵۰۰	۲۰۰۰۰۰	۲۰۰	۲۰۰۰۰	۵۵۰۰۰
۱۱	Rotation Switch (R S) / Eddy Current	تغییر مکان یا چرخش پمپ، والو، ...	۱	۳۰۰	۱۰	۵۰۰	۱۵	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۲	Rotor (Shaft) Balancer	هر نیروگاه یک دستگاه							۱۰۰

جدول ۲-۱۰- آمار سیستم‌های ایمنی و حفاظت، سیستم‌های خلوصیت و نشستی گاز نصب شده در نیروگاه‌های ایران

تعداد در کل نیروگاه‌ها	تعداد در واحدهای بخار سیکل ترکیبی		تعداد در واحدهای بخار معمولی		تعداد در واحدهای گاز		کاربرد	نام تجهیز/روش اندازه‌گیری	ردیف
	کلید نیروگاه‌ها	هر واحد	کلید نیروگاه‌ها	هر واحد	کلید نیروگاه‌ها	هر واحد			
۲۵۰۰	۱۰۰	-	۱۱۰۰	۳۰	۱۳۰۰	۴	حفاظت شعله مشعل	Burner flame Detector	۱
۸۰۰	۱۰۰	-	۳۵۰	۶	۳۵۰	۲	اعلام حریق	Fire (Flame) Detector	۲
۷۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰	۷۵۰۰	۱۰۰	۳۵۰۰	۲۰	اعلام حریق	Smoke Detector	۳
۲۱۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰	۷۵۰۰	۱۰۰	۳۵۰۰	۲۰	اعلام حریق	Heat Detector	۴
۳۰۰۰	-	-	۳۰۰۰	۵۰	-	-	اعلام حریق	Combine Detector	۵
-	اخیرا رایج شده - کاربردها: سینی‌های کابل، مخازن سوخت و ...						اعلام حریق	Linear Heat Detector (Cable)	۶
۳۰۰۰	۵۰۰	۵	۷۵۰	۱۰	۱۵۰۰	۵	اعلام حریق	Manual call point	۷
۶۰۰	۱۰۰	۱	۷۵	۱	۴۰۰	۱	سیستم اعلام اطفای حریق	Fire Fighting Control Panel	۸
۳۰۰۰	۱۰۰	-	۱۲۰۰	۱۵	۱۴۰۰	۴	آشکارساز نشستی گاز	Methane (N.Gas) leak detector	۹
۱۰۰	-	-	۷۵	۱	-	-	آشکارساز نشستی گاز	Hydrogen leak Detector	۱۰
۴۰	نیروگاه‌هایی که هیدروژن پلانت دارند - هر نیروگاه ۱ تا ۲ دستگاه						الکترولا یزر سازنده	Oxygen in Hydrogen meter	۱۱
۵۰	-	-	۵۰	۱	-	-	ژنراتورهای بزرگ،	Hydrogen purity meter	۱۲

جدول ۲-۱۱- آمار سایر تجهیزات مشترک آنلاین یا پرتابل نصب شده در نیروگاه‌های ایران

تعداد در کل نیروگاه‌ها	تعداد در واحدهای بخار سیکل ترکیبی		تعداد در واحدهای بخار معمولی		تعداد در واحدهای گاز		کاربرد	نام تجهیز/روش اندازه‌گیری	ردیف
	کلیه نیروگاه‌ها	هر واحد	کلیه نیروگاه‌ها	هر واحد	کلیه نیروگاه‌ها	هر واحد			
۱۰۰							چک کردن دما و نشتی انرژی حرارتی	Termograph (Camera)	۱
۱۰۰							اندازه‌گیری دما به صورت دستی	Infrared or Laser Thermometer	۲
۱۰۰							اندازه‌گیری گرانیوی مایعات	Viscometer	۳
۱۰۰							هواشناسی و کنترل کیفیت	Humidity Sensor	۴
۱۰۰							هواشناسی	Wind Direction	۵
۵۰							هواشناسی	Wind Velocity	۶
۱۰۰							تعوین گاز ژنراتور	H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , Air purity meter	۷
بالا	نیاز شدید وجود دارد. ولی قیمت بالاست						گرمنکن ایمپالس لاین‌های تلمست‌ها	Self Regulator Heat er Cable	۸
۰	مانیتورینگ دمای نقاط مختلف بویلر در حین کار						اندازه‌گیری نقاط مختلف کوره	Pyroscope	۹
۵۰							سختی سنجی	Portable Hardness meter	۱۰
۰	نیروگاه‌ها تمایل دارند ولی در بازار وجود ندارد						تست جوش لوله‌های بویلر	Inspector of butt welds (Ultrasonic)	۱۱

اطلاعات کافی در رابطه با تجهیزات مشترک آنلاین موجود نبوده و تعداد بیان شده تخمین کلی از تعداد تجهیزات است.



## ۲-۲-۱-۳- ویژگی‌های ابزار دقیق نیروگاه‌های حرارتی

پس از شناسایی تعداد تجهیزات ابزار دقیق بکار گرفته شده به بررسی ویژگی‌های این تجهیزات از لحاظ عمر مفید، مصرف سالیانه، میزان اهمیت بکارگیری در نیروگاه کشورهای سازنده، بهای تقریبی دستگاه و سابقه ساخت داخل و پیچیدگی فناوری ساخت پرداخته شده است که هر یک از موارد بیان شده توسط اعضای کمیته راهبری تعیین شده است و نتایج آن در جدول‌های (۲-۱۲) تا (۲-۲۰) آمده است.

جدول ۲-۱۲- ویژگی‌های دستگاه فلومتر نصب شده در نیروگاه

نام تجهیز / اساس اندازه‌گیری	تعداد در نیروگاه‌ها	عمر مفید	مصرف سالیانه	میزان اهمیت	کشور های سازنده	بهای تقریبی به دلار	سابقه ساخت داخل	پیچیدگی فن آوری
Differential Pressure Transmitter (Diaphragm Type) / Based on Diff. Press. Of Orifice , Annobar, Pitot , ...	۷۵۰۰	۱۵	۲۰۵۴	خیلی زیاد	امریکا-اروپا-ژاپن-چین-برزیل-هند-کره-روسیه	۱۲۰۰ (هندی و چینی ۵۰۰)	ندارد فقط مونتاژ	خیلی بالا
OVAL Gear Flow meter / Positive displacement	۶۰۰	۲۰	۸۶	خیلی زیاد	امریکا - اروپا- چین - ...	۱۰۰۰۰ (چینی ۴۰۰۰)	ندارد	بالا
Coriolis Flow Meter	۲۰	۱۵	۱	متوسط	//	//	//	خیلی بالا
Ultrasonic Flow Meter For Gas	۲۰	۱۵	۲۱	زیاد	امریکا - اروپا	۱۰۰۰۰۰	ناتمام	//
Ultrasonic Flow Meter For Liquid	۶۵۰	۱۵	۲۱۷	زیاد	امریکا-اروپا-چین-هند-...	۵۰۰۰ (چینی ۲۰۰۰)	داشته ولی تداوم نیافته	بالا
Thermal flow Transmitter Switch	۹۵۰	۱۵	۲۰۰	زیاد	متنوع	//	ندارد	//
meter electromagnetic flow	۵۰۰	۱۰	۲۹۰	زیاد	//	بسته به ابعاد	دارد	متوسط
Paddle / Vane Flow switch	۱۶۰۰	۵	۶۰۰	زیاد	//	//	ندارد	متوسط
Turbine Flow Indicator , Positive Transmitter Displacement	۴۵۰	۱۰	۹۷	زیاد	//	//	ندارد	متوسط
Rota Meter / Ball Float Flow Meter	۵۰۰۰	۵	۲۴۰۰	زیاد	//	//	محدود	متوسط
Vortex Flow Transmitter	۳۰۰	۱۵	۱۹۲	متوسط	//	//	ندارد	خیلی بالا

جدول ۲-۱۳- ویژگی‌های دستگاه سطح سنج نصب شده در نیروگاه

پیچیدگی فن آوری	سابقه ساخت داخل	بهای تقریبی به دلار	کشورهای سازنده	میزان اهمیت	مصرف سالانه	عمر مفید	تعداد در نیروگاه‌ها	نام تجهیز / اساس اندازه‌گیری	
خیلی بالا	ندارد فقط مونتاژ	۱۲۰۰ (هند و چین ۶۰۰)	امریکا-اروپا-ژاپن-چین-برزیل-هند-کره-روسیه.	خیلی زیاد	۱۶۴۰	۱۵	۴۲۰۰	Differential Pressure Transmitter / Base on Hydra Static Pressure (Diaphragm Type Transmitter)	۱
بالا	ندارد	۲۰۰۰ (هند و چین ۹۰۰)	//	خیلی زیاد	۳۲	۱۵	۳۰۰	Displacer level Transmitter/Archimedes Buoyancy (Float)	۲
متوسط	//	//	//	زیاد	۱۰۰	۱۰	۱۰۰۰	Float Type Tape level Gauge & Transmitter	۳
بالا	دارد	//	//	زیاد	۷۰	۱۵	۱۰۰۰	Radar type Level Transmitter	۴
بالا	دارد	300 ~ 1000	متنوع	//	۷۹	۱۵	۲۰۰	Ultrasonic Level Transmitter	۵
متوسط	دارد	//	//	//	۷۰	۵	۳۵۰	Capacitive Level Transmitter	۶
متوسط	دارد	500 ~ 5000	//	//	۶۱۸	۱۰	۱۴۰۰	Magnetic floater with read switch or magnetic Felag	۷
متوسط	ندارد	50 ~ 500	//	خیلی زیاد	۲۰۷۰	۳	۳۰۰۰	Gauge Glass	۸
متوسط	دارد	2000 ~ 5000	//		۷۲	۱۵	۱۵۰	Hydra step Level Indicator	۹
خیلی بالا	تداوم نیافته	50 ~ 500	//	//	۱۴۴۲	۴	۱۸۰۰	Hydra step level sensor	۱۰
//	ندارد	300 ~ 1500	//	//	۷	۱۰	۵۰	Bubble type level Transmitter	۱۱
//	//	۳۰۰۰	امریکا-اروپا	زیاد	۱۲	۱۵	۱۰۰	Penumatic ( D P ) Level Transmitter	۱۲
بالا	//	300 ~ 1000	متنوع	متوسط	۷	۱۵	۷۵	Optical Level Indicator	۱۳
متوسط	دارد	۱۰۰۰			۴۳۵	۱۵	۱۱۰۰	Electrode (conductive) Type Level Switch	۱۴
متوسط	دارد	50 ~ 500			۴۱۸	۵	۹۰۰	FLOAT LEVEL SWITCH	۱۵

جدول ۲-۱۴- ویژگی‌های دستگاه فشار سنج نصب شده در نیروگاه

پیچیدگی فن آوری	سابقه ساخت داخل	بهای تقریبی به دلار	کشورهای سازنده	میزان اهمیت	مصرف سالیانه	عمر مفید	تعداد در نیروگاه‌ها	نام تجهیز / اساس اندازه‌گیری	
خیلی بالا	ندارد فقط مونتاژ	۱۰۰۰ (هندی و چینی ۵۰۰)	امریکا-اروپا- ژاپن-چین- برزیل-هند- کره-روسیه- ...	خیلی زیاد	۴۳۱۰	۱۵	۱۷۰۰۰	Pressure Transmitter (Diaphragm type)	۱
//	ندارد	۱۵۰۰ (چینی ۷۰۰)	//	خیلی زیاد	۷۴۰	۱۵	۲۵۰۰	Differential Pressure Transmitter (Diaphragm type)	۲
//	//	۵۰۰ (چینی ۲۰۰)	//	خیلی زیاد	۵۹۰۰	۱۰	۱۵۰۰۰	Pressure switch ( Diaphragm Type)	۳
بالا	محدود	۳۰۰ (چینی ۱۰۰)	//	خیلی زیاد	۱۵۰۰۰	۱۰	۳۰۰۰۰	Pressure Gauge (Bourdone Type)	۴
//	محدود	۵۰۰ (چینی ۲۰۰)	//	خیلی زیاد	۴۷۴۰	۱۰	۱۱۰۰۰	Pressure Indicator switch Bourdone Type	۵
//	ندارد	//	//	خیلی زیاد	۳۹۰	۱۰	۷۰۰	Pressure Gauge ( Diaphragm Type )	۶
//	//	//	//	خیلی زیاد	۸۸۰	۱۰	۷۰۰	Press. Indicator & Indicator Switch Bellows (Capsule) Type	۷
//	//	//	//	خیلی زیاد	۵۶۰	۱۰	۱۵۰۰	Differential Pressure Switch Diaphragm Type	۸
خیلی بالا	ندارد	تا کنون تعویض بوردون تیوب وجود نداشته. سازندگان نیز وارد می کنند .						Bourdon tube of pressure gauge	۹

جدول ۲-۱۵- ویژگی‌های دستگاه دماسنج نصب شده در نیروگاه

نام تجهیز / اساس اندازه‌گیری	تعداد در نیروگاه‌ها	عمر مفید	مصرف سالیانه	میزان اهمیت	کشورهای سازنده	بهای تقریبی به دلار	سابقه ساخت داخل	پیچیدگی فن آوری
Thermocouple	۴۵۰۰۰	۱۰	۱۴۶۰۰	خیلی زیاد	متنوع	50 ~ 500	دارد	پائین
Wire of Thermocouple	۱۲۰۰۰۰۰ m	۱۰	۳۶۴۰۰۰ m	//	آمریکا - اروپا - چین - هند	--	ندارد	خیلی بالا
Thermo Resistance (RTD)	۲۵۰۰۰	۱۰	۶۱۰۰	//	متنوع	50 ~ 500	دارد	پائین
Element of R T D	۲۵۰۰۰	۵	۴۱۰۰	//	آمریکا - اروپا - چین هند	--	ندارد	خیلی بالا
Temperature Switch (Belows Type)	۲۶۰۰۰	۱۰	۳۵۱۰	//	متنوع	100 ~ 1000	ندارد	بالا
Temperature Indicator (Dial - Gas Filled)	۱۶۰۰۰	۱۰	۳۵۰۰	خیلی زیاد	متنوع	200 ~ 1000	ندارد	بالا
Temperature Indicator (Dial - Gas Filled) Switch	۳۵۰۰	۱۰	۱۸۶۰	//	//	//	ندارد	بالا
Temperature Switch or Flag ( Bimetal ) Related to electrical Equipment	---						ندارد	بالا
Temperature digital indicator	۱۰۰۰	۱۵	۱۳۵	بالا	//	50 ~ 500	دارد	پائین
Head mounted Temperature transmitter	۲۵۰۰۰	۱۰	۱۳۶۵۰	خیلی زیاد	//	//	ندارد	بالا
Rail Mounted Temperature Transmitter	۴۰۰۰	۱۰	۵۰۰	//	//	//	//	متوسط
Field mounted Temperature Transmitter	۲۵۰۰۰	۱۰	۴۲۵۰	//	متنوع	100 ~ 1000	ندارد	متوسط

جدول ۲-۱۶- ویژگی‌های آنالیزهای سوخت، دود و احتراق نصب شده در نیروگاه

نام تجهیز / اساس اندازه‌گیری	تعداد در نیروگاه‌ها	عمر مفید	مصرف سالیانه	میزان اهمیت	کشورهای سازنده	بهای تقریبی به دلار	سابقه ساخت داخل	پیچیدگی فن آوری
Oxygen Analyzer	۴۰۰	۱۰	۹۴	خیلی زیاد	امریکا- اروپا- ژاپن	۳۰۰۰	تداوم نیافته	بالا
Zirconia O2 Sensor	۴۰۰	۳	۱۹۴	خیلی زیاد	//	۱۰۰۰	ندارد	خیلی بالا
CO, CO2, NOX, SOX Analyzer	۳۰۰	۱۰	۸۲	زیاد	//	۳۰ ۰۰۰	//	خیلی بالا
CO, CO2, NOX, SOX Sensor	set ۳۰۰	۳	152 set	زیاد	//	۲۰۰۰	//	خیلی بالا
Smoke Density Meter	۲۰۰	۱۵	۱۹	متوسط	متنوع	۳۰۰۰	دارد	متوسط
Smoke Density Sensor	۲۰۰	۳	۷۴	متوسط	//	۵۰۰	//	متوسط
Portable Flue Gas analyzer	۱۰۰	۱۰	۱۰	خیلی زیاد	امریکا- اروپا- ژاپن	۲۰ ۰۰۰	تحقیقات دانشگاهی	بالا
Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer	100 set	۱	100 set	خیلی زیاد	امریکا- اروپا- ژاپن	۶ × ۲۰۰	//	خیلی بالا
Gas Calorimeter	۱۵	۱۵	۲۵	متوسط	امریکا- اروپا- ژاپن	۱۰۰۰۰۰	ندارد	خیلی بالا
Cells and Sensors of Gas Calorimeter	15 set	۳	5 set	متوسط	//	۶ × ۵۰۰۰	ندارد	خیلی بالا
Dust Analyzer or Detector				الزام جدید سازمان حفاظت محیط زیست	//	۱۰۰۰۰	ندارد	خیلی بالا

جدول ۲-۱۷- ویژگی‌های آنالیزهای کنترل شیمیائی آب نصب شده در نیروگاه

پیچیدگی فن آوری	سابقه ساخت داخل	بهای تقریبی به دلار	کشورهای سازنده	میزان اهمیت	مصرف سالیانه	عمر مفید	تعداد در نیروگاه‌ها	نام تجهیز / اساس اندازه‌گیری	
بالا	ندارد	۲۰۰۰	آمریکا - اروپا	خیلی زیاد	۳۹۵	۱۵	۱۳۰۰	DO2 Analyzer (Dissolved Oxygen Analyzer)	۱
خیلی بالا	//	۷۰۰	//	//	۵۷۰	۵	۱۳۰۰	DO2 sensor	۲
متوسط	دارد	۱۰۰۰	متنوع	//	۴۱۰	۱۵	۱۵۰۰	PH Analyzer	۳
خیلی بالا	ندارد	۲۰۰	//	//	۸۱۰	۳	۱۵۰۰	Sensor PH	۴
متوسط	فقط بدون جبران دما	۱۰۰۰	//	//	۵۳۴	۲۰	۲۰۰۰	Conductivity Analyzer with Temp Compensation	۵
متوسط	//	۵۰۰	//	//	۶۳۴	۱۰	۲۰۰۰	Conductivity Combine Sensor	۶
خیلی بالا	ندارد	۵۰۰۰	آمریکا - اروپا	متوسط	۳	۱۵	۵۰	Silica Analyzer	۷
خیلی بالا	ندارد	۳۰۰۰	//	//	۱۰	۱۰	۱۰۰	C O D Analyzer (Chemical Oxygen Demand )	۸
بالا	ندارد	۱۵۰۰	متنوع	//	۱۰	۲۰	۲۰۰	Turbidity Analyzer	۹
خیلی بالا	ندارد	۴۰۰۰	آمریکا - اروپا	//	۱۰	۱۰	۱۰۰	Oil in Water	۱۰
خیلی بالا	ندارد	۸۰۰۰	//	//	۳	۱۵	۵۰	Sodium Analyzer	۱۱
متوسط	ندارد	۲۰۰۰	متنوع	//	۱۳۹	۲۰	۳۰۰	Acid and Alkaline Concentration Analyzer	۱۲

جدول ۲-۱۸- ویژگی‌های تجهیزات اندازه‌گیری پارامترهای مکانیکی نصب شده در نیروگاه

پیچیدگی فن آوری	سابقه ساخت داخل	بهای تقریبی به دلار	کشورهای سازنده	میزان اهمیت	مصرف سالانه	عمر مفید	تعداد در نیروگاه‌ها	نام تجهیز / اساس اندازه‌گیری	
متوسط	ندارد	۱۰۰	متنوع	خیلی زیاد	۱۳۰۰	۱۰	۷۰۰۰	Position Transmitter	۱
بالا	//	۱۰۰۰۰	//	//	۱۰۰	۲۰	۳۰۰	Turbine Supervisory panel	۲
خیلی بالا	//	۱۰۰۰	//	//	۵۰۰	۵	۲۱۰۰	Relative Vibration Sensor	۳
//	//	۱۰۰۰	//	//	۳۸۶۰	۵	۸۵۰۰	Absolute Vibration Sensor	۴
بالا	//	۲۰۰۰	//	//	۸۲	۱۰	۲۰۰	Axial shift Sensor (Eddy current)	۵
//	//	۲۰۰۰	//	//	۱۲۷	۱۰	۵۵۰	Expansion Sensor	۶
//	//	۲۰۰۰	//	//	۸۲	۱۰	۲۰۰	Eccentricity Sensor	۷
//	محدود	100 ~ 3000	//	//	۴۱۰۰	۱۰	۱۳۰۰۰	Proximity Sensore or Switch Eddy Current	۸
متوسط	//	//	//	بالا	۴۰۹	۱۰	۱۳۵۰	Speed Sensor	۹
//	ندارد	50 ~ 500	//	//	۵۵۰۰	۱۰	۵۵۰۰۰	Position ( limit ) Switch	۱۰
//	//	۵۰۰	//	//	۱۱۷۰	۱۰	۲۰۰۰	Rotation Switch (R S) / Eddy Current	۱۱
خیلی بالا	//	۵۰۰۰	آمریکا - اروپا	خیلی زیاد	۵۰	۲۰	۱۰۰	Rotor (Shaft) Balancer	۱۲

جدول ۲-۱۹- ویژگی‌های سیستم‌های ایمنی و حفاظت، سیستم‌های خلوصیت و نشتی گاز نصب شده در نیروگاه

پیچیدگی فن آوری	سابقه ساخت داخل	بهای تقریبی به دلار	کشورهای سازنده	میزان اهمیت	مصرف سالیانه	عمر مفید	تعداد در نیروگاه‌ها	نام تجهیز / اساس اندازه‌گیری	
خیلی بالا	ندارد	۲۰۰۰	آمریکا - اروپا - ژاپن - روسیه	خیلی بالا	۴۱۰	۱۵	۲۵۰۰	Burner flame Detector	۱
//	//	۲۰۰۰	//	//	۱۹۲	۱۰	۸۰۰	Fire (Flame) Detector	۲
متوسط	غیر صنعتی	۵۰۰	متنوع	//	۴۹۰۰	۱۰	۷۰۰۰	Smoke Detector	۳
//	//	۵۰۰	//	//	۹۳۰۰	۱۰	۲۱۰۰۰	Heat Detector	۴
//	//	۵۰۰	//	//	۴۰۰	۱۰	۳۰۰۰	Combine Detector	۵
بالا	ندارد	-	//	متوسط	جدید	۱۰	جدید	Linear Heat Detector ( Cable )	۶
متوسط	غیر صنعتی	۵۰۰	//	خیلی بالا	۷۲۰	۲۰	۳۰۰۰	Manual call point	۷
//	//	۱۰۰۰۰	//	//	۱۰۰	۲۰	۶۰۰	Fire Fighting Control Panel	۸
خیلی بالا	//	۵۰۰	//	//	۵۳۰	۱۰	۳۰۰۰	Methane (N.Gas) leak detector	۹
//	ندارد	۲۰۰۰	//	//	۱۲	۱۰	۱۰۰	Hydrogen leak Detector	۱۰
//	ندارد	۲۰۰۰	روسیه	//	۴	۱۰	۴۰	Oxygen in Hydrogen meter	۱۱
//	محدود	۵۰۰۰	آمریکا - اروپا - ژاپن - روسیه	//	۷	۱۰	۵۰	Hydrogen purity meter	۱۲



جدول ۲-۲۰- ویژگی‌های سایر تجهیزات مشترک آنلاین یا پرتابل نصب شده در نیروگاه

نام تجهیز / اساس اندازه‌گیری	تعداد در نیروگاه‌ها	عمر مفید	مصرف سالیانه	میزان اهمیت	کشورهای سازنده	بهای تقریبی به دلار	سابقه ساخت داخل	پیچیدگی فن‌آوری
Termograph (Camera)	۱۰۰	۱۵	۷	متوسط	آمریکا - اروپا - ژاپن	۱۰۰۰۰ - ۵۰۰۰	ندارد	خیلی بالا
Viscometer	۱۰۰	۱۵	۵	//	//	۷۰۰۰	//	متوسط
H2, CO2, Air purity meter	۱۰۰	۱۵	۷	خیلی بالا	//	۵۰۰۰	//	//
Self Regulator Heat er Cable	بالا	۱۰	XXX	بالا	//	۱۰۰ دلار بر متر	//	//
Pyroscope / pyrometer	۰	۱۵	XXX	متوسط	//	XXX	//	//
Portable Hardness meter	۵۰	۱۵	۳	بالا	//	۵۰۰۰	//	//
Inspector of butt welds (Ultrasonic)	۰	۱۰	XXX	بالا	//	۲۰۰۰۰	//	//
Infrared or Laser Thermometer ( Manual Gun Type )	۱۰۰	۱۵	۷	بالا	//	۲۰۰۰	//	//
Humidity Meter	۱۰۰	۱۰	۱۰	//	متنوع	۱۰۰۰	//	//
Wind Direction	۱۰۰	۱۰	۱۰	//	//	۲۰۰۰	//	//
Wind Velocity	۵۰	۱۰	۱۰	//	//	۲۰۰۰	//	//

## ۲-۲-۱-۴- جمع‌بندی جداول ابزار دقیق مورد نیاز نیروگاه‌های کشور

جداول بخش‌های ۲-۱-۲، ۳-۱-۲ و ۴-۱-۲ تجهیزات ابزار دقیق نیروگاهی را که برای اندازه‌گیری پارامترهای گوناگون در بخش‌های مختلف نیروگاهی نیاز است، را نشان می‌دهند. جهت انتخاب و رده‌بندی ۱۰۵ گونه تجهیزات که هر یک بسته به حساسیت مکان بکارگیری از اهمیت خاصی برخوردارند، نیاز به تعریف پارامتری است تا تجهیزاتی را که از جنبه‌های مختلف دارای اولویت بالاتری هستند را مشخص کند. در واقع در این بخش اولویت‌بندی تجهیزات فناورانه مطرح است که بر پایه نظر اعضای کمیته، به شدت نیاز و حجم بازار بستگی دارد. به دیگر روی سنجه‌های انتخاب شده، جذابیت‌های اقتصادی را بیان می‌کنند. در همین راستا جهت رده‌بندی از ماتریس جذابیت و امکان‌پذیری استفاده شد و از آنجایی که بنا به نظر خبرگان امکان ساخت همه تجهیزات ابزار دقیق در کشور وجود دارد بنابراین بخش توانمندی از جدول حذف شده است. سنجه‌های مورد نظر جهت امتیازدهی به صورت زیر می‌باشد.

- سابقه‌ی ساخت در داخل کشور

- مصرف سالیانه دستگاه

- بهای تقریبی دستگاه به دلار

- میزان اهمیت

- کشورهای سازنده

- پیچیدگی فناوری

- سنجه‌ی مصرف کل سالیانه با شدت نیاز و حجم بازار رابطه‌ی مستقیم دارد و از آنجایی که حجم بازار در انتخاب تجهیزات نسبت به سایر سنجه‌ها از اهمیت بالاتری برخوردار است. همچنین بهای تقریبی دستگاه به دلار نیز به دلیل مقرون به صرفه بودن کسب دانش طراحی و ساخت نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. لذا وزن این دو سنجه دو برابر سایر سنجه‌ها در نظر گرفته شد همچنین سنجه‌های دیگر نسبت به هم وزن یکسانی دارند.

سابقه‌ی ساخت در داخل کشور: جهت امتیاز دهی به این بخش موارد زیر در نظر گرفته شد.

چنانچه دستگاهی در کشور ساخته شده و مراحل طراحی، ساخت و نصب را طی کرده باشد، در نتیجه دانش فنی آن موجود است و می‌توان جهت حمایت از شرکت سازنده‌ی آن برنامه‌ریزی کرد. برای محاسبه‌ی عدد شایستگی، امتیاز ۰/۲ در نظر گرفته شده است.

چنانچه دستگاهی در کشور ساخته نشده باشد و تنها در مرحله‌ی مونتاژ باشد، برای محاسبه‌ی عدد شایستگی، امتیاز ۰/۴ در نظر گرفته شده است.

چنانچه دستگاهی در کشور به صورت محدود ساخته شده باشد، به این معنی که دانش فنی آن وجود داشته باشد، در نتیجه می‌توان با حمایت مناسب نیاز کشور را در این زمینه برطرف نمود. برای محاسبه‌ی عدد شایستگی، امتیاز ۰/۶ در نظر گرفته شده است.

چنانچه دستگاهی در کشور ساخته نشده باشد، برای محاسبه‌ی عدد شایستگی، امتیاز ۱ در نظر گرفته شده است.

مصرف کل سالیانه دستگاه: این تعداد را می‌توان از جداول مربوط به بخش ویژگی‌های ابزار دقیق نیروگاه‌ها، آمار کلی نیروگاه کشور (جدول (۲-۲)) و جداول مربوط به بخش نوع و تعداد ابزار دقیق بکاررفته در نیروگاه محاسبه کرد.

+ مصرف سالیانه دستگاه = مصرف کل سالیانه دستگاه

+ تعداد مورد نیاز دستگاه ابزار دقیق  $\times$  تعداد واحدهای گازی در حال احداث یا در حال نصب  
 + تعداد مورد نیاز دستگاه ابزار دقیق  $\times$  تعداد واحدهای بخار در حال احداث یا در حال نصب  
 تعداد مورد نیاز دستگاه ابزار دقیق  $\times$  تعداد واحدهای سیکل ترکیبی در حال احداث یا در حال نصب  
 که به صورت زیر مقداردهی می‌شود.

- اگر مصرف کل سالیانه دستگاه کمتر از ۲۰ باشد : ۰/۰۱
- اگر مصرف کل سالیانه دستگاه کمتر از ۲۵۰۰ و بیشتر از ۲۰ باشد : ۰/۵
- اگر مصرف کل سالیانه دستگاه کمتر از ۵۰۰۰ و بیشتر از ۲۵۰۰ باشد : ۰/۷
- اگر مصرف کل سالیانه دستگاه کمتر از ۷۵۰۰ و بیشتر از ۵۰۰۰ باشد : ۰/۸
- اگر مصرف کل سالیانه دستگاه کمتر از ۱۰۰۰۰ و بیشتر از ۷۵۰۰ باشد : ۰/۹
- اگر مصرف کل سالیانه دستگاه بیشتر از ۱۰۰۰۰ باشد : ۱

**بهای تقریبی دستگاه به دلار:** بهای مورد نیاز برای خریداری هر یک از تجهیزات را می‌توان از جداول مربوط به بخش ویژگی‌های ابزار دقیق نیروگاه‌های حرارتی استخراج کرد که این مقدار میانگین بالاترین و کمترین هزینه‌ی خرید است. که به صورت زیر مقدار دهی شده است.

- بها کمتر از ۵۰۰ دلار : ۰/۲
- بها کمتر از ۵۰۰۰ دلار و بیشتر از ۵۰۰ دلار : ۰/۴
- بها کمتر از ۱۰۰۰۰ دلار و بیشتر از ۵۰۰۰ دلار : ۰/۷
- بها بیشتر از ۱۰۰۰۰ دلار : ۱

**میزان اهمیت:** همان‌طور که جداول مربوط به بخش ویژگی‌های ابزار دقیق نیروگاه‌های حرارتی نشان می‌دهد هرچه اهمیت بکارگیری دستگاه در نیروگاه بیشتر باشد تهیه و خرید این دستگاه در اولویت بالاتری نسبت به سایر تجهیزات قرار می‌گیرد در نتیجه مقادیر زیر در نظر گرفته شد.

- اهمیت خیلی زیاد: ۱

- اهمیت زیاد: ۰/۷

- متوسط: ۰/۴

کشورهای سازنده: با توجه به کیفیت، دقت بالاتر و طول عمر بیشتر محصولات ساخته شده توسط کشورهای صاحب فناوری مقادیر زیر در نظر گرفته شد. در واقع چنانچه کشورهای مختلفی در ساخت محصولی شرکت داشته باشند این بدان معنا است که دستیابی به فناوری ساخت از پیچیدگی کمتری برخوردار است همچنین در صورت ساخت از لحاظ اقتصادی رقبای بسیار زیادی دارد بنابراین منطقی است که بر روی محصولاتی که سازندگان کمتری دارند، سرمایه‌گذاری شود لذا محصولاتی که سازندگان کمتری دارند امتیاز بالاتری خواهند گرفت.

- ساخت آمریکا، کانادا، اروپا و ژاپن: ۱

- تنوع کشورهای سازنده زیاد باشد: ۰/۵

پیچیدگی فناوری: همان‌طور که جداول مربوط به بخش ویژگی‌های ابزار دقیق نیروگاه‌های حرارتی نشان می‌دهد بدست آوردن فن‌آوری ساخت تجهیزات ابزاردقیق نیروگاهی یکسان نبوده و دارای درجات مختلف پیچیدگی است هرچه پیچیدگی فناوری بالاتر باشد بدین معنی است که دستیابی به دانش طراحی و ساخت آن سخت‌تر خواهد بود درحالی‌که ارزش افزوده حاصل از ساخت تجهیز بیشتر می‌باشد. در نتیجه مقادیر زیر در نظر گرفته شد.

- خیلی بالا: ۱

- بالا: ۰/۷۵

- متوسط: ۰/۵

- پایین: ۰/۲۵

موارد بیان شده با پیشنهاد اولیه تیم پروژه، رایزنی با اعضای ارجمند کمیته راهبری، و انجام اصلاحات مورد نیاز مشخص شده‌اند (پیوست شماره‌ی دو).

با توجه به مطالب بیان شده و قرار دادن اعداد در جدول (۲-۲۱)، مرحله‌ی امتیاز دهی به تجهیزات انجام شد. پس از نرمال کردن بر اساس بزرگترین عدد و مرتب‌سازی اعداد، تجهیزاتی که دارای عدد شایستگی بالاتر از ۰/۷۳ هستند (بازه ۰,۳۶ تا ۱)، ۳۱ تجهیز از بین ۱۰۵ تجهیز جداسازی شد و نتایج رده‌بندی در جدول (۲-۲۲) آورده شده است. علت انتخاب این ۳۱ تجهیز

این است که هزینه خرید سالیانه این تجهیزات (۳۱ تجهیز) ۸۵ درصد هزینه خرید سالیانه کل تجهیزات (۱۰۵ تجهیز) می‌باشد. شایان ذکر است سطرهای قرمز در جدول (۲-۲۱) به دلیل نبود اطلاعات کافی در رابطه با تعداد مصرف سالیانه و یا هزینه دستگاه در مقایسه در نظر گرفته نشدند همچنین در این جدول بهای هر یک از تجهیزات بر اساس قیمت اعلام شده از طرف شرکت‌های سازنده و همچنین همکاران بخش ابزار دقیق نیروگاه شهید منتظری اصفهان آورده شده است. و اولویت دار بودن تجهیزات منتخب مورد تایید کمیته‌ی راهبری قرار گرفته است (پیوست شماره‌ی دو). لازم به ذکر است که جهت خرید این تجهیزات سالانه مبلغ ۶۶۴۴۳۹۰۰ دلار هزینه می‌شود این مبلغ از مجموع حاصلضرب بهای تقریبی دستگاه در مصرف سالیانه ۳۱ تجهیز منتخب بدست آمده است که با کسب و انباشت دانش فنی ساخت این تجهیزات و بومی‌سازی آنها و استفاده از تجهیزات ساخته شده در نیروگاه‌های کشور می‌توان این مقدار، صرفه‌جویی ارزی نمود.

امتیاز	فن آوری آینده دار	سابقه ساخت	قیمت	کشورهای سازنده	میزان اهمیت	مصرف سالیانه	تجهیزات		
۴.۳	1	0.4	0.2	0.5	1	0.5	Differential Pressure Transmitter . / Based on Diff. Press(Diaphragm Type) ..., Of Orifice , Annobar, Pitot	1	فلومتر
۵.۶۵	0.75	1	0.7	0.5	1	0.5	OVAL Gear Flow meter / Positive displacement	2	
۴.۳۲	1	1	0.7	0.5	0.4	0.01	Coriolis Flow Meter	3	
۶.۳	1	0.6	1	1	0.7	0.5	Ultrasonic Flow Meter For Gas	4	
۴.۹	1	0.6	0.4	0.5	1	0.5	Ultrasonic Flow Meter For Liquid	5	
۵	1	1	0.4	0.5	0.7	0.5	Thermal flow Transmitter or Switch	6	
۲.۹	0.5	0.2		0.5	0.7	0.5	electromagnetic flowmeter	7	
۳.۷	0.5	1		0.5	0.7	0.5	Paddle / Vane Flow switch	8	
۳.۷	0.5	1		0.5	0.7	0.5	, Turbine Flow Indicator TransmitterPositive Displacement	9	
۳.۲	0.5	0.5		0.5	0.7	0.5	Rota Meter / Ball Float Flow Meter	10	
۳.۹	1	1		0.5	0.4	0.5	Vortex Flow Transmitter	11	
۴.۳	1	0.4	0.2	0.5	1	0.5	) Base on Hydra Static Pressure / Diaphragm Type Transmitter Differential Pressure Transmitter(	12	سطح سنج
۴.۴	0.5	1	0.2	0.5	1	0.5	Archimedes Buoyancy ( Float / Displacer level Transmitter(	13	
۴.۱	0.5	1	0.2	0.5	0.7	0.5	& Float Type Tape level Gauge Transmitter	14	
۳.۵۵	0.75	0.2	0.2	0.5	0.7	0.5	Radar type Level Transmitter	15	
۳.۵۵	0.75	0.2	0.2	0.5	0.7	0.5	Ultrasonic Level Transmitter	16	
۳.۳	0.5	0.2	0.2	0.5	0.7	0.5	Capacitive Level Transmitter	17	
۳.۷	0.5	0.2	0.4	0.5	0.7	0.5	Magnetic floater with read switch or magnetic Felag	18	
۴.۴	0.5	1	0.2	0.5	1	0.5	Gauge Glass	19	
۴	0.5	0.2	0.4	0.5	1	0.5	Hydra step Level Indicator	20	
۴.۲۵	0.75	0.6	0.2	0.5	1	0.5	Hydra step level sensor	21	
۲.۹۲	1	1	0.2	0.5	1	0.01	Bubble type Level Transmitter	22	
۴.۵۲	1	1	0.4	1	0.7	0.01	Penumatic ( D P ) Level Transmitter	23	
۳.۰۷	0.75	1	0.2	0.5	0.4	0.01	Optical Level Indicator	24	
۳.۹	0.5	0.2	0.4	1	0.4	0.5	Electrode (conductive) Type Level Switch	25	
۳	0.5	0.2	0.2	0.5	0.4	0.5	FLOAT LEVEL SWITCH	26	
۴.۷	1	0.4	0.2	0.5	1	0.7	Pressure Transmitter ((Diaphragm type	27	فشار سنج
۵.۳	1	1	0.4	0.5	1	0.5	Differential Pressure(Diaphragm type ) Transmitter	28	
۵.۵	1	1	0.2	0.5	1	0.8	Pressure switch (Diaphragm type)	29	
۵.۴	1	0.5	0.2	0.5	1	1	( Bourdone Type)Pressure Gauge	30	
۴.۵۵	0.75	0.5	0.2	0.5	1	0.7	Bourdone Type Pressure Indicator switch	31	
۴.۶۵	0.75	1	0.2	0.5	1	0.5	( Diaphragm Type)Pressure Gauge	32	
۴.۶۵	0.75	1	0.2	0.5	1	0.5	Press. Indicator & Indicator Switch Bellows (Capsule) Type	33	
۴.۶۵	0.75	1	0.2	0.5	1	0.5	Differential Pressure Switch Diaphragm Type	34	
۰							Bourdon tube of pressure gauge	35	

۴.۳۵	0.25	0.2	0.2	0.5	1	1	Thermocouple	36	دماسنج	
۵.۵	1	1		0.5	1	1	Wire of Thermocouple	37		
۳.۹۵	0.25	0.2	0.2	0.5	1	0.8	( R T D)Thermo Resistance	38		
۴.۹	1	1		0.5	1	0.7	Element of R T D	39		
۵.۰۵	0.75	1	0.2	0.5	1	0.7	( Belows Type)Temperature Switch	40		
۵.۰۵	0.75	1	0.2	0.5	1	0.7	( Dial - Gas Filled)Temperature Indicator	41		
۴.۹	1	1	0.2	0.5	1	0.5	Temperature(Dial - Gas Filled ) Indicator Switch	42		
.							( Bimetal)Temperature Switch or Flag Related to electrical Equipment	43		
۳.۰۵	0.25	0.2	0.2	0.5	0.7	0.5	Temperature digital indicator	44		
۵.۶۵	0.75	1	0.2	0.5	1	1	Head mounted Temperature transmitter	45		
۴.۴	0.5	1	0.2	0.5	1	0.5	Rail Mounted Temperature Transmitter	46		
۴.۸	0.5	1	0.2	0.5	1	0.7	Field mounted Temperature Transmitter	47		
۵.۱۵	0.75	0.6	0.4	1	1	0.5	Oxygen Analyzer	48		آنالیزهای سوخت دود احتراق
۵.۸	1	1	0.4	1	1	0.5	Zirconia O2 Sensor	49		
۶.۷	1	1	1	1	0.7	0.5	CO, CO2,NOX, SOX Analyzer	50		
۵.۵	1	1	0.4	1	0.7	0.5	Sensor CO , CO2 , NOX, SOX	51		
۲.۴۲	0.5	0.2	0.4	0.5	0.4	0.01	Smoke Density Meter	52		
۳	0.5	0.2	0.2	0.5	0.4	0.5	Smoke Density Sensor	53		
۴.۹۷	0.75	0.2	1	1	1	0.01	Portable Flue Gas analyzer	54		
۵.۸	1	1	0.4	1	1	0.5	Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer	55		
۶.۴	1	1	1	1	0.4	0.5	Gas Calorimeter	56		
۴.۲۲	1	1	0.4	1	0.4	0.01	Cells and Sensors of Gas Calorimeter	57		
۴.۵	0.5	1	1	1	0		Dust Analyzer or Detector	58		
۵.۵۵	0.75	1	0.4	1	1	0.5	DO2 Analyzer ( Dissolved Oxygen ( Analyzer	59	شیمیایی آب	
۵.۴	1	1	0.2	1	1	0.5	DO2 sensor	60		
۴	0.5	0.2	0.4	0.5	1	0.5	PH Analyzer	61		
۴.۶	1	1	0.2	0.5	0.7	0.5	Sensor PH	62		
۴	0.5	0.2	0.4	0.5	1	0.5	.Conductivity Analyzer with Temp Compensation	63		
۴.۴	0.5	1	0.2	0.5	1	0.5	Conductivity Combine Sensor	64		
۴.۴	1	1	0.4	1	0.4	0.1	Silica Analyzer	65		
۴.۲۲	1	1	0.4	1	0.4	0.01	( Chemical Oxygen Demand)C O D Analyzer	66		
۳.۴۷	0.75	1	0.4	0.5	0.4	0.01	Turbidity Analyzer	67		
۴.۴	1	1	0.4	1	0.4	0.1	Oil in Water	68		
۴.۸۲	1	1	0.7	1	0.4	0.01	Sodium Analyzer	69		
۴.۲	0.5	1	0.4	0.5	0.4	0.5	Acid and Alkalin Concentration Analyzer	70		

۴.۴	0.5	1	0.2	0.5	1	0.5	Position Transmitter	71	پارامتر مکانیکی
۶.۲۵	0.75	1	1	0.5	1	0.5	Turbine Supervisory panel	72	
۵.۲	1	1	0.4	0.5	1	0.5	Relative Vibration Sensor	73	
۵.۷	1	1	0.4	0.5	1	0.7	Absolute Vibration Sensor	74	
۴.۶۵	0.75	1	0.2	0.5	1	0.5	(Eddy current)Axial shift Sensor	75	
۴.۶۵	0.75	1	0.2	0.5	1	0.5	Expansion Sensor	76	
۴.۶۵	0.75	1	0.2	0.5	1	0.5	Eccentricity Sensor	77	
۴.۹۵	0.75	0.5	0.4	0.5	1	0.7	Eddy Current Proximity Sensore or Switch	78	
۴	0.5	0.5	0.4	0.5	0.7	0.5	Speed Sensor	79	
۵.۶۵	0.75	1	0.2	0.5	1	1	Position ( limit ) Switch	80	
۴.۶۵	0.75	1	0.2	0.5	1	0.5	/ ( R S)Eddy CurrentRotation Switch	81	
۶.۴	1	1	0.7	1	1	0.5	Rotor (Shaft) Balancer	82	
۵.۸	1	1	0.4	1	1	0.5	Burner flame Detector	83	حفاظت و نشستی گاز
۵.۸	1	1	0.4	1	1	0.5	Fire (Flame) Detector	84	
۴.۹	1	0.6	0.2	0.5	1	0.7	Smoke Detector	85	
۵.۲	1	0.6	0.2	0.5	1	0.9	Heat Detector	86	
۴	0.5	0.6	0.2	0.5	1	0.5	Combine Detector	87	
۲.۶۵	0.75	1		0.5	0.4		( Cable)Linear Heat Detector	88	
۴	0.5	0.6	0.2	0.5	1	0.5	Manual call point	89	
۵.۶	0.5	0.6	1	0.5	1	0.5	Fire Fighting Control Panel	90	
۴.۵	1	0.6	0.2	0.5	1	0.5	Methane (N.Gas) leak detector	91	
۴.۳۲	1	1	0.4	0.5	1	0.01	Hydrogen leak Detector	92	
۴.۸۲	1	1	0.4	1	1	0.01	Oxygen in Hydrogen meter	93	
۴.۶۲	1	0.5	0.7	1	0.7	0.01	Hydrogen purity meter	94	
۴.۸۲	1	1	0.7	1	0.4	0.01	(Camera)Termograph	95	تجهیزات آنلاین
۴.۳۲	0.5	1	0.7	1	0.4	0.01	Viscometer	96	
۴.۸۲	1	1	0.4	1	1	0.01	H2 , CO2 , Air purity meter	97	
۴.۱	1	1	0.2	1	0.7		Self Regulator Heat er Cable	98	
۳.۴	1	1		1	0.4		Pyroscope / pyrometer	99	
۴.۵۲	1	1	0.4	1	0.7	0.01	Portable Hardness meter	100	
۵.۷	1	1	1	1	0.7		(Ultrasonic)Inspector of butt welds	101	
۴.۵۲	1	1	0.4	1	0.7	0.01	Manual Gun Type ) Infrared or Laser Thermometer	102	
۴.۰۲	1	1	0.4	0.5	0.7	0.01	Humidity Meter	103	
۴.۰۲	1	1	0.4	0.5	0.7	0.01	Wind Direction	104	
۴.۰۲	1	1	0.4	0.5	0.7	0.01	Wind Velocity	105	



جدول ۲-۲۲- رده‌بندی تجهیزات بر اساس جدول جذابیت امکان پذیری

ردیف	نام تجهیز	عدد شایستگی	بهای تقریبی دستگاه به دلار با کیفیت مناسب	مصرف سالانه	بهای کل به دلار
1	CO, CO2, NOX, SOX Analyzer	1	30000	82	2460000
2	Gas Calorimeter	0.995	100000	25	2500000
3	Rotor (Shaft) Balancer	0.995	7000	50	350000
4	Ultrasonic Flow Meter For Gas	0.94	100000	21	2100000
5	Turbine Supervisory panel	0.932	15000	100	1500000
6	Fire Detector ( for firefighting system in hazardous area )	0.865	2000	192	384000
7	Zirconia O2 Sensor	0.865	2000	194	388000
8	Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer	0.865	1200	100	120000
9	Burner flame Detector	0.865	2000	410	820000
10	Absolute Vibration Sensor	0.85	1000	3860	3860000
11	Position ( limit ) Switch	0.843	200	20000	4000000
12	Industrial Temperature transmitter ( head mount , field mount , panel mount )	0.843	300 ( Average )	18000	5400000
13	OVAL Gear Flow meter	0.843	7000	86	602000
14	Fire Fighting Control Panel ( SIL 2 or 3 )	0.835	10000	100	1000000
15	DO2 Analyzer ( Dissolved Oxygen Analyzer)	0.828	2000	395	790000
16	Online Sensor of CO , CO2 , NOX, SOX	0.82	2000	152	304000
17	Pressure switch ( Diaphragm Type)	0.82	350	5900	2065000
18	DO2 sensor	0.805	1000	570	570000
19	Pressure Gauge & Pressure Indicator switch (Bourdon Type)	0.805	300 ( average )	20000	6000000
20	Pressure & Differential Pressure Transmitter (Diaphragm Type)	0.791	1100	4424	4866400
21	Relative Vibration Sensor	0.791	1000	500	500000
22	Heat Detector ( for firefighting system in hazardous area )	0.791	500	9300	4650000
23	Oxygen Analyzer	0.768	4000	94	376000
24	Temperature Switch ( Belows Type)	0.753	550	3510	1930500
25	Temperature Indicator ( Dial - Gas Filled)	0.753	600	3500	2100000
26	Thermal flow Transmitter or Switch	0.742	5000	200	1000000
27	Special Proximity Sensor or Switch For Supervisory systems of	0.738	1500	5500	8250000
28	Ultrasonic Flow Meter For Liquid	0.731	3500	217	759500
29	Temperature Indicator Switch (Dial-Gas Filled)	0.731	600	1860	1116000
30	Pressure Transmitter (Diaphragm type)	0.731	750	4310	3232500
31	Smoke Detector ( for firefighting system in hazardous area )	0.731	500	4900	2450000
	صرفه جویی ارزی				66443900

هزینه سالیانه خریداری تجهیزات مورد نیاز نیروگاه با کیفیت بسیار بالا برابر ۷۶۶۰۶۰۰۰ میلیون دلار است و چنانچه تجهیزات رده‌بندی شده در جدول (۲-۲۱) طی ۱۰ سال آینده بومی‌سازی شود، مبلغ ۶۶ میلیون دلار صرفه‌جویی ارزی خواهد شد. این مبلغ معادل کاهش ۸۴ درصدی در واردات تجهیزات ابزار دقیق نیروگاهی خواهد بود.

همان‌طور که جدول (۲-۲۱) ارائه شده نشان می‌دهد، ۳۱ تجهیزاتی که دارای اولویت بالا هستند را می‌توان در قالب جداولی بر اساس نوع ابزار دقیق تقسیم بندی کرد. جداول (۲-۲۳) تا (۲-۲۹) دسته‌بندی مورد نظر را نشان می‌دهد. در این تقسیم‌بندی نتایج مصرف سالیانه کل، عدد شایستگی کلی و بهای کل به دلار در هر کدام از دسته‌ها نشان داده شده است.

جدول ۲-۲۳- دسته‌بندی دماسنج‌های اولویت دار

ردیف	نام تجهیز	اولویت	عدد شایستگی	بهای تقریبی دستگاه به دلار با کیفیت مناسب	مصرف سالیانه	بهای کل به دلار	
دما	1	Industrial Temperature transmitter (head mount, field mount, panel mount )	12	0.843	300 (Average)	18000	5400000
	2	Temperature Indicator (Dial - Gas Filled)	25	0.735	600	3500	2100000
	3	Temperature Switch (Belows Type)	24	0.735	550	3510	1930500
	4	Temperature Indicator Switch (Dial - Gas Filled)	29	0.731	600	1860	1116000
	جمع			3.044		26870	10546500

جدول ۲-۲۴- دسته‌بندی حسگرهای شیمیایی آب

ردیف	نام تجهیز	اولویت	عدد شایستگی	بهای تقریبی دستگاه به دلار با کیفیت مناسب	مصرف سالیانه	بهای کل به دلار	
حسگر شیمیایی آب	1	DO2 Analyzer (Dissolved Oxygen Analyzer)	15	0.828	2000	395	790000
	2	DO2 sensor	18	0.805	1000	570	570000
	جمع			1.63		965	1360000

جدول ۲-۲۵- دسته‌بندی فشارسنج‌های اولویت دار

فشار	ردیف	نام تجهیز	اولویت	عدد شایستگی	بهای تقریبی دستگاه به دلار با کیفیت مناسب	مصرف سالانه	بهای کل به دلار
	1	Pressure switch (Diaphragm Type)	17	0.82	350	5900	2065000
	2	Pressure & Differential Pressure Transmitter (Diaphragm Type)	20	0.791	1100	4424	4866400
	3	Pressure Transmitter (Diaphragm type)	30	0.731	750	4310	3232500
	4	Pressure Gauge & Pressure Indicator switch (Bourdon Type)	19	0.805	300 (average)	20000	6000000
	جمع				3.14		34634

جدول ۲-۲۶- دسته‌بندی فلومترهای اولویت دار

فلومتر	ردیف	نام تجهیز	اولویت	عدد شایستگی	بهای تقریبی دستگاه به دلار با کیفیت مناسب	مصرف سالانه	بهای کل به دلار
	1	Ultrasonic Flow Meter For Gas	4	0.94	100000	21	2100000
	2	OVAL Gear Flow meter	13	0.843	7000	86	602000
	3	Thermal flow Transmitter or Switch	26	0.742	5000	200	1000000
	4	Ultrasonic Flow Meter For Liquid	28	0.731	3500	217	759500
	جمع				3.256		524

جدول ۲-۲۷- دسته‌بندی حسگرهای حفاظت و نشستی گاز

حسگرهای حفاظت و نشستی گاز	ردیف	نام تجهیز	اولویت	عدد شایستگی	بهای تقریبی دستگاه به دلار با کیفیت مناسب	مصرف سالانه	بهای کل به دلار
	1	Burner flame Detector	9	0.865	2000	410	820000
	2	Fire Detector ( for firefighting system in hazardous area )	6	0.865	2000	192	384000
	3	Fire Fighting Control Panel (SIL 2 or 3 )	14	0.835	10000	100	1000000
	4	Heat Detector ( for firefighting system in hazardous area )	22	0.791	500	9300	4650000
	5	Smoke Detector ( for firefighting system in hazardous area )	31	0.731	500	4900	2450000
	جمع				4.08		14902

جدول ۲-۲۸- دسته‌بندی حسگرهای سوخت دود احتراق

حسگر سوخت دود احتراق	ردیف	نام تجهیز	اولویت	عدد نمایشگری	بهای تقریبی دستگاه به دلار با کیفیت مناسب	مصرف سالانه	بهای کل به دلار
	1	CO, CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> Analyzer	1	1.000	30000	82	2460000
	2	Gas Calorimeter	2	0.995	100000	25	2500000
	3	Zirconia O <sub>2</sub> Sensor	7	0.865	2000	194	388000
	4	Online Sensor of CO , CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub>	16	0.82	2000	152	304000
	5	Oxygen Analyzer	23	0.768	4000	94	376000
	6	Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer	8	0.865	1200	100	120000
	جمع				5.313		647

جدول ۲-۲۹- دسته‌بندی حسگرهای پارامتر مکانیکی

حسگرهای پارامتر مکانیکی	ردیف	نام تجهیز	اولویت	عدد نمایشگری	بهای تقریبی دستگاه به دلار با کیفیت مناسب	مصرف سالانه	بهای کل به دلار
	1	Absolute Vibration Sensor	10	0.85	1000	3860	3860000
	2	Special Proximity Sensor or Switch For Supervisory systems of Rotary machines ( turbine , pump , motor , ... )	27	0.738	1500	5500	8250000
	3	Rotor (Shaft) Balancer	3	0.955	7000	50	350000
	4	Turbine Supervisory panel	5	0.932	15000	100	1500000
	5	Limit or Micro Switch	11	0.843	200	20000	4000000
	6	Relative Vibration Sensor	21	0.791	1000	500	500000
	جمع				5.01		30010

جهت بدست آوردن دانش فنی ساخت تجهیزات جدول (۲-۲۲)، نیاز است تا این تجهیزات از منظر دیگری مورد بررسی قرار گیرد. جدول (۲-۳۰) در پاسخ به سوالات زیر تهیه و بر پایه رایزنی با همکاران بخش ابزار دقیق نیروگاه شهید منتظری اصفهان و زبردست کمیته راهبری که دارای پیشینه درخشان در زمینه ابزار دقیق نیروگاهی می‌باشند، تکمیل شده است که مورد تایید دیگر اعضای کمیته راهبری نیز قرار گرفته است (پیوست شماره‌ی یک و دو).

- آیا امکان جایگزینی تجهیز مورد نظر با فناوری‌های اولویت‌دار (میکروالکترونیک و نوری) وجود دارد؟
- آیا می‌توان با توجه به حساسیت کاربرد تجهیزات، از فناوری‌های اولویت‌دار استفاده نمود؟

جدول ۲-۳۰- امکان‌سنجی جایگزینی تجهیزات فناورانه

ردیف	نام تجهیز	فناوری موجود	امکان جایگزینی با فناوری فوتونیک در نیروگاه	امکان جایگزینی با فناوری میکروالکترونیک در نیروگاه	امکان پذیرش بکارگیری فناوری جدید در نیروگاه (حساسیت کاربرد)	تجهیز فناورانه قابلیت رقابت یا اقتصادی با تجهیز قدیمی را دارد
1	Limit or Micro Switch	الکترومکانیک القائی اثر حال ....	بلی	بلی	خیر	خیر
		\$۲۷۵				
2	Absolute Vibration Sensor	پیزوالکتریک الکترومغناطیس	بلی	بلی	خیر	خیر
		\$۱۰۰۰				
3	CO, CO2, NOX, SOX Analyzer	اِپتو الکترونیک	فن آوری این تجهیز اِپتوالکترونیک و جدید است			
		\$۳۰۰۰۰				
4	Industrial Temperature transmitter ( head mount , field mount , panel mount )	مدار الکترونیک	خیر	فناوری این تجهیز الکترونیک و به روز است		
		\$۲۷۵				
5	Special Proximity Sensor or Switch For Supervisory systems of Rotary machines (turbine , pump , motor , ...)	الکترومغناطیس	بلی	بلی	خیر	خیر
		\$۱۵۰۰				
6	Pressure switch (Diaphragm Type)	الکترومکانیکی	خیر	بلی	خیر	خیر
		\$۳۵۰				
7	Burner flame Detector	فوتونیک	فن آوری این تجهیز فوتونیک و جدید است			

ردیف	نام تجهیز	فناوری موجود	امکان جایگزینی با فناوری فوتونیک در نیروگاه	امکان جایگزینی با فناوری میکروالکترونیک در نیروگاه	امکان پذیرش بکارگیری فناوری جدید در نیروگاه (حساسیت کاربرد)	تجهیز فناورانه قابلیت رقابت (اقتصادی یا ...) با تجهیز قدیمی را دارد
		\$۲۰۰۰				
8	Temperature Indicator (Dial – Gas Filled)	مکانیکی بی‌مقال الکترونیک	خیر	وجود دارد	خیر	خیر
		\$۶۰۰				
9	Temperature Switch (Bellows Type)	مکانیکی	خیر	وجود دارد	خیر	خیر
		\$۵۵۰				
10	Heat Detector	الکترونیک بی‌مقال	بلی	بلی	شاید	شاید
		\$۵۰۰	wireless photoelectronic smoke and heat detector 300\$ Vision Optical Heat Detector 35\$	محصولی یافت نشد		
11	Pressure & Differential Pressure Transmitter (Diaphragm Type)	میکروالکترونیک	بلی	وجود دارد	بلی	شاید
		\$۱۱۰۰	SEN-PG-SV FBG Differential Gauge Pressure US \$1300-1800	\$۱۱۰۰		
12	Thermal flow Transmitter or Switch	الکترونیک	بلی	وجود دارد	بلی	بلی
		\$۳۵۰	شرکت datacon قیمت ندادند	Piezo 380\$ فقط سنسور فلومتر با MEMS حدود 30\$		
13	DO2 Analyzer (Dissolved Oxygen Analyzer)	مدار الکترونیک	در صورت استفاده از سنسور اپتیکی دستگاه هم اپتوالکترونیک خواهد بود		بلی	بلی
		\$۲۰۰۰	آنالایزر به همراه سنسور \$۱۰۰۰۰			
14	Gas Calorimeter	میکروالکترونیک	بلی	بلی	بلی	بلی
15	Pressure Gauge (Bourdone Type)	لوله بوردون	بلی	بلی	خیر	خیر

ردیف	نام تجهیز	فناوری موجود	امکان جایگزینی با فناوری فوتونیک در نیروگاه	امکان جایگزینی با فناوری میکروالکترونیک در نیروگاه	امکان پذیرش بکارگیری فناوری جدید در نیروگاه (حساسیت کاربرد)	تجهیز فناورانه قابلیت رقابت (اقتصادی یا ...) با تجهیز قدیمی را دارد
		\$۳۵۰				
16	Relative Vibration Sensor	القائی	بلی	خیر	بلی	شاید
		\$۱۰۰۰	SEN-SAL FBG Vibration Sensor 500\$ KC76-C Series Encoder optical vibration sensor 1000\$	single axis piezoelectric vibration sensor US \$110 – 190  low frequency high sensitivity three axis piezoelectric vibration sensor low price US \$300 – 570 Shanghai piezoelectric vibration sensor CZ9300 US \$298 - 549		
17	Turbine Supervisory panel	مدارهای الکترونیکی	خیر	فناوری این تجهیز الکترونیک و به روز است		
		\$۱۰۰۰۰				
18	Temperature Indicator Switch (Dial – Gas Filled)	مکانیکی بی‌متال	خیر	وجود دارد	خیر	خیر
		\$۶۰۰				
19	DO2 sensor	الکتروشیمیایی فوتونیک	بلی	خیر	بلی	بلی
		شیمیایی	۳۰۰۰			
20	Fire (Flame) Detector	فوتونیک	بلی	بلی	بلی	بلی
		\$۲۰۰۰	\$۲۰۰۰	محصولی یافت نشد		
21	Smoke Detector	فوتونیک	بلی	بلی	بلی	بلی

ردیف	نام تجهیز	فناوری موجود	امکان جایگزینی با فناوری فوتونیک در نیروگاه	امکان جایگزینی با فناوری میکروالکترونیک در نیروگاه	امکان پذیرش بکارگیری فناوری جدید در نیروگاه (حساسیت کاربرد)	تجهیز فناورانه قابلیت رقابت (اقتصادی یا ...) با تجهیز قدیمی را دارد
		\$۵۰۰	\$۵۰۰	محصولی یافت نشد		
22	Ultrasonic Flow Meter For Gas	اندازه گیری سرعت عبور امواج آلتراسونیک از سیال	بلی	بلی	بلی	بلی
23	Pressure Indicator switch (Bourdane Type)	لوله بوردون \$۳۵۰	بلی	بلی	خیر	خیر
24	Rotor (Shaft) Balancer	الکترومکانیکی	بلی	بلی	بلی	بلی
25	OVAL Gear Flow meter	مکا الکترونیکی \$۷۰۰۰	خیر	خیر	خیر	خیر
26	Fire Fighting Control Panel	الکترونیک \$۱۰۰۰۰	خیر	خیر	خیر	خیر
27	Sensor CO, CO2, NOX, SOX	فوتونیک \$۲۰۰۰	بلی	خیر	بلی	بلی
28	Zirconia O2 Sensor	الکتروشیمیایی \$۱۰۰۰	خیر	خیر	خیر	خیر
29	Oxygen Analyzer	الکترونیک \$۳۰۰۰	این دستگاه الکترونیکی و به روز است			
30	Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer	الکتروشیمیایی کاتالایزیک \$۱۲۰۰	بلی	خیر	بلی	بلی
31	Ultrasonic Flow Meter For Liquid	اندازه گیری سرعت عبور امواج آلتراسونیک از سیال	خیر	خیر	-	-



ردیف	نام تجهیز	فناوری موجود	امکان جایگزینی با فناوری فوتونیک در نیروگاه	امکان جایگزینی با فناوری میکروالکترونیک در نیروگاه	امکان پذیرش بکارگیری فناوری جدید در نیروگاه (حساسیت کاربرد)	تجهیز فناورانه قابلیت رقابت (اقتصادی یا ...) با تجهیز قدیمی را دارد
		\$۳۵۰۰	-			

نتایج بدست آمده از جدول (۲-۳) نشان می‌دهد با توجه به شرایط و محیط بکارگیری تجهیزات در نیروگاه، امکان جایگزینی برخی از تجهیزات با فناوری‌های نوین وجود ندارد. بر اساس این جدول می‌توان تجهیزات را به پنج گونه بخش نمود:

۱- تجهیزاتی که امکان جایگزینی با فناوری‌های نوین را ندارند.

۲- تجهیزاتی که با استفاده از فناوری‌های نوین ساخته می‌شوند، اما به دلیل حساسیت بالای محل بکارگیری امکان جایگزینی وجود ندارد.

۳- تجهیزاتی که با استفاده از فناوری‌های نوین ساخته می‌شوند، اما از لحاظ اقتصادی قابلیت رقابت با محصولات موجود در نیروگاه را ندارند.

۴- تجهیزاتی که با استفاده از فناوری‌های نوین ساخته می‌شوند و هم اکنون در نیروگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۵- تجهیزاتی که با استفاده از فناوری‌های نوین ساخته می‌شوند و امکان جایگزینی آن‌ها نیز وجود دارد.

در رابطه با بندهای ۱ و ۲ توجیهی برای ساخت این تجهیزات نیروگاهی با استفاده از فناوری‌های نوین وجود ندارد. در نتیجه می‌توان با بکارگیری ساز و کار مناسب در زمینه ساخت آن با استفاده از فناوری‌های موجود، فعالیت نمود که در مرحله چهارم (تدوین اقدامات و سیاست‌ها) نحوه‌ی بدست آوردن دانش فنی ساخت این تجهیزات مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در رابطه با بند ۳ به دلیل مقرون به صرفه نبودن تجهیزات، شرکت‌ها تمایلی به ساخت آن ندارند، لذا می‌بایست سیاست مناسبی در این زمینه اتخاذ کرد که در مرحله چهارم (تدوین اقدامات و سیاست‌ها) نحوه‌ی بدست آوردن دانش فنی ساخت این تجهیزات مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در رابطه با بند ۴، به دلیل وجود بازار مناسب و صرفه‌ی اقتصادی می‌توان با بکارگیری ساز و کار مناسب در زمینه ساخت آن با استفاده از فناوری نوین مورد نظر، فعالیت نمود که در مرحله چهارم (تدوین اقدامات و سیاست‌ها) نحوه‌ی بدست‌آوردن دانش فنی ساخت این تجهیزات مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در رابطه با بند ۵ نیز، در زمان تعریف پروژه‌ها در گام پنجم پروژه، واکاوی دقیق تری در خصوص امکان‌سنجی به کارگیری فناوری‌های مورد نظر در ساخت تجهیزات ابزار دقیق صورت خواهد گرفت.

## ۲-۳- اهداف کلان سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاهی

با توجه به چشم‌انداز تهیه شده، هدف کلان مورد نظر بومی سازی تجهیزات ابزار دقیق می باشد که صرفه‌جویی ارزی را نیز در پی دارد. در این راستا با توجه به جدول (۲-۲۲)، در طی ۱۰ سال، با ساخت تجهیزات ابزار دقیق اولویت‌دار می‌توان ۶۶ میلیون دلار از مصرف سالیانه کشور در حوزه ابزار دقیق نیروگاه‌های کشور را بومی‌سازی نمود. همچنین در همین مدت، می‌توان به حدود ۶۴ میلیون دلار صرفه‌جویی ارزی دست یافت.

در رابطه با چگونگی محقق ساختن این مقدار صرفه‌جویی ارزی تا افق ۱۴۰۴، جدولی مطابق (۲-۳۱) تهیه شده که تمامی متغیرهای آن به صورت پارامتر تعریف شده است. در این جدول پارامترهای A، B، C و D به ترتیب درصد سالیانه صرفه‌جویی ارزی از سال سوم تا سال ششم بومی‌سازی، پارامترهای a، b، c و d به ترتیب درصد تمایل خرید نیروگاه‌ها از تجهیزات ابزار دقیق ساخت داخل از سال سوم تا سال ششم بومی‌سازی و پارامترهای e، f، g و h ضریب رشد خرید سالیانه‌ی نیروگاه‌ها در این سال‌ها است. با انتخاب مقادیر مناسب برای این پارامترها می‌توان به صرفه‌جویی ارزی سالیانه دست یافت. همان‌گونه که در جدول (۲-۳۱) مشاهده می‌شود، صرفه‌جویی ارزی تابعی از بازار کل مصرف سالیانه تجهیز مورد نظر، درصد خرید توسط نیروگاه‌ها و ضریب رشد خرید سالیانه در نظر گرفته شده است.

با در نظر گرفتن مقادیر پیشنهادی  $A=10\%$ ،  $B=45\%$ ،  $C=100\%$ ،  $a=b=c=30\%$ ،  $e=25\%$ ،  $f=25\%$  و  $h=25\%$  که در جلسه‌ی کمیته‌ی راهبردی مورد تایید اعضا قرار گرفت، می‌توان جدول (۲-۳۱) را به صورت جدول (۲-۳۲) نوشت. مقادیر مربوط در جدول (۲-۳۲) برنامه‌ریزی سالیانه برای رسیدن به صرفه‌جویی ارزی کل تا افق ۱۴۰۴ را نشان می‌دهد که بصورت زیر محاسبه شده‌اند.

با توجه به نظر خبرگان ابتدا سه سال تحقیق و توسعه برای دستیابی به دانش فنی ساخت تجهیز مورد نظر نیاز است که پس از آن دستگاه ساخته شده می‌تواند در نیروگاه استفاده شود. پس از آن هر ساله تجهیز جدیدی بومی‌سازی شده و وارد بازار می‌شود، و از آنجایی که نمی‌توان کل نیروگاه‌ها را مجبور به استفاده از تجهیز بومی‌سازی شده نمود، لذا برای آن درصد خرید داخل و ضریب رشد سالیانه در نظر گرفته شد. به طوریکه ستون صرفه‌جویی ارزی سالیانه از حاصلضرب بومی‌سازی سالیانه در درصد خرید داخل بدست می‌آید. همچنین مجموع صرفه‌جویی ارزی در هر سال با اعمال ضریب رشد خرید داخل در صرفه‌جویی ارزی سالیانه بدست می‌آید. نتایج بدست آمده تا سال ۱۴۰۴ در رابطه با بومی‌سازی و صرفه‌جویی ارزی به صورت جدول (۲-۳۲) است.

پیشنهاد چگونگی محاسبه اهداف کلان و روابط مربوطه، طی کمیته راهبری سوم پروژه (پیوست شماره‌ی یک) برای اعضای محترم کمیته ارائه و همچنین در قالب گزارش گام سوم پروژه برای ایشان فرستاده شد، و کلیات موضوع در نشست چهارم پروژه مورد تایید ایشان قرار گرفت (پیوست شماره‌ی یک).

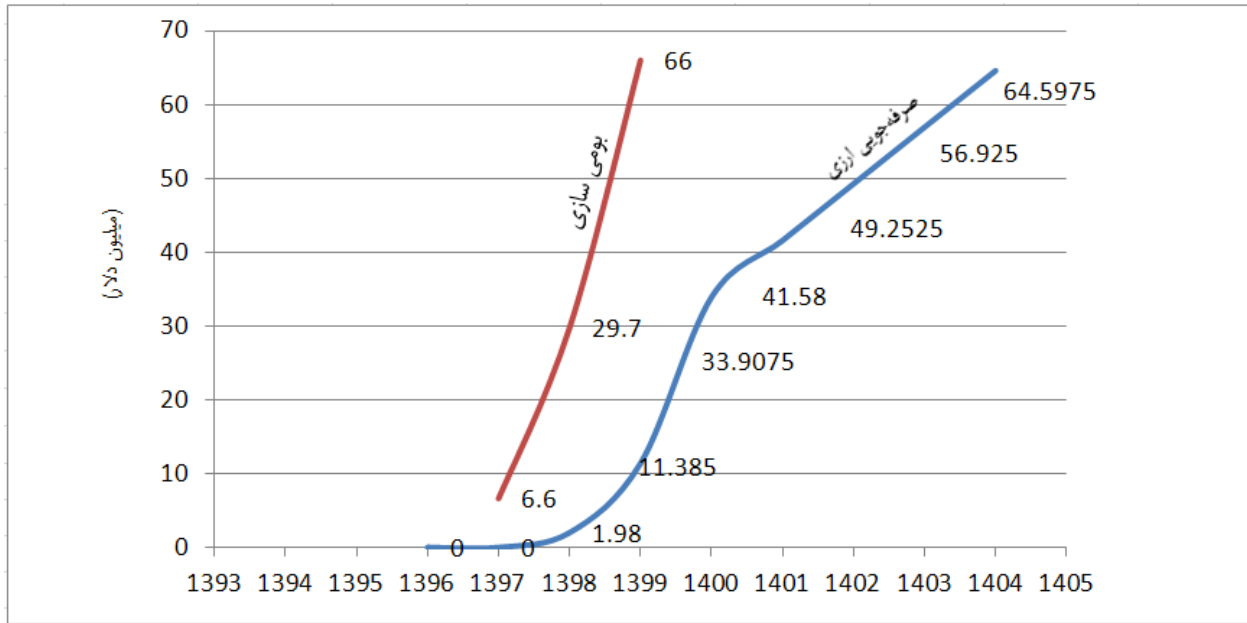
جدول ۲-۳۱- تعیین اهداف کلان در صرفه‌جویی ارزی به صورت پارامتری

تعیین اهداف کلان در صرفه‌جویی ارزی (میلیون دلار)						
سال		بومی سازی	درصد خرید داخل	ضریب رشد خرید داخل	صرفه‌جویی ارزی سالیانه	مجموع صرفه‌جویی ارزی در هر سال
1	1394	تحقیق و توسعه				
2	1395					
3	1396					
4	1397	A%*66	a%	e%	$A\%*66*a%=s11$	
5	1398	B%*66	b%	f%	$B\%*66*b%=s21$	s11
6	1399	C%*66	c%	h%	$C\%*66*c%=s31$	$s11*(1+e\%)+s21$
7	1400					$s11*(1+2e\%)+s21*(1+f\%)+s31$
8	1401					$s11*(1+3e\%)+s21*(1+2f\%)+s31*(1+h\%)$
9	1402					$s11*(1+4e\%)+s21*(1+3f\%)+s31*(1+2h\%)$
10	1403					$s11*(1+5e\%)+s21*(1+4f\%)+s31*(1+3h\%)$
11	1404					$s11*(1+6e\%)+s21*(1+5f\%)+s31*(1+4h\%)$

جدول ۲-۳۲- تعیین اهداف کلان در صرفه‌جویی ارزی

تعیین اهداف کلان در صرفه‌جویی ارزی (میلیون دلار)						
سال		بومی سازی	درصد خرید داخل	ضریب رشد خرید داخل	صرفه‌جویی ارزی سالیانه	مجموع صرفه‌جویی ارزی در هر سال
1	1394	تحقیق و توسعه				
2	1395					
3	1396					
4	1397	6.6	0.3	0.25	1.98	۰
5	1398	29.7	0.3	0.25	8.91	1.98
6	1499	66	0.3	0.25	19.8	11.385
7	1400					33.907
8	1401					41.58
9	1402					49.25
10	1403					56.92
11	1404					64.59

نمودار شکل (۱-۲) روند صرفه‌جویی ارزی تا افق ۱۴۰۴ را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲- روند صرفه‌جویی ارزی و بومی سازی تا افق ۱۴۰۴

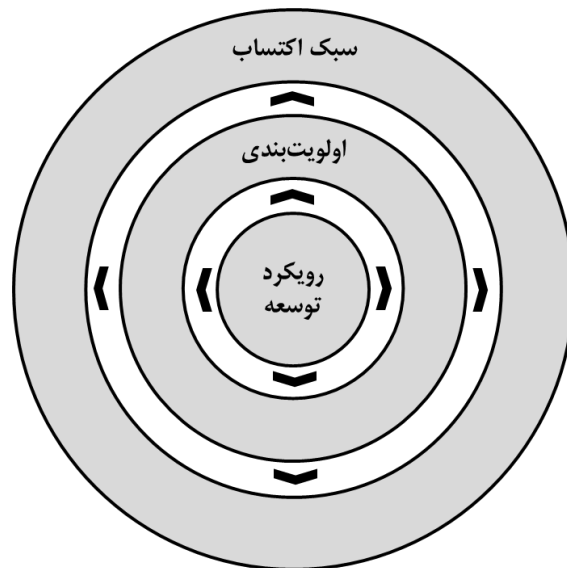
## فصل سوم

### تدوین راهبردهای توسعه فناوری

### ۳-۱- مقدمه

راهبردهای ملی فناوری در برگرفته‌ی مجموعه‌ای از جهت‌گیری‌هایی است که با معین نمودن خطوط کلی<sup>۱</sup>، از عدم قطعیت موجود در توسعه فناوری کاسته و به سوالات اساسی سیاست‌گذاران در مسیر دستیابی به اهداف کلان پاسخ می‌دهد؛ به طوری که راهبردها را می‌توان معین‌کننده مجموعه جهت‌گیری‌های اصلی برای دستیابی به اهداف دانست. این راهبردها به نحوی دستیابی به آن‌ها می‌پردازد. به عبارت دیگر، راهبرد ملی فناوری معین‌کننده چستی و چگونگی توسعه فناوری در سطح کلان است.

شکل (۳-۱) مراحل دستیابی به سبک اکتساب را نشان می‌دهد. مسیر حرکت از درون به بیرون است. پس از مشخص شدن رویکرد (شیوه) توسعه فناوری، اولویت‌بندی بین فناوری‌ها با توجه به محدودیت‌های موجود، صورت گرفته، سپس سبک اکتساب فناوری مشخص می‌شود.



شکل ۳-۱- رابطه سلسله‌مراتبی مولفه‌های راهبرد ملی فناوری

<sup>۱</sup> General guidelines

### ۳-۲- رویکرد توسعه

بسیاری از مدل‌های مطرح در مدیریت فناوری، تنها قادر به استخراج راهبرد برای بنگاه‌ها می‌باشند. اما هدف از به کارگیری مدل مورد نظر، تدوین راهبرد فناوری در سطح ملی، از جانب دولت است. بنابراین بسیاری از مدل‌های رایج، قابلیت استفاده مستقیم در این پروژه را ندارند.

در این روش، سه محور سطح بلوغ فناوری (چرخه عمر فناوری)، توانمندی ملی در حوزه‌ی فناوری (پیشرو و پیرو بودن در فناوری)، و درنهایت گستردگی حوزه‌ی فناورانه (انحصاری یا عمومی بودن فناوری) در خصوص تجهیزات ابزار دقیق، تعیین‌کننده‌ی رویکرد مناسب برای توسعه فناوری هستند. با تلفیق این محورها در مورد تجهیزات اولویت دار که پیش از این مشخص شده اند می‌توان رویکرد توسعه مناسب را در خصوص ساخت تجهیزات مورد نیاز در حوزه ابزار دقیق نیروگاهی شناسایی نمود.

### ۳-۲-۱- چرخه عمر فناوری

همان گونه که در گزارش مرحله یک پروژه، اشاره شد، فناوری‌ها یکی پس از دیگری متولد و وارد بازار می‌شوند و در نهایت برخی از آنها با ورود فناوری‌های جایگزین از رده خارج می‌گردند. در حقیقت همان‌طور که زندگی موجودات زنده از مراحل اصلی تولد، رشد، بلوغ و مرگ می‌گذرد، هر فناوری نیز این فراز و نشیب را تجربه می‌کند. این مراحل را چرخه عمر فناوری می‌نامند. این روند در مورد تجهیزات مورد نیاز نیروگاهی نیز صدق می‌کند از چرخه عمر فناوری می‌توان برای پیش‌بینی آینده فناوری و برنامه ریزی استراتژیک توسعه آن بهره گرفت. چرخه عمر فناوری‌های حوزه ابزار دقیق در گزارش مرحله یک پروژه معرفی شد در ادامه این مبحث به ارائه چرخه عمر تجهیزات شناسایی شده خواهیم پرداخت. جدول ۳-۱ نشان دهنده چرخه عمر تجهیزات فناوری‌های گزینش شده برای حوزه ابزار دقیق می‌باشد [۱].

جدول ۳-۱- چرخه عمر بکارگیری فناوری‌های ساخت تجهیزات ابزار دقیق

ردیف	نام تجهیز	چرخه عمر
1	CO, CO <sub>2</sub> , NOX, SOX Analyzer	رشد
2	Gas Calorimeter	رشد
3	Ultrasonic Flow Meter For Gas	رشد
4	Absolute Vibration Sensor	رشد
5	Special Proximity Sensor or Switch For Supervisory systems of Rotary machines ( turbine , pump , motor , ... )	رشد



ردیف	نام تجهیز	چرخه عمر
6	Rotor (Shaft) Balancer	رشد
7	Burner flame Detector	رشد
8	Industrial Temperature transmitter ( head mount , field mount , panel mount )	رشد
9	DO2 Analyzer (Dissolved Oxygen Analyzer)	رشد
10	Pressure switch ( Diaphragm Type)	رشد
11	Turbine Supervisory panel	رشد
12	Pressure & Differential Pressure Transmitter (Diaphragm Type)	رشد
13	OVAL Gear Flow meter	رشد
14	Temperature Indicator ( Dial - Gas Filled)	رشد
15	Zirconia O2 Sensor	رشد
16	Fire Detector ( for firefighting system in hazardous area )	رشد
17	Fire Fighting Control Panel ( SIL 2 or 3 )	رشد
18	Temperature Switch ( Bellows Type)	رشد
19	Thermal flow Transmitter or Switch	رشد
20	Heat Detector ( for firefighting system in hazardous area )	رشد
21	Pressure Transmitter (Diaphragm type)	رشد
22	DO2 Sensor	رشد
23	Limit or Micro Switch	رشد
24	Pressure Gauge & Pressure Indicator switch (Bourdon Type)	رشد
25	Relative Vibration Sensor	رشد
26	Online Sensor of CO , CO2 , NOX, SOX	رشد
27	Temperature Indicator Switch (Dial-Gas Filled)	رشد
28	Smoke Detector ( for firefighting system in hazardous area )	رشد
29	Oxygen Analyzer	رشد
30	Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer	رشد
31	Ultrasonic Flow Meter For Liquid	رشد

### ۳-۲-۲- توانمندی فناوریانه

توانمندی فناوریانه را می‌توان تمام توانایی‌هایی که برای انجام فعالیت‌های مرتبط با تولید یک محصول فناوریانه لازم هستند

بیان نمود. درحقیقت، درصورت وجود قابلیت فناوریانه، دو نوع قابلیت سرمایه‌گذاری فیزیکی و سرمایه انسانی در هر کشور کاملاً

بهره‌ور خواهند شد. در ماتریس تصمیم‌گیری رویکرد توسعه، هدف از ارزیابی توانمندی فناوریانه، تشخیص پیشتاز یا پیرو بودن کشور از لحاظ فناوریانه است که در این سند آنچه مد نظر می‌باشد توانمندی تولید تجهیزات اشاره شده است. با توجه به نظر پورتر درباره پیشگامی و یا پیروی فناوری، ارزیابی پیشرو یا پیرو بودن یک کشور در فناوری‌ها، با دو معیار تعریف می‌گردد.

اولین معیار، زمان توسعه فناوری است. زمان شروع توسعه یک فناوری می‌تواند معیار مناسبی برای تشخیص کشوری که هنوز پا در مسیر توسعه فناوری نگذاشته و یا در اوایل آن است، باشد. اما برای مقایسه بین دو کشور که هر دو دارای فناوری مورد نظر هستند لازم است تا برای ارزیابی فناوریانه، معیار دیگری نیز در نظر گرفته شود. در صورتی که دو کشور که از نظر زمان شروع توسعه فناوری همسان باشند، با توجه به اینکه پیشرفته‌تر بودن در حوزه فناوری موجب فروش بیشتر محصول آن فناوری می‌شود، می‌توان میزان فروش را به عنوان شاخصی برای پیشرو یا پیرو بودن آن دو کشور در نظر گرفت.

با توجه به توضیحات بالا و نظر اعضا محترم کمیته راهبری و اجماع نظر بعمل آمده، از آنجا که در حال حاضر کشور ما یکی از واردکنندگان اینگونه تجهیزات بوده و فروش و صادرات در حال حاضر بدلیل عدم تولید امکان پذیر نمی‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت از بعد توانمندی کشور در وضعیت پیروی قرار دارد، لذا می‌توان جدول (۲-۳) را برای نمایش توانمندی تجهیزات فناوری‌های مورد نظر در حوزه ابزار دقیق معرفی نمود.

جدول ۲-۳- توانمندی کشور در بکارگیری فناوری‌های ساخت تجهیزات ابزار دقیق

ردیف	نام تجهیز	توانمندی (پیشرو / پیرو)
1	CO, CO <sub>2</sub> , NOX, SOX Analyzer	پیرو
2	Gas Calorimeter	پیرو
3	Ultrasonic Flow Meter For Gas	پیرو
4	Absolute Vibration Sensor	پیرو
5	Special Proximity Sensor or Switch For Supervisory systems of Rotary machines ( turbine , pump , motor , ... )	پیرو
6	Rotor (Shaft) Balancer	پیرو
7	Burner flame Detector	پیرو
8	Industrial Temperature transmitter ( head mount , field mount , panel mount )	پیرو
9	DO <sub>2</sub> Analyzer (Dissolved Oxygen Analyzer)	پیرو
10	Pressure switch ( Diaphragm Type)	پیرو
11	Turbine Supervisory panel	پیرو
12	Pressure & Differential Pressure Transmitter (Diaphragm Type)	پیرو
13	OVAL Gear Flow meter	پیرو

ردیف	نام تجهیز	توانمندی (پیشرو / پیرو)
14	Temperature Indicator ( Dial - Gas Filled)	پیرو
15	Zirconia O2 Sensor	پیرو
16	Fire Detector ( for firefighting system in hazardous area )	پیرو
17	Fire Fighting Control Panel ( SIL 2 or 3 )	پیرو
18	Temperature Switch ( Bellows Type)	پیرو
19	Thermal flow Transmitter or Switch	پیرو
20	Heat Detector ( for firefighting system in hazardous area )	پیرو
21	Pressure Transmitter (Diaphragm type)	پیرو
22	DO2 Sensor	پیرو
23	Limit or Micro Switch	پیرو
24	Pressure Gauge & Pressure Indicator switch (Bourdon Type)	پیرو
25	Relative Vibration Sensor	پیرو
26	Online Sensor of CO , CO2 , NOX, SOX	پیرو
27	Temperature Indicator Switch (Dial-Gas Filled)	پیرو
28	Smoke Detector ( for firefighting system in hazardous area )	پیرو
29	Oxygen Analyzer	پیرو
30	Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer	پیرو
31	Ultrasonic Flow Meter For Liquid	پیرو

### ۳-۲-۳- گسترده‌ی حوزه‌ی فناوریانه

حوزه‌های فناوریانه در برگرفته‌ی دو مفهوم اصلی است:

زیرفناوری‌ها، کاربردها، و یا هر دو. در بعضی فناوری‌های راهبردی مانند توربین بادی، منظور از حوزه‌ی فناوریانه، قطعات و زیرفناوری‌های تشکیل دهنده آن است. در گونه‌ای دیگر از فناوری‌های راهبردی مانند نانو فناوری‌ها، حوزه‌های فناوریانه مشتمل بر استفاده از آن‌ها در صنایع الکترونیک، نساجی، پزشکی بوده و معنی کاربرد را به خود می‌گیرد. در نهایت، در فناوری‌های راهبردی مانند پیل سوختی، حوزه‌ی فناوریانه را باید متشکل از کاربرد و زیرفناوری (به صورت توانمان) دانست.

علیرغم اینکه تجهیزات فناوری‌های گزینش شده در حوزه ابزار دقیق در حوزه‌ها و صنایع دیگری مانند نفت، گاز، پتروشیمی و ... نیز کاربرد فراوان دارند ولی در گزارش حاضر با توجه به اینکه فناوری منجر به ساخت یک تجهیز خاص می‌شود لذا می‌توان گفت گستردگی حوزه فناوریانه مشخص می‌باشد.

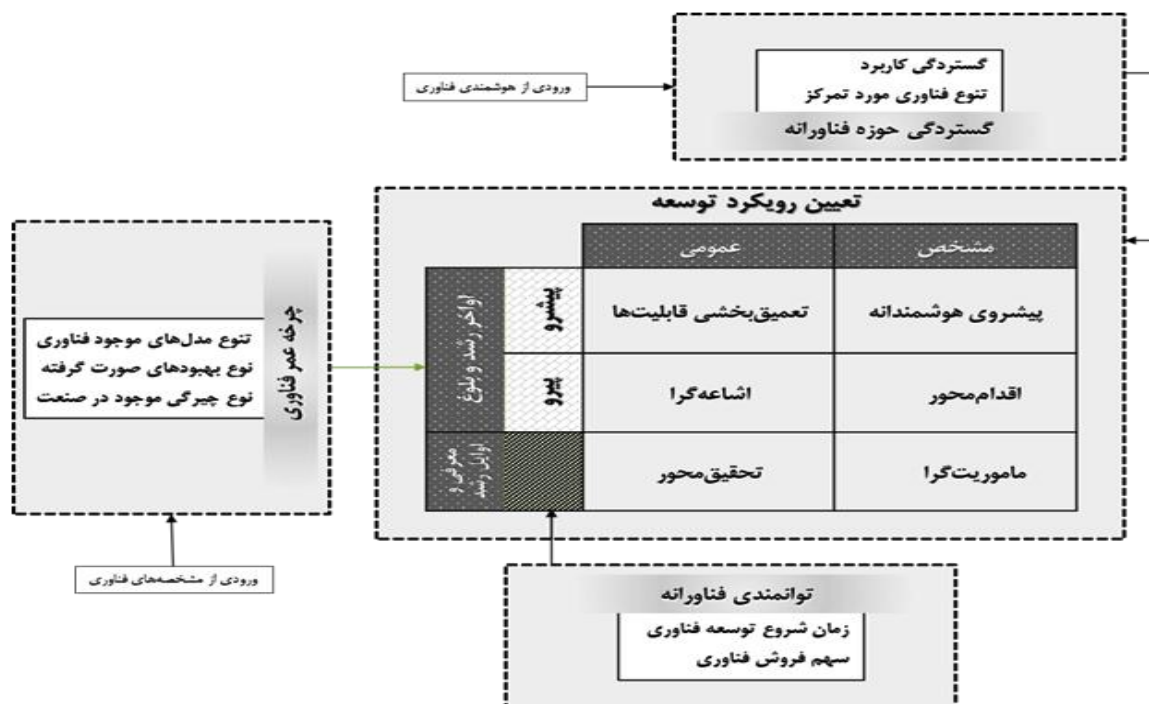
جدول ۳-۳- گستردگی بکارگیری تجهیزات ابزار دقیق

ردیف	نام تجهیز	گستردگی حوزه فناوریانه (مشخص/عمومی)
1	CO, CO <sub>2</sub> , NOX, SOX Analyzer	مشخص
2	Gas Calorimeter	مشخص
3	Ultrasonic Flow Meter For Gas	مشخص
4	Absolute Vibration Sensor	مشخص
5	Special Proximity Sensor or Switch For Supervisory systems of Rotary machines ( turbine , pump , motor , ... )	مشخص
6	Rotor (Shaft) Balancer	مشخص
7	Burner flame Detector	مشخص
8	Industrial Temperature transmitter ( head mount , field mount , panel mount )	مشخص
9	DO <sub>2</sub> Analyzer (Dissolved Oxygen Analyzer)	مشخص
10	Pressure switch ( Diaphragm Type)	مشخص
11	Turbine Supervisory panel	مشخص
12	Pressure & Differential Pressure Transmitter (Diaphragm Type)	مشخص
13	OVAL Gear Flow meter	مشخص
14	Temperature Indicator ( Dial - Gas Filled)	مشخص
15	Zirconia O <sub>2</sub> Sensor	مشخص
16	Fire Detector ( for firefighting system in hazardous area )	مشخص
17	Fire Fighting Control Panel ( SIL 2 or 3 )	مشخص
18	Temperature Switch ( Bellows Type)	مشخص
19	Thermal flow Transmitter or Switch	مشخص
20	Heat Detector ( for firefighting system in hazardous area )	مشخص
21	Pressure Transmitter (Diaphragm type)	مشخص
22	DO <sub>2</sub> Sensor	مشخص
23	Limit or Micro Switch	مشخص

ردیف	نام تجهیز	گسترده‌گی حوزه فناوریانه (مشخص/عمومی)
24	Pressure Gauge & Pressure Indicator switch (Bourdon Type)	مشخص
25	Relative Vibration Sensor	مشخص
26	Online Sensor of CO , CO2 , NOX, SOX	مشخص
27	Temperature Indicator Switch (Dial-Gas Filled)	مشخص
28	Smoke Detector ( for firefighting system in hazardous area )	مشخص
29	Oxygen Analyzer	مشخص
30	Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer	مشخص
31	Ultrasonic Flow Meter For Liquid	مشخص

### ۳-۲-۴- ماتریس تصمیم‌گیری

بر مبنای سه محور بیان شده، می‌توان یک ماتریس سه بعدی ترسیم نمود که به تصمیم‌گیری رویکرد توسعه بپردازد. در این ماتریس، شش حالت امکان پذیر است، که هر یک بیانگر یک نوع رویکرد در توسعه فناوری است. شکل (۳-۲) شش رویکرد ممکن برای توسعه فناوری تولید تجهیزات مورد نظر را نشان می‌دهد که از برخورد محورهای سه گانه تشریح شده، پدیدار شده‌اند.



## شکل ۳-۲- ماتریس تصمیم‌گیری رویکرد توسعه

جدول (۳-۴)، بر پایه ویژگی‌های تجهیزات فناوری‌های گزینش شده حوزه ابزار دقیق، رویکرد توسعه مورد نیاز را مشخص می‌کند.

## جدول ۳-۴- تصمیم‌گیری رویکرد توسعه اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاهی

ردیف	نام تجهیز	چرخه عمر	گسترده‌گی	توانمندی	رویکرد
1	CO, CO <sub>2</sub> , NOX, SOX Analyzer	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
2	Gas Calorimeter	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
3	Ultrasonic Flow Meter For Gas	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
4	Absolute Vibration Sensor	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
5	Special Proximity Sensor or Switch For Supervisory systems of Rotary machines ( turbine , pump , motor , ... )	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
6	Rotor (Shaft) Balancer	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
7	Burner flame Detector	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
8	Industrial Temperature transmitter ( head mount , field mount , panel mount )	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
9	DO <sub>2</sub> Analyzer (Dissolved Oxygen Analyzer)	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
10	Pressure switch ( Diaphragm Type)	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
11	Turbine Supervisory panel	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
12	Pressure & Differential Pressure Transmitter (Diaphragm Type)	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
13	OVAL Gear Flow meter	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
14	Temperature Indicator ( Dial - Gas Filled)	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
15	Zirconia O <sub>2</sub> Sensor	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
16	Fire Detector ( for firefighting system in hazardous area )	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
17	Fire Fighting Control Panel ( SIL 2 or 3 )	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
18	Temperature Switch ( Bellows Type)	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
19	Thermal flow Transmitter or Switch	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
20	Heat Detector ( for firefighting system in hazardous area )	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
21	Pressure Transmitter (Diaphragm type)	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
22	DO <sub>2</sub> Sensor	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
23	Limit or Micro Switch	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور

ردیف	نام تجهیز	چرخه عمر	گسترده‌گی	توانمندی	رویکرد
24	Pressure Gauge & Pressure Indicator switch (Bourdon Type)	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
25	Relative Vibration Sensor	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
26	Online Sensor of CO , CO2 , NOX, SOX	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
27	Temperature Indicator Switch (Dial-Gas Filled)	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
28	Smoke Detector ( for firefighting system in hazardous area )	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
29	Oxygen Analyzer	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
30	Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور
31	Ultrasonic Flow Meter For Liquid	رشد	مشخص	پیرو	اقدام محور

جدول (۳-۵) ویژگی‌های هریک از رویکردهای شش گانه را تشریح می‌کند.

جدول ۳-۵- مقایسه ویژگی‌های رویکردهای گوناگون به توسعه فناوری

تحقیق محور	ماموریت‌گرا	اشاعه‌گرا	اقدام‌محور	تعمیق‌بخشی قابلیت‌ها	پیشروی هوشمندانه
توسعه زیرساخت‌های دانشی و کسب قابلیت‌های علمی در نظام نوآوری	ایجاد یک صنعت بر پایه فناوری‌های کلیدی نوظهور و امید به زایش- های فناوریانه در حوزه‌های دیگر	پراکندن قابلیت فناورانه در محیط صنعت و کم کردن شکاف توانمندی‌های موجود و مرزهای فناورانه	دستیابی به فناوری در کوتاه‌ترین زمان ممکن و با بهره‌گیری از تجارب کشورهای پیشرو	پایدارسازی و عمق‌بخشی به قابلیت‌های علمی-صنعتی موجود در ساختار نظام نوآوری	حفظ پیشروی در تولید و توسعه فناوری کنونی با داشتن نگاهی آینده و گزینه- های جایگزین فناوری
زمان‌بندی ورود	پیشگامی	پیروی هوشمندانه	پیروی هوشمندانه - پیروی منفعلانه	پیشگامی	پیشگامی

ضرورت اولویت‌بندی	عدم ضرورت	اهمیت بالا	عدم ضرورت	اهمیت بالا	عدم ضرورت	اهمیت بالا
نقش دولت	حمایت بالا و مستقیم از فعالیتهای تحقیقاتی	حمایت بالا و مستقیم از فعالیتهای تحقیقاتی	حمایت غیرمستقیم از اشاعه فناوری	حمایت غیرمستقیم از اشاعه فناوری	یکپارچه‌سازی و جهت‌دهی به فعالیت‌ها	یکپارچه‌سازی و جهت‌دهی به فعالیت‌ها
ساختار نهادی محوری	دانشگاه‌ها و نهادهای تحقیقات ملی	دانشگاه‌ها و نهادهای تحقیقات ملی	هاب‌های انتشار فناوری دولتی و شرکت‌های بزرگ	شرکت‌های بزرگ، شرکت‌های کوچک و متوسط	شرکت‌های بزرگ، شرکت‌های کوچک و متوسط	شرکت‌های بزرگ، شرکت‌های کوچک و متوسط
نوع و الگوی نوآوری	-	نوآوری فرایند-تدریجی	نوآوری فرایند-تدریجی	نوآوری فرایند-تدریجی	نوآوری فرایند-تدریجی	نوآوری فرایند-تدریجی
سطح شبکه‌سازی	تعاملات میان نهادهای تحقیقاتی داخلی	تعاملات میان نهادهای تحقیقاتی داخلی	همکاری فناورانه با متحدان خارجی و تعاملات میان کنش‌گران داخلی صنعت	همکاری فناورانه با متحدان خارجی، همکاری میان نهادهای تحقیقاتی با صنعت	همکاری میان نهادهای تحقیقاتی با صنعت	همکاری میان نهادهای تحقیقاتی با صنعت
نیروهای پیشران	حمایت مالی دولتی و امید به استفاده از فناوری در آینده	حمایت مالی دولتی و امید به استفاده از فناوری در آینده	حمایت مالی دولتی، فشار فناوری، و امید به زایش‌های فناوری	حمایت مالی دولتی، فشار فناوری، و امید به زایش‌های فناوری	حمایت مالی دولتی، فشار فناوری، و امید به زایش‌های فناوری	حمایت مالی دولتی، فشار فناوری، و امید به زایش‌های فناوری
سبک اکتساب	تحقیق و توسعه داخلی/همکاری فناورانه	تحقیق و توسعه داخلی/همکاری فناورانه	همکاری فناورانه/خرید فناوری	همکاری فناورانه/خرید فناوری	تحقیق و توسعه داخلی/همکاری فناورانه	تحقیق و توسعه داخلی/همکاری فناورانه



### ۳-۲-۵- راهبرد توسعه فناوری تجهیزات ابزار دقیق نیروگاهی

همانطور که از اطلاعات بدست آمده از ماتریس تصمیم‌گیری مشخص است فناوری تجهیزات مورد مطالعه دارای حوزه فناوریانه مشخص بوده و تمامی تجهیزات در دوره رشد قرار گرفته اند. از طرفی کشور ما در تولید تجهیزات یاد شده در وضعیت پیروی قرار داشته و در حال حاضر اکثر تجهیزات وارد کشور می‌شوند. به عبارت دیگر، کشور مصرف کننده آنها می‌باشد. لذا می‌توان نتیجه‌گیری کرد راهبردی که برای توسعه فناوری تجهیزات اولویت دار در نظر گرفته شده است، راهبرد اقدام محور می‌باشد. از طرفی تجهیزات برگزیده برای بومی سازی، دارای ویژگی‌های زیر می‌باشند:

➤ ارزش افزوده بالا در صورت ساخت داخل در مقایسه با خرید فناوری و یا مشارکت خارجی

➤ بازار غیر جذاب برای مشارکین خارجی به دلیل حجم کم مصرف از نگاه بیرونی

➤ نبود نگاه و توجه مناسب مدیران پیشین برای سرمایه گذاری و خودکفایی ساخت تجهیزات ابزار دقیق با وجود توان

مناسب بومی سازی در کشور

با توجه به موارد اشاره شده، و با انجام گفتگو و رایزنی با اعضای کمیته راهبری پروژه، و همچنین بر پایه بیانیه چشم انداز، راهبرد توسعه درون زا برای کسب دانش فنی ساخت تجهیزات مورد نظر، برگزیده شد.

## نتیجه‌گیری

در این گزارش بخش‌های گوناگون ارکان جهت‌ساز که نخستین گام در تصمیم‌گیری‌های راهبردی برای دستیابی به اهداف فناورانه است، معرفی گردید.


در همین راستا به بررسی چشم‌انداز، تعیین اهداف کلان و تدوین راهبرد به عنوان خطوط هدایت‌کننده پرداخته شد. در مرحله‌ی تدوین چشم‌انداز، اسناد بالادستی، امکانات داخلی و الگوبرداری از سایر کشورها بررسی، و در نهایت چشم‌انداز اولیه تدوین شد. این چشم‌انداز می‌تواند با بررسی بیشتر در گام‌های بعدی پروژه، ویرایش شود.

در بخش تعیین اهداف کلان نیاز است تا چشم‌انداز تدوین شده، به صورت کمی نیز تشریح شود. بنابراین نیازهای نیروگاهی از منظر دستگاه‌های ابزار دقیق مصرفی مورد واکاوی قرار گرفت. بر همین پایه، برای این دستگاه‌ها، عدد شایستگی تعریف شد تا معیاری برای رده‌بندی آن‌ها جهت گزینش برای برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری باشد. پس از رده‌بندی تجهیزات، نمودار بومی‌سازی (صرفه‌جویی ارزی) طی ۱۰ سال آینده استخراج شد. در پایان نیز، با توجه به اطلاعات به دست آمده از انجام گام‌های یکم و دوم پروژه و همچنین نتایجی که در این گزارش به دست آمد، رویکرد مناسب جهت رسیدن به اهداف کلان، رویکرد اقدام محور تشخیص داده شد.

در گزارش گام چهارم پروژه، بر پایه دستاوردهای گزارش کنونی، اقدامات و سیاست‌های مورد نیاز برای دستیابی به اهداف کلان و چشم‌انداز مورد نظر، شناسایی خواهند شد.

## پیوست شماره‌ی یک

### نشست نامه‌ها

تاریخ: ۹۳/۴/۳۰		شماره: ۱		پیوست:			
<p>موضوع نشست: نشست آغازین کمیته راهبری پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها</p>		<p>گروه: الکترونیک، کنترل و ابزار دقیق</p>					
<p>موضوع جلسه</p>		<p>MQF03-0</p>					
<p>حاضران: آقایان مهندس اسکویی، دکتر افشار، مهندس امینی، مهندس خسروی، مهندس فتحی، مهندس فرهادی، مهندس فرحناکیان، مهندس مرجانمهر، دکتر منتظری، دکتر مهاجرزاده، مهندس نریمانی و خانم مهندس اشرفی</p>							
<p>غایبان:</p>		<p>آغاز: ۱۱:۳۰      پایان: ۱۳:۳۰</p>					
<p><b>دستور نشست:</b> آشنایی ابتدایی اعضای کمیته، طرح‌های کلان پژوهشگاه نیرو، پروژه‌های تدوین نقشه راه، متدلوژی انجام پروژه‌ها، تعیین چهارچوب مطالعات</p>							
ردیف	موضوعات مطرح شده	اقدام / پیگیری	سررسید	نتیجه / تاریخ			
۱	ابتدا آقای مهندس امینی، دبیر کمیته راهبری، در رابطه با اهداف تعریف و اجرای پروژه‌ی " تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها " توضیحاتی ارائه کردند، سپس اعضای محترم کمیته راهبری معرفی شدند.						
۲	در ادامه آقای مهندس مرجانمهر، قائم مقام ریاست و معاون محترم پژوهشی پژوهشگاه نیرو، درباره اهداف تشکیل کمیته‌های راهبری و همچنین برگزاری این نوع نشست‌ها بیان نمودند که برای رشد و پیشرفت در حوزه فناوری‌های مورد نظر، و همچنین رفع نیازهای صنعت برق کشور، لازم است فعالیت‌های سازمان‌یافته‌ای در راستای شناسایی طرح‌ها و پروژه‌های اجرایی اولویت‌دار با به کارگیری توان و ظرفیت‌های حداکثری دانشگاهی و صنعتی کشور انجام گیرد. با توجه به جایگاه و ظرفیت‌های مناسب پژوهشگاه نیرو، مسئولیت انجام این کار از طرف وزارت نیرو به پژوهشگاه نیرو سپرده شده است. ایشان همچنین تاکید نمودند که در اجرای پروژه‌های شناسایی شده از ظرفیت‌های فراوان دانشگاهی و شرکت‌های دانش بنیان کشور استفاده خواهد شد.						
۳	آقای مهندس فرهادی، جانشین محترم معاون پژوهشی، توضیحاتی در قالب پاورپوینت شامل موارد زیر ارائه نمودند:						

		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ انواع گوناگون نیازهای تحقیقاتی صنعت برق کشور</li> <li>○ ویژگی‌های تحقیقات میان مدت و طولانی مدت صنعت برق</li> <li>○ طراحی فرآیند اصلی مدیریت پژوهش</li> <li>○ چگونگی تعیین عناوین طرح‌های کلان و راهبردی</li> </ul> <p>همچنین ایشان بیان نمودند که برای شناسایی طرح‌های کلان و پروژه‌های وابسته، و همچنین تدوین اسناد راهبردی و نقشه راه صنعت برق کشور نیاز است یک متدولوژی مشخص و آزمایش شده به کار گرفته شود.</p>	
	۴	<p>آقای مهندس خسروی، مشاور محترم متدولوژی پروژه، در خصوص مراحل اصلی اجرای پروژه و چگونگی تهیه اسناد راهبردی و نقشه راه توضیحاتی را در قالب فایل پاورپوینت ارائه نمودند.</p>	
	۵	<p>در ارائه دیگری، آقای مهندس امینی علت اصلی انتخاب موضوع اندازه‌گیری پیشرفته (ابزار دقیق) نیروگاه‌ها به عنوان یکی از طرح‌های کلان مورد نظر وزارت نیرو را وابستگی بسیار بالای این بخش به خارج کشور عنوان کردند.</p> <p>با وجود پیشرفت‌های فراوان و خودکفایی در بسیاری از حوزه‌های صنعت برق کشور، بیشتر دستگاه‌های ابزار دقیق مورد نیاز نیروگاه‌ها، از خارج کشور تهیه می‌شود. بنابراین نیاز است در قالب پروژه‌های تدوین نقشه راه و سند راهبردی، نیازهای اولویت دار این حوزه نیز شناسایی شود.</p> <p>در همین راستا گام‌های اساسی مورد نیاز برای شناخت وضعیت موجود، اولویت‌بندی نیازها و در نهایت برنامه ریزی اجرای طرح‌ها و پروژه‌ها معرفی شد. همچنین به صورت کوتاه، به سهم نیروگاه‌های گوناگون در تولید برق کشور و بهره‌گیری از این موضوع برای تعیین چهارچوب مطالعاتی پروژه اشاره و از اعضای محترم کمیته راهبری درخواست شد که نظرات خود را در این خصوص ارائه نمایند.</p>	
	۶	<p>آقای دکتر مهاجرزاده، استاد محترم دانشگاه تهران پرسش‌هایی را در خصوص اعتبارات طرح‌های وزارت نیرو، تضمین اجرای بهینه نتایج پروژه تدوین سند راهبردی، پوشش فراگیر فناوری‌های وابسته، و همچنین دوری از ارائه ارقام و آمار غیر واقعی در انتهای کار مطرح نمودند.</p> <p>آقای مهندس مرجانمهر در پاسخ اشاره نمودند که در گام نخست، پروژه‌های تدوین نقشه راه اجرا خواهد شد که</p>	

			<p>نیاز به اعتبارات کلان ندارد. در گزارش‌های خروجی این پروژه‌ها، اعتبارات مورد نیاز انجام طرح‌ها تخمین زده می‌شود، و بر اساس اولویت‌های وزارت نیرو، پروژه‌ها و طرح‌ها اجرا خواهند شد. همچنین عنوان شد هدایت بهینه اجرای پروژه تدوین سند راهبردی وظیفه اصلی کمیته راهبری می‌باشد، و تصمیمات کمیته می‌تواند راهگشای مشکلات اشاره شده باشد.</p>			<p>آقای دکتر منتظری، استاد محترم دانشگاه صنعت آب و برق، مطالب زیر را مطرح نمودند:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- دلایل انتخاب متدلوژی</li> <li>- پروژه‌های مشابهی که چنین الگویی را استفاده کرده‌اند</li> <li>- مرزبندی بین پروژه‌های تدوین سند راهبردی مانند محور ابزار دقیق و کنترل</li> <li>- ارزیابی‌های اقتصادی مورد نیاز برای انجام طرح‌ها</li> <li>- اولویت بالای نیروگاه‌های سیکل ترکیبی برای آغاز مطالعات با توجه به سهم در تولید برق سال ۹۲</li> </ul> <p>که در پاسخ موارد زیر بیان شد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- چند نمونه سند راهبردی از جمله سند راهبردی یاد که مجری آن وزارت نیرو می‌باشد، پیش از این با متدلوژی مورد نظر تهیه شده است.</li> <li>- در حین انجام پروژه، در صورتیکه ناحیه‌های مشترک کاری با کمیته‌های راهبردی طرح‌های کلان دیگر مشاهده شود، هم اندیشی لازم بین کمیته‌ها صورت خواهد گرفت.</li> <li>- ارزیابی اقتصادی در گام‌های واپسین پروژه جاری انجام خواهد شد.</li> <li>- درباره اولویت انتخاب نوع نیروگاه برای آغاز بررسی‌ها در نشست بعدی و با توجه به نظر اعضای کمیته تصمیم‌گیری خواهد شد.</li> </ul>			<p>آقای دکتر افشار، استاد محترم و مدیر کل دفتر فناوری و ارتباط با صنعت دانشگاه امیرکبیر، مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- زمان‌بندی انجام پروژه</li> <li>- مسئولیت‌های حقوقی اعضای کمیته راهبری</li> <li>- برون سپاری برخی فعالیت‌های پروژه</li> </ul>

			<p>که در پاسخ موارد زیر بیان شد</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- پروژه مورد نظر دارای مستندات مشخصی است که اطلاعات مورد نظر، از جمله زمان پروژه را در بر می‌گیرد. این مستند برای اعضای کمیته ارسال خواهد شد.</li> <li>- اعضای محترم کمیته نقش هدایتی و مشورتی در پروژه ایفا می‌کنند و هیچ گونه مسئولیت حقوقی متوجه آن‌ها نخواهد شد.</li> <li>- بخشی از فعالیت‌های اجرایی و فنی پروژه در گام شناخت وضعیت موجود به همکاران نیروگاهی برون سپاری خواهد شد.</li> </ul>	
			<p>آقای مهندس فرحناکیان، مدیر کل دفتر امور تحقیقات و فناوری شرکت توانیر، در خصوص اهمیت پروژه‌های تدوین سند راهبردی و نقشه راه اشاره نمودند که وجود نقشه راه برای اولویت‌بندی پروژه‌های اجرایی امری ضروری است و تدوین سند و نقشه راه کمک شایانی در پیشبرد اهداف وزارت نیرو دارد. همچنین اشاره نمودند که محور ابزار دقیق و پروژه جاری، در میان طرح‌های وزارت نیرو از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.</p> <p>ایشان پیشنهاد نمودند که گستره پروژه فراتر از نیروگاه‌ها بوده و بررسی‌ها و مطالعات، موضوع اندازه‌گیری پیشرفته در تمام حوزه‌های صنعت برق را در بر گیرد. در همین راستا مقرر شد درباره این موضوع نیز در نشست آینده تصمیم‌گیری شود.</p>	۹
			<p>آقای مهندس نریمانی، رئیس محترم ابزار دقیق نیروگاه شهید منتظری اصفهان نیز بیان نمودند که این پروژه به دلیل دارا بودن نگاه فراگیر و همچنین وجود اراده راسخ برای یکپارچه‌سازی فعالیت‌های پراکنده پژوهشی جاری، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین ایشان به اهمیت صحت اطلاعات ورودی به کمیته راهبری جهت تصمیم‌گیری‌ها اشاره نمودند. اطلاعات ورودی نادرست می‌تواند تصمیم‌گیری‌های نامناسب کمیته را در پی داشته باشد.</p>	۱۰
			<p>در نهایت مقرر شد، صورتجلسه نشست جاری، اطلاعات و مستندات پروژه، گزارش مرحله نخست پروژه، پرسش‌های کلیدی مشخص کننده چهارچوب پروژه و همچنین دستور کار نشست آینده کمیته، از طریق ایمیل برای اعضای محترم کمیته راهبری ارسال و پاسخ‌های مربوطه، برای طرح در نشست آینده دریافت شود. تاریخ برگزاری نشست آینده با هماهنگی اعضای محترم کمیته تعیین خواهد شد.</p>	۱۱
<p><b>دستور نشست آینده:</b> پس از دریافت نظرات اعضای محترم کمیته مشخص خواهد شد.</p>				



نام و امضای حاضران نشست:



تاریخ: ۹۳/۷/۲۹		شماره: ۲		پیوست:			
<b>موضوع نشست:</b> نشست دوم کمیته راهبری پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها		<b>گروه:</b> الکترونیک، کنترل و ابزار دقیق		<b>صور تجلسه</b> MQF03-0			
<b>حاضران:</b> آقایان دکتر افشار، دکتر مهاجرزاده، مهندس امینی، مهندس خانزاده، مهندس کاغذچی، و خانم‌ها مهندس اشرفی، مهندس علایی، مهندس مرتضایی، مهندس یاوری							
<b>غایبان:</b> آقایان مهندس اسکویی، مهندس فرحناکیان، دکتر منتظری، مهندس نریمانی		<b>آغاز:</b> ۸:۰۰ <b>پایان:</b> ۱۰:۱۵		<b>دستور نشست:</b> معرفی گام‌های متدلوژی اجرای پروژه و ارائه گزارش فعالیت‌های مراحل اول و دوم			
ردیف	موضوعات مطرح شده	اقدام / پیگیری	سررسید	نتیجه / تاریخ			
۱	ابتدا آقای مهندس امینی، در رابطه با برنامه نشست توضیحاتی ارائه کردند، سپس اعضای محترم گروه مشاور پیاده‌سازی متدلوژی پروژه معرفی شدند.						
۲	آقای مهندس کاغذچی، سرپرست تیم مشاورین متدلوژی پروژه، توضیحاتی در قالب پاورپوینت شامل موارد زیر ارائه نمودند: ○ مراحل اصلی متدلوژی تدوین اسناد ملی ○ شیوه‌ی اجرای مراحل جهت تدوین نقشه راه ○ متدولوژی پیشبرد پروژه در فاز ۱ و ۲ که شامل شناخت، الویت‌بندی و آینده‌پژوهی می‌باشد.						
۳	آقای مهندس امینی توضیحاتی در قالب پاورپوینت شامل موارد زیر ارائه نمودند: ○ فعالیت‌های انجام شده فنی پروژه در مراحل اول و دوم ○ اهمیت استراتژیک و دلایل نیاز به بومی‌سازی و منافع اجتماعی - اقتصادی حاصل از بومی‌سازی ○ بازیگران کلیدی کشور در اجرای نقشه راه ○ جمع‌بندی پاسخ‌های اعضای کمیته به منظور تعیین چهارچوب کار						

			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ جدول حسگرها</li> <li>○ درخت فناوری پایه</li> <li>○ دوره عمر فناوری</li> <li>○ امکانات کشور در ارتباط با فناوری های شناسایی شده</li> <li>○ رده بندی فناوری ها</li> <li>○ آینده پژوهی فناوری‌های منتخب</li> </ul> <p>که در طول زمان ارائه، در رابطه با هر یک از بندها با اعضای محترم کمیته بحث و تبادل نظر به عمل آمد.</p>	
			<p>آقای دکتر افشار، مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- با توجه به اینکه جدول حسگرهای ارائه شده درصد بالایی از حسگرهای حوزه ابزار دقیق صنعت برق را پوشش می‌دهد، با محدوده فعلی پروژه (تدوین سند راهبردی و نقشه راه اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه ها) و همچنین انتخاب نیروگاه های گازی، بخاری و سیکل ترکیبی به عنوان محدوده هدف ویرایش جاری سند راهبردی موافقت نمودند.</li> <li>- در رابطه با افق زمانی برای انجام پروژه ها، پیشنهاد نمودند که افق ۱۴۰۴ در نظر گرفته شود.</li> <li>- با توجه به فهرست بازیگران کلیدی معرفی شده، بهتر است یک نفر از هر گروه در جلسات راهبردی حضور داشته باشند.</li> <li>- درخت فناوری ارائه شده به صورت چند بعدی یا ماتریسی تهیه شود تا ارتباط بین حسگرها و فناوری ها بهتر نمایان شود.</li> <li>- جهت الویت بندی فناوری ها بهتر است که مطالب تهیه شده برای ذینفعان ارسال شود و با توجه به تخصص آن ها امتیاز دهی شود تا در نهایت به جمع بندی کامل تری برسیم.</li> <li>- در انتخاب فناوری های الویت دار باید شرایط کشور (نقاط قوت، ضعف، تحریم ها و ...) در نظر گرفته شود.</li> <li>- پس از انتخاب فناوری های الویت دار با دفتر معاونت فناوری ریاست جمهوری هماهنگ شود تا از موازی کاری های احتمالی جلوگیری به عمل آید.</li> </ul>	۴

			<p>آقای دکتر مهاجرزاده مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- با محدوده فعلی پروژه (تدوین سند راهبردی و نقشه راه اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها) و همچنین انتخاب نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به عنوان محدوده هدف ویرایش جاری سند راهبردی موافقت نمودند.</li> <li>- بیان نمودند که برخی از فناوری‌های بیان شده با یکدیگر ادغام شده و در قالب یک فناوری عنوان شوند (مانند ادغام فناوری‌های MOEMS, MEMS).</li> <li>- عنوان نمودند که فناوری‌های معرفی شده در درخت فناوری در برخی موارد دارای ابهام می‌باشد. برای نمونه فناوری‌های PIZO و MEMS دو شاخه از درخت فناوری در نظر گرفته شده اند ولی در MEMS از فناوری PIZO نیز استفاده می‌شود.</li> <li>- پیشنهاد نمودند که در خصوص درخت فناوری بازنگری انجام شود تا دارای یکپارچگی و جامعیت باشد.</li> </ul>	۵
			<p>در نهایت مقرر شد، صورتجلسه نشست جاری، اطلاعات و مستندات پروژه، گزارش مرحله نخست پروژه و همچنین دستور کار نشست آینده کمیته، از طریق ایمیل برای اعضای محترم کمیته راهبری ارسال و پاسخ‌های مربوطه، برای طرح در نشست آینده دریافت شود. تاریخ برگزاری نشست آینده با هماهنگی اعضای محترم کمیته تعیین خواهد شد.</p>	۶
			<p><b>دستور نشست آینده:</b> پس از دریافت نظرات اعضای محترم کمیته مشخص خواهد شد.</p>	
			<p><b>نام و امضای حاضران نشست:</b></p>	

تاریخ: ۹۳/۱۰/۱۶ شماره: ۳ پیوست: -		صور تجلسه MQF03-0			
گروه: الکترونیک، کنترل و ابزار دقیق		موضوع نشست: نشست سوم کمیته راهبری پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها			
حاضران: آقایان دکتر افشار، دکتر منتظری، دکتر لطیفی، مهندس فرحناکیان، مهندس نریمانی، مهندس امینی، مهندس خانزاده، مهندس فیض و خانم‌ها مهندس اشرفی، مهندس علایی، مهندس یاوری					
آغاز: ۸:۳۰ پایان: ۱۰:۴۵		غایبان: آقای دکتر مهاجرزاده			
دستور نشست: ارائه گزارش فعالیت‌های فازهای اول، دوم و سوم پروژه و رایزنی درباره خروجی‌های کلیدی فازها					
ردیف	موضوعات مطرح شده	اقدام / پیگیری	سررسید	نتیجه / تاریخ	
۱	ابتدا آقای مهندس امینی، در رابطه با برنامه نشست توضیحاتی ارائه کردند، سپس آقای دکتر لطیفی به عنوان عضو جدید کمیته راهبری و خبره فناوری‌های اپتیک و اپتوالکترونیک معرفی شدند. در ادامه نیز با مرور کوتاه فعالیت‌های فازهای یکم (مبانی سند) و دوم پروژه (هوشمندی فناوری) که در نشست پیشین (۹۳/۷/۲۹) ارائه شده بود، فعالیت‌های انجام گرفته در فاز سوم پروژه (ارکان جهت ساز) در قالب فایل پاورپوینت و به شرح زیر ارائه شد: <b>فاز یکم: مبانی سند</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ چرایی انجام پروژه از منظرهای اقتصادی و اجتماعی</li> <li>○ چهار چوب فعالیت‌های پروژه</li> <li>○ بازیگران کلیدی طرح</li> </ul> <b>فاز دوم: هوشمندی فناوری (رصد و برنامه ریزی هوشمندانه فناوری‌ها)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ تجهیزات ابزار دقیق و فناوری‌های مربوطه</li> <li>○ درخت تجهیز - فناوری</li> <li>○ درخت فناوری - تجهیز</li> <li>○ دوره عمر فناوری‌ها</li> <li>○ آینده پژوهی (بررسی محصولات و پروژه‌های شرکت‌ها و مراکز پژوهشی خارجی مرتبط با فناوری‌ها)</li> <li>○ رده‌بندی فناوری‌های حوزه ابزار دقیق بر پایه مدل جذابیت و امکان‌سنجی</li> </ul> <b>فاز سوم: ارکان جهت ساز</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ تدوین چشم‌انداز سند راهبردی</li> <li>○ تعیین اهداف کلان سند راهبردی</li> </ul>				

			<p>○ راهبرد های توسعه فناوری های برگزیده حوزه ابزار دقیق</p> <p>همچنین آقای مهندس فیض، سرپرست تیم مشاورین متدلوژی پروژه، توضیحات تکمیلی راه، در رابطه با تعیین راهبرد اصلی برای دستیابی به اهداف کلان سند راهبردی ارائه نمودند.</p>	
			<p>آقای دکتر منتظری، مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- با توجه به مطالب بیان شده در رابطه با توجیه اقتصادی انجام پروژه، نیاز است تا علاوه بر آمار مصرف تعمیر و نگهداری سالانه تجهیزات ابزار دقیق نیروگاه ها، به آمار تجهیزات ابزار دقیق احداث سالانه نیروگاه های جدید و همچنین آمار مصرف کل کشور نیز اشاره شود تا توجیه اقتصادی بهتری در سند راهبردی درج گردد.</li> <li>تیم پروژه : آمار مصرف تجهیزات ابزار دقیق نیروگاه های سالانه در دست احداث، به گزارش افزوده خواهد شد. آمار مصرف کل کشور نیز، بر پایه گزارش سالیانه گمرک، در گزارش فاز یکم ارائه شده است.</li> <li>- پرداختن به حسگرهای ابزار دقیق با تمام فناوری های ممکن، در گزارش مرحله دوم ضرورت ندارد و کافی است تنها به معرفی حسگرها و فناوری های موجود که در نیروگاه ها، هم اکنون به کار گرفته می شوند اشاره شود.</li> <li>تیم پروژه : تمام حسگرهای معرفی شده، هم اکنون در بخش های گوناگون نیروگاه های حرارتی به</li> </ul>	۲

کار گرفته می‌شوند، ولی به دلیل همسو شدن با حرکت جهانی در فناوری‌های ابزار دقیق و وجود امکان منسوخ شدن فناوری‌های کنونی، نیاز بوده است تا تمام فناوری‌های این حوزه شناسایی و گزارش شوند.

- با توجه به فهرست بازیگران کلیدی معرفی شده، بهتر است چرایی و چگونگی درگیر شدن بازیگران کلیدی نیز بررسی و در گزارش عنوان شود.

تیم پروژه : این نکته درست است. بر پایه متدولوژی به کار گرفته شده در پروژه، به این موضوع در فاز چهارم پروژه (اقدامات و سیاست‌ها) پرداخته خواهد شد تا نقش هر یک از بازیگران کلیدی در سند راهبردی تعیین شود.

- بر اساس درخت فناوری و جدول جذابیت و امکان‌پذیری دو فناوری Optic و Microelectronic انتخاب شده اند ولی از آنجایی که این فناوری‌ها در تجهیزات کنونی ابزار دقیق نیروگاه‌های ایران سهم کمی را دارا می‌باشند نیاز است در انتخاب فناوری‌های اولویت‌دار تجدید نظر شود.

تیم پروژه : با توجه به اینکه در فاز پنجم پروژه (برنامه ریزی عملیاتی پروژه‌ها) نیاز است تا درباره تجهیزات مورد نظر برای ساخت داخل تصمیم‌گیری، برنامه ریزی و تخمین اعتبار شود، همان گونه که اشاره شد نباید تنها به فناوری‌های تجهیزات ابزار دقیق کنونی نیروگاه‌ها بسنده کرد، زیرا ممکن است فناوری‌های آن‌ها منسوخ شده، سرمایه‌گذاری سال‌های آینده، ثمر بخش نباشد و محصولات تولید شده با فناوری‌های کنونی، دیگر خواهان نداشته باشند. با این وجود نیاز است تا امکان جایگزینی فناوری‌های موجود با فناوری‌های آینده دار، با دقت بیشتری صورت گیرد. در برخی موارد استفاده از فناوری‌های جدید، به دلیل حساسیت موضوع، قیمت تمام شده و یا دیگر شرایط خاص، امکان پذیر نمی‌باشد.

- اهداف کلان معرفی شده در گزارش مرحله سوم پروژه، بر پایه تخمین مصرف سالیانه کاربرد تعمیرات و نگهداری نیروگاه‌ها تهیه شده و میزان مصرف نیروگاه‌های در دست احداث آورده نشده است. نیاز است تا گزارش اصلاح شود.

تیم پروژه : اصلاحات مورد نظر انجام خواهد شد.

آقای دکتر افشار، مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:

- پیشنهاد نمودند که از فردی آشنا و متخصص در زمینه مدیریت فناوری، مانند دکتر آراستی برای پیاده سازی بهتر متدولوژی پروژه یاری گرفته شود.

تیم پروژه : هم اکنون، تیم متخصص مدیریت فناوری (شرکت روشمند)، با نظارت مشاور عالی پژوهشگاه در زمینه مدیریت فناوری (تیم آقای دکتر باقری مقدم) در این خصوص با تیم پروژه همکاری دارند.

- از آنجایی که تجهیزات ابزاردقیق، نیاز کل کشور است، تدوین سند راهبردی و نقشه راه ابزاردقیق نیروگاه ماموریت وزارت نیرو نیست.

تیم پروژه : این نکته درست است ولی تاکید مدیران ارشد وزارت نیرو انجام پروژه‌های نقشه راه و سند راهبردی طرح‌های مورد نظر، در حوزه وزارت نیرو بوده است. همچنین انجام بررسی‌های

مناسب در تمام صنایع وابسته مانند: نفت و گاز و پتروشیمی و ... نیاز به تعریف پروژه با اندازه زمانی و مالی بیشتری دارد. با این وجود می‌توان بیان نمود که با توجه به مشترک بودن بسیاری از تجهیزات ابزار دقیق نیروگاه‌ها با تجهیزات ابزار دقیق دیگر صنایع، سند راهبردی مناسبی در پایان پروژه تدوین شود.

- در تقسیم‌بندی حسگرها بر اساس فناوری باید رنج عملکردی در نظر گرفته شود.

تیم پروژه : موضوع بیان شده درست است. هنگام بررسی و امکان‌سنجی جایگزینی فناوری‌های کنونی با فناوری‌های جدید در ساخت تجهیزات، این نکته در نظر گرفته خواهد شد.

- محدوده‌ی این پروژه بسیار وسیع است لذا باید هوشمندانه به آن پرداخته شود بعنوان مثال در یک سازمان درون کشوری، یک پروژه مشخص برای تهیه سند راهبری و نقشه راه تنها یکی از تجهیزات ابزار دقیق (فلومتر گاز با فناوری آلتراسونیک با کاربرد مصارف خانگی) در نظر گرفته شده است.

تیم پروژه : موضوع اشاره شده مورد تایید است. با توجه به گستردگی تجهیزات و فناوری‌های حوزه ابزار دقیق، نیاز است تا در فاز پنجم پروژه این موضوع با دقت بیشتری بررسی شود.

- معیارهای انتخاب عدد شایستگی باید سند معتبری داشته باشد.

تیم پروژه : در این باره اصلاحات لازم صورت خواهد گرفت.

- موضوع ابزار دقیق تنها به بخش حسگرها خلاصه نمی‌شود بلکه مدارات جانبی آن نیز باید در نظر گرفته شود. بهتر است به جای حسگرها، ترانس‌میترها که شامل حسگر مربوطه نیز می‌شود، در نظر گرفته شود.

تیم پروژه : در تعریف پروژه‌ها در فاز پنجم پروژه این موضوع در نظر گرفته خواهد شد. اما نکته دارای اهمیت این است که عموماً چالش اصلی ساخت ترانس‌میترها بخش حسگر آن‌ها می‌باشد و بخش‌های دیگر شامل تبدیل، اکتساب و انتقال داده حسگر و پردازش‌های مورد نیاز دارای چالش فنی نمی‌باشند. هنگام تعریف پروژه ساخت، باید ملاحظات مربوطه شامل استانداردها، دقت و ... به عنوان Spec محصول در نظر گرفته شود.

- متدولوژی بکار رفته در آینده پژوهی مشخص نیست و دارای ابهام است.

تیم پروژه : روش‌های آینده پژوهی عموماً زمان‌بر و پرهزینه هستند و با توجه به زمان و مبلغ پروژه نمی‌توان به تفصیل به آن‌ها پرداخت. با توجه به گستردگی کار (تعداد تجهیزات و فناوری‌ها) بهترین شیوه، اخذ نظر خبرگان (اعضای کمیته راهبری) می‌باشد که نزدیک به روش دلفی است. به منظور تسهیل اعلام نظر خبرگان، تیم پروژه بررسی‌هایی در زمینه محصولات، برنامه شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی و همچنین مقالات ژورنال‌ها و کنفرانس‌ها انجام داده است.

آقای مهندس فرحناکیان مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:

- آیا فناوری‌هایی در دنیا وجود دارد که در مرحله جنینی و پروردگی قرار دارند ولی در این گزارش به آن‌ها پرداخته شده باشد؟

تیم پروژه : بررسی‌های انجام شده بر پایه شناخت محصولات شرکت‌ها و همچنین با مطالعه مقالات

			<p>و ژورنال‌های موجود (بیش از ۲۰۰ مرجع) صورت گرفته است. در برخی موارد فناوری‌های معرفی شده هنوز به ساخت محصول تجاری منجر نشده است.</p> <p>- این نکته در نظر گرفته شود که هدف اصلی تدوین سند، ساخت تجهیزات مورد نیاز نیروگاه در داخل کشور و رسوب دانش فنی در کشور باشد.</p> <p>تیم پروژه: بر پایه گام‌های متدلوژی، راهبرد انتخاب شده برای کسب دانش فنی، "اشاعه گرا" برگزیده شده است. در این راهبرد نیز بر کسب دانش فنی با استفاده از ظرفیت‌های موجود کشور و با راهبردی نهاد‌های دولتی تأکید شده است.</p>
			<p>آقای دکتر لطیفی مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</p> <p>- در رابطه با بررسی توان داخلی کشور از لحاظ جایگاه علمی در فناوری‌های پیشنهاد نمودند که مقالات شبیه‌سازی با مقالات ساخت، تمیز داده شود تا شناسایی توان افراد متخصص در کشور که منجر به توان داخلی کشور خواهد شد، به واقعیت نزدیک‌تر شود.</p> <p>تیم پروژه: شیوه انجام پروژه‌ها و شناسایی مجریان احتمالی در فاز چهارم پروژه با دقت بیشتری بررسی خواهد شد. یکی از روش‌های شناسایی مجریان پر توان، می‌تواند انجام فراخوان و درخواست رزومه متقاضیان شامل پژوهش‌ها و مقالات آنها باشد.</p> <p>- نقش دانشگاه در بیانیه استراتژی توسعه فناوری دیده نشده است.</p> <p>تیم پروژه: اصلاحات لازم صورت خواهد گرفت.</p> <p>- به دلیل گستردگی طرح نیاز است تا با سازمان‌ها و صنایع دیگر مانند معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری برای تأمین اعتبار طرح گفتگو شود.</p> <p>تیم پروژه: در فاز چهارم پروژه، بازیگران و تسهیل‌گران طرح با دقت بیشتری بررسی می‌شوند. این موضوع نیز بررسی خواهد شد.</p> <p>- فناوری‌های Optic که در حسگرها استفاده می‌شوند در دنیا به سرعت در حال رشد هستند، به طوری که دستیابی کشور به دانش ساخت این حسگرها در افق زمانی نزدیک امکان‌پذیر بوده و این حسگرها با توجه نوع کاربرد می‌توانند جایگزین حسگرهای قدیمی شوند.</p> <p>تیم پروژه: رویکرد انجام پروژه نیز بر همین پایه بوده است. اما با توجه به نظر دیگر اعضای ارجمند کمیته راهبری، همان‌گونه که پیشتر نیز بیان شد، درباره هر تجهیز نیاز است، بررسی‌ها و امکان‌سنجی‌های لازم برای جایگزینی فناوری‌های کنونی با فناوری‌های جدید صورت گیرد.</p>
			<p>آقای مهندس نریمانی مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</p> <p>- در سال‌های اخیر، دستگاه‌های اندازه‌گیری خلوص اکسیژن در آب مورد استفاده در نیروگاه‌ها، که بر پایه فناوری‌های الکتروشیمیایی ساخته می‌شوند، با دستگاه‌هایی که بر پایه فناوری‌های نوری ساخته می‌شوند، جایگزین شده و در نیروگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابراین به کارگیری فناوری‌های جدید در ساخت تجهیزات امکان‌پذیر و رو به رشد است.</p> <p>تیم پروژه: رویکرد تیم پروژه نیز بر همین پایه بوده است، ولی همان‌گونه که اشاره شد، باید</p>



			ملاحظات لازم برای هر دستگاه در نظر شود.
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- تاریخ برگزاری نشست آینده با هماهنگی اعضای محترم کمیته تعیین و اعلام خواهد شد.</li> <li>- گزارش های اصلاح شده برای اعضای محترم کمیته ارسال خواهد شد.</li> </ul>
<p><b>دستورنشست آینده:</b> - اعلام نظر اعضای محترم کمیته راهبری در خصوص کفایت رایزنی ها، درباره فعالیت های فازهای یکم تا سوم پروژه با توجه به اصلاحات اعمال شده در گزارش های مربوطه</p> <p>- ارائه گزارش فعالیت های فاز چهارم پروژه و انجام رایزنی های لازم</p>			
نام و امضای حاضران نشست:			

تاریخ: ۹۳/۱۲/۱۰ شماره: ۴ پیوست: -		<b>چکیده‌ی گفتگوها</b> MQF03-0			
<b>موضوع نشست:</b> کمیته راهبری پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها		<b>گروه:</b> الکترونیک، کنترل و ابزار دقیق			
<b>حاضران:</b> آقایان دکتر لطیفی، مهندس فرحناکیان، مهندس نریمانی، مهندس امینی، مهندس خانزاده، مهندس فیض و خانم‌ها مهندس اشرفی، مهندس علایی و مهندس یآوری					
<b>غایبان:</b> آقایان دکتر مهاجرزاده، دکتر افشار و دکتر منتظری		آغاز: ۱۶:۰۰      پایان: ۱۸:۰۰			
<b>دستورنشت:</b> مرور فعالیت‌های گام‌های یکم تا سوم پروژه، رایزنی درباره گام‌های چهارم و پنجم پروژه					
ردیف	موضوعات مطرح شده	اقدام / پیگیری	سررسید	نتیجه / تاریخ	
۱	<p>ابتدا توسط مدیر پروژه، در رابطه با برنامه نشست توضیحاتی ارائه شد. در ادامه نیز با مرور کوتاه فعالیت‌های فازهای یکم (مبانی سند)، دوم پروژه (هوشمندی فناوری) و سوم پروژه (تدوین ارکان جهت‌ساز) که در نشست پیشین (۹۳/۱۰/۱۶) ارائه شده بود، فعالیت‌های انجام گرفته در فاز چهارم پروژه (تدوین برنامه اقدامات و سیاست‌ها) معرفی شد. فهرست مطالب بیان شده عبارتند از:</p> <p>فاز یکم: مبانی سند</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ چرایی انجام پروژه از منظرهای اقتصادی و اجتماعی</li> <li>○ چهار چوب فعالیت‌های پروژه</li> </ul> <p>فاز دوم: هوشمندی فناوری (رصد و برنامه‌ریزی هوشمندانه فناوری‌ها)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ تجهیزات ابزار دقیق و فناوری‌های مربوطه</li> <li>○ درخت تجهیز- فناوری</li> <li>○ درخت فناوری- تجهیز</li> <li>○ دوره عمر فناوری‌ها</li> <li>○ آینده پژوهی (بررسی محصولات و پروژه‌های شرکت‌ها و مراکز پژوهشی خارجی مرتبط با فناوری‌ها)</li> <li>○ رده‌بندی فناوری‌های حوزه ابزار دقیق بر پایه مدل جذابیت و امکان‌سنجی</li> </ul> <p>فاز سوم: ارکان جهت ساز</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ تدوین چشم‌انداز سند راهبردی</li> <li>○ تعیین اهداف کلان سند راهبردی</li> <li>○ راهبردهای توسعه فناوری‌های برگزیده حوزه ابزار دقیق</li> </ul> <p>فاز چهارم: تدوین برنامه اقدامات و سیاست‌ها</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه</li> </ul>				

			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ سیاست‌ها و اقدامات</li> <li>○ وظایف بازیگران کلیدی</li> </ul> <p>همچنین در رابطه با ویرایش‌های انجام شده در گزارش‌های پیشین، به شرح زیر توضیحاتی ارائه شد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ افزودن آمار مصرف تجهیزات ابزار دقیق نیروگاه‌های سالانه در دست احداث به گزارش</li> <li>○ بررسی امکان‌پذیری استفاده از فناوری‌های فوتونیک و میکروالکترونیک در طراحی و ساخت تجهیزات ابزار دقیق نیروگاهی با توجه به محل بکارگیری و حساسیت کاربرد.</li> <li>○ تجهیزاتی که امکان جایگزینی با فناوری‌های نوین را ندارند.</li> <li>○ تجهیزاتی که با استفاده از فناوری‌های نوین ساخته می‌شوند، اما به دلیل حساسیت بالای محل بکارگیری امکان جایگزینی وجود ندارد.</li> <li>○ تجهیزاتی که با استفاده از فناوری‌های نوین ساخته می‌شوند، اما از لحاظ اقتصادی قابلیت رقابت با محصولات موجود در نیروگاه را ندارند.</li> <li>○ تجهیزاتی که با استفاده از فناوری‌های نوین ساخته می‌شوند و هم‌اکنون در نیروگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند.</li> <li>○ تجهیزاتی که با استفاده از فناوری‌های نوین ساخته می‌شوند و امکان جایگزینی آن‌ها نیز وجود دارد.</li> </ul>
			<p><b>آقای دکتر لطیفی، مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ در گزارش اصلاحات زیر انجام شود.</li> <li>- در متن سند و معرفی اعضای کمیته راهبری نام دانشگاه شهید عباسپور با دانشگاه شهید بهشتی جایگزین شود، زیرا دانشگاه شهید عباسپور، هم‌اکنون یکی از پردیس‌های دانشگاه شهید بهشتی می‌باشد.</li> <li>- واژه اپتیک به المان‌های passive اشاره دارد، بهتر است از واژه فوتونیک به جای اپتیک استفاده شود که چهارچوب گسترده‌تری را در بر می‌گیرد.</li> <li>- با توجه به اینکه در بررسی دوره عمر فناوری‌ها، فناوری electromagnetic در دوره بلوغ و نزدیک به افول معرفی شده است، ولی این فناوری در حوزه میکروالکترونیک در حال رشد می‌باشد، برای شفاف نمودن موضوع در درخت فناوری به جای electromagnetic از electromagnetic device استفاده شود.</li> <li>- در گام چهارم پروژه و در بخش سیاست‌ها و اقدامات، بیان شده است که در فراخوان انجام پروژه‌ها از دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان دعوت شود. بهتر است "شرکت‌های دانش‌بنیان" با "شرکت‌های ذیصلاح" جایگزین شود تا محدودیت غیر منطقی ایجاد نشود.</li> <li>- در دسته بندی فناوری پروژه‌ها، در برخی موارد ابهام وجود دارد. برای نمونه فناوری دستگاه Temperature Switch، بر پایه عملکرد، مکانیکی معرفی شده است ولی ممکن است فناوری با اهمیت‌تر در آن "مواد" باشد. در این گونه موارد لازم است، توضیحی به گزارش (اسناد پشتیبان)</li> </ul>

		<p>افزوده شده و رفع ابهام شود. این موضوع هنگام دریافت رزومه شرکت ها و گزینش آن ها دارای اهمیت است.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ بیانیه چشم انداز بهتر است، رسمی تر و امروزی تر شود. واژه های به کار رفته در متن بیانیه، مناسب نیستند.</li> <li>○ ایجاد آزمایشگاه‌های پژوهشی در دانشگاه‌ها، به منظور افزایش بسترهای پژوهشی و تربیت نسل های ماهر دانشجویی، در سیاست های سند در نظر گرفته شود.</li> <li>○ در بهای معرفی شده برای دستگاه های ابزار دقیق، افزایش های مقطعی به دلیل تحریم یا موارد مشابه در نظر گرفته شده و به خواننده سند یادآور شود.</li> </ul>	
		<p><b>آقای مهندس فرحناکیان مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ارائه پیشنهاد برای بیانیه جدید چشم انداز که با رایزنی اعضای کمیته به شرح زیر نهایی شد.</li> </ul> <p><b>"کسب و انباشت دانش طراحی و ساخت تجهیزات اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاهی و توسعه بومی سازی محصولات فناورانه"</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ در متن سند و گزارش ها، عبارت "طراحی و ساخت" جایگزین واژه "ساخت" شود که بیانگر تاکید بر کسب و انباشت دانش فنی و فناوری می باشد.</li> <li>○ معاونت تحقیقات و منابع انسانی تدوین گر سیاست‌های صنعت برق می باشد و شرکت های مادر تخصصی مسئولیت اجرای سیاست ها و تامین منابع را به عهده دارند. این موضوع در گزارش ها و سند باید اصلاح شود.</li> <li>○ در بخش تدوین سیاست ها، افزون بر آزمایشگاه های پژوهشی، ایجاد آزمایشگاه‌های مرجع جهت انجام آزمون های صنعتی و صدور تاییدیه ها نیز در نظر گرفته شود.</li> </ul>	۳
		<p><b>آقای مهندس نریمانی مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- پارامتری در محاسبه‌ی عدد شایستگی اعمال شود تا دستگاه‌هایی که نیاز فوری نیروگاه هستند، در الویت قرار گیرند.</li> <li>- ارائه توضیحات لازم در پاسخ به دیگر اعضای کمیته در خصوص چگونگی انتخاب و رده بندی دستگاه های گزینش شده برای طراحی و ساخت</li> </ul>	۴
		<p><b>در پایان :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- بنا شد ویرایش های مورد نظر اعضای کمیته در گزارش ها انجام و گزارش‌های جدید برای اعضای کمیته ارسال شود.</li> <li>- کلیات فعالیت ها و گزارش های گام های یکم تا چهارم پروژه مورد تایید اعضای کمیته قرار گرفت. ویرایش های احتمالی آینده در سند راهبردی صورت خواهد گرفت.</li> <li>- بنا شد در نشست آینده درباره بخش بندی پروژه ها، زمان، بودجه، مجریان و چگونگی انجام آن ها گفتگو شود.</li> </ul>	

- |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
|--|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- آقای دکتر لطیفی تاکید نمودند، بهتر است در نشست های آینده، تمامی اعضای کمیته حضور داشته باشند تا هم اندیشی بهتری درباره موضوعات صورت بگیرد.</li> <li>- تاریخ و زمان برگزاری نشست آینده با توافق اعضای کمیته حاضر، ساعت ۱۶:۳۰ روز یکشنبه ۹۳/۱۲/۱۷ تعیین شد. در این خصوص هماهنگی ها و اطلاع رسانی مورد نیاز انجام خواهد شد.</li> </ul> |  |
|--|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

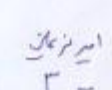



دستورنشست آینده: تعریف پروژه ها و چگونگی تدوین نقشه راه انجام پروژه ها

تاریخ: ۹۳/۱۲/۱۷		چکیده‌ی گفتگوها		
شماره: ۵				
پیوست: -		MQF03-0		
نام گروه: ابزار دقیق		موضوع نشست: کمیته راهبری پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها		
حاضران: آقایان دکتر لطیفی، مهندس فرحناکیان، مهندس نریمانی، مهندس امینی، مهندس خانزاده و خانم‌ها مهندس اشرفی و مهندس یوری				
آغاز: ۱۶:۳۰		پایان: ۱۸:۳۰		غایبان: آقایان دکتر دکتر افشار، دکتر مهاجرزاده و دکتر منتظری
دستورنشت: دسته بندی پروژه ها و گام های اجرایی پیشنهادی				
ردیف	موضوعات مطرح شده	اقدام / پیگیری	سررسید	نتیجه / تاریخ
۱	<p>ابتدا توسط مدیر پروژه، در رابطه با برنامه نشست توضیحاتی ارائه، سپس مطالب زیر ارائه گردید:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ مروری بر فازهای اجرایی پروژه بر پایه متدولوژی برگزیده</li> <li>○ دسته بندی پروژه ها و گام های اجرایی پیشنهادی</li> <li>○ پروژه های دارای TRL (Traditional Readiness Level) پایین (در مرحله تحقیق اولیه) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ پروژه های POC (اثبات وجود توانایی انجام پروژه)</li> <li>▪ پروژه های تولید محصول نیمه صنعتی (شامل آزمون ها)</li> <li>▪ پروژه های تولید محصول صنعتی</li> </ul> </li> <li>○ پروژه های دارای TRL بالا (نمونه آزمایشگاهی موجود است) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ پروژه های تولید محصول نیمه صنعتی (شامل آزمون ها)</li> <li>▪ پروژه های تولید محصول صنعتی</li> </ul> </li> <li>○ پروژه های زیرساخت <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ پروژه فاز صفر (شناسایی مکان، تجهیزات و ... آزمایشگاه های مورد نیاز)</li> <li>▪ پروژه ایجاد و تجهیز آزمایشگاه ها</li> </ul> </li> </ul>			

			<p>○ پروژه‌های سیاست‌گذاری</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ پروژه ایجاد کمیته‌های فنی، اعتباری، تسهیلات و...</li> </ul> <p>○ مجریان پیشنهادی پروژه‌ها</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ پروژه‌های POC (دانشگاه‌ها - پژوهشگاه نیرو - شرکت‌ها)</li> <li>▪ پروژه‌های تولید محصول نیمه‌صنعتی (پژوهشگاه نیرو - شرکت‌ها)</li> <li>▪ پروژه‌های تولید محصول صنعتی (شرکت‌ها)</li> <li>▪ پروژه فاز صفر آزمایشگاه‌ها (پژوهشگاه نیرو)</li> <li>▪ پروژه ایجاد و تجهیز آزمایشگاه‌ها (پژوهشگاه نیرو - شرکت‌ها)</li> <li>▪ پروژه‌های سیاست‌گذاری (پژوهشگاه نیرو)</li> </ul> <p>○ ساز و کار برآورد زمان و هزینه انجام پروژه‌ها</p>
			<p><b>آقای دکتر لطیفی :</b></p> <p>○ در گام‌های اجرایی پروژه‌ها با TRL پایین، پس از انجام پروژه‌های POC تولید محصول نیمه‌صنعتی پیشنهاد شده است. به نظر می‌رسد قبل از تولید محصول نیمه‌صنعتی، نمونه‌ی آزمایشگاهی آن ساخته شود.</p> <p>پاسخ تیم پروژه : آزموده‌های پژوهشگاه نشان می‌دهد، در صورتیکه در فاز طراحی نمونه آزمایشگاهی، ملاحظات آزمون‌های صنعتی در نظر گرفته نشود، در تولید نمونه نیمه‌صنعتی با دوباره‌کاری‌های فراوانی روبرو خواهیم بود. بنابراین بهتر است با تاکید بر آزمون‌ها و استانداردهای دستگاه‌ها، از ابتدا طراحی و ساخت یک دستگاه نیمه‌صنعتی مد نظر قرار گیرد.</p> <p>○ اطلاعات لازم درباره عملکرد، ویژگی‌ها و در صورت امکان بلوک دیاگرام طراحی هر کدام از دستگاه‌ها در یک صفحه تهیه و برای اعضای کمیته فرستاده شود تا بتوان ارزیابی مناسبی از زمان و هزینه‌ی انجام پروژه‌ها به دست آورد.</p>
			<p><b>آقای مهندس فرحناکیان :</b></p> <p>○ در بخش مجریان پیشنهادی پروژه‌ها، عبارت "مراکز پژوهشی" جایگزین عبارت "پژوهشگاه نیرو" شود.</p>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ به مجریان پروژه فاز صفر آزمایشگاه‌ها، دانشگاه‌ها و شرکت‌ها نیز اضافه شوند.</li> <li>○ در گزارش‌ها و ارائه‌های پروژه، شرکت مادر تخصصی توانیر به عنوان تامین‌کننده اعتبارات و منابع پروژه و معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو به عنوان تدوین‌گر سیاست‌ها معرفی شوند.</li> </ul>	
			<p style="text-align: right;"><b>آقای مهندس نریمانی :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ در رابطه TRL پروژه‌ها، رایزنی‌های بیشتری با ایشان صورت گیرد تا دسته‌بندی پروژه‌ها به صورت مناسب‌تری نهایی شود.</li> </ul>	۴
<b>دستورنشت آینده: برآورد زمان و هزینه پروژه‌ها</b>				



شماره: ۳ تاریخ: ۱۰/۱۲/۹۳ پوست:		صور جلسه	شماره: ۳ تاریخ: ۱۰/۱۲/۹۳ پوست:
موضوع جلسه: تهیه راهبردی پروژه "توسعه سامانه‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها"		موضوعات مطرح شده	
ردیف	موضوعات مطرح شده	ادامه دیگری	سورسید
۱	طیبات فعالیت‌ها و گزارشات مراحل اول تا انجام پروژه مورد تأیید اعضای کمیته قرار گرفت		
۲	مقررات ابلاغیه‌ها اصلاحی آن در سند جامع پروژه اعمال شود.		
۳	موضوعات استنادی در مورد تقسیم‌بندی پروژه انجام شود. بحث در زمینه‌ها در سطح صورتی تهیه راهبردی انجام خواهد شد.		
۴	مقررات شرکت تدوین به عنوان تأمین کننده منابع و مطابقت تحقیقات منابع انسانی به عنوان تدوین گریستار معین شود.		
دستور جلسه بعد:			
نام و اعضای حاضران جلسه:			
<p>      </p>			

## پیوست شماره‌ی دو

### پیشنهاد همکار نیروگاهی

به نام خدا

بررسی نتایج گزارش فصل سوم

علاوه بر مطالبی که اساتید محترم در جلسه ۱۶ / ۱۰ / ۹۳ فرمودند و قابل توجه می باشد موارد زیر را نیز به عرض می رسانم :

### ( ۱ ) جدول ۲ - ۲۱ « رده بندی تجهیزات بر اساس عدد شایستگی »

می توان ادعا نمود جمع بندی بخش مهمی از گزارش ها و نتایج در این جدول خلاصه شده. شاخص های این جدول بر اساس مطالب برخی ستون های جداول بخش ۲ - ۲ - ۴ ( ویژگی های ابزار دقیق ... ) در نظر گرفته شده است. از آن جمله ستون « ساخت داخل » ، ستون « بهای تقریبی » و ...

از آنجا که مندرجات این جدول در نتیجه و تصمیم گیری بسیار موثر است لذا ارزش تجدید نظر و محاسبه مجدد شاخص ها در مواردی دارد ، از جمله :

۱- ۱) در ستون « سابقه ساخت داخل » در مقابل برخی تجهیزات ، عبارت های : محدود ، برخی مدل ها ، ناتمام ، قبلا داشته ، تداوم نیافته ، غیر صنعتی ... به کار رفته که نشان می دهد سابقه ساخت داخل آنها صفر نیست. لذا پیشنهاد می گردد امتیاز این پارامتر در جدول ۲ - ۲۱ برای اینگونه موارد ، صفر یا یک در نظر گرفته نشود و از اعداد میانی استفاده شود. زیرا فن آوری بیگانه نیست و نسبت به آن شناخت وجود دارد. کارهای تکمیلی یا توسعه ای باید روی آنها انجام داد.

۱ - ۲) قیمت برخی پارامترها در ستون « بهای تقریبی » متغیر است. مثلا سنسوری که مدل ها و کاربردهای متفاوتی ان قیمت متفاوت دارد پیشنهاد می شود قیمت میانگین در نظر گرفته شود. مثلا ۵۰۰ تا ۳۰۰۰ را ۱۵۰۰ دلار در نظر بگیریم. زیرا عدد مصرفی که در آن ضرب می شود اگر برای گرانیقیمت ترین یا ارزان ترین محاسبه شود اشتباه است و از هر کدام به تعدادی در نیروگاه استفاده شده است.

۱ - ۳) پارامتر یا امتیاز « پیچیدگی فن آوری » برای همه یکسان نیست و فرض در نظر گرفته شده را می توان تغییر داد. زیرا برای همه تجهیزات لازم نیست فن آوری آنها را تغییر داد.

مثلا بر حسب پیچیدگی ضریب های ۰/۲۵ یا ۰/۵ یا ۰/۷۵ یا ۱ می توان در نظر گرفت.

۱ - ۴) امتیاز مصرف سالیانه فقط برای قطعه یدکی است. در حالی که موارد جدید در حال نصب یا در حال خرید یا نیروگاه های در حال احداث یا در برنامه برای احداث را هم اگر اضافه نمائیم شاید شاخص تغییر کند. پیشنهاد می شود موارد مصرفی

شامل دو دسته « قطعات یدکی » و « درصدی از تجهیزات نصب شده که معادل افزایش سالیانه ظرفیت نیروگاه‌ها باشد » مجموعاً در نظر گرفته شود.

## ۲) محاسبه صرفه جوئی حاصل از ساخت داخل

۱- ۲) پیشنهاد می‌گردد برای محاسبه صرفه جوئی یک بخش جداگانه باز شود و از ذیل جدول ۲ - ۲۱ خارج شود. چون صرفه جوئی ناشی از قطعه یدکی به تنهایی جالب توجه نیست.

۲- ۲) پیشنهاد می‌شود صرفه جوئی برای یک دوره ۱۰ ساله محاسبه شود. زیرا دوره کاربرد پروژه نیز ۱۰ سال ابراز شده است.

۳- ۳) مجدداً پیشنهاد می‌شود مصرف دو دسته « قطعات یدکی » و « درصدی از تجهیزات نصب شده که معادل افزایش سالیانه ظرفیت نیروگاه‌ها باشد » مجموعاً در محاسبه صرفه جوئی در نظر گرفته شود.

## ۳) در نظر گرفتن سایر پارامترها به جز صرفه جوئی

فقط با محاسبه صرفه جوئی در صورت ساخت داخل نمی‌توان به صرفه بودن تولید داخل را نتیجه‌گیری نمود. بلکه پارامترهای مهمتری مانند سرمایه‌گذاری اولیه، دوره بازگشت سرمایه، فرگیری محصول در سایر صنایع، قابل دستیابی بودن فن‌آوری و ... قابل طرح است. احتمالاً این موضوع به مراحل بعدی پروژه مربوط باشد.

## مراجع

- [۱] گزارش مرحله‌ی اول " تدوین سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها " پژوهشگاه نیرو ۱۳۹۳.
- [۲] گزارش مرحله‌ی دوم " تدوین سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها " پژوهشگاه نیرو ۱۳۹۳.
- [۳] "نقد پیش نویس سند راهبرد ملی توسعه‌ی فناوری میکروالکترونیک"، مرکز پژوهش‌های صنعت الکترونیک کشور وابسته به شبکه تحلیلگران تکنولوژی کشور، دی ماه ۱۳۸۸.
- [۴] " نقشه جامع علمی کشور"، دبیرخانه شورای عالی انقلاب فرهنگی، معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، وزارت آموزش و پرورش، مجلس شورای اسلامی، خردادماه ۱۳۹۰.
- [۵] "سند بالاسری صنعت برق کشور"، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۹۲.
- [۶] "طرح تدوین سند چشم‌انداز و برنامه‌ی راهبردی بلندمدت وزارت نیرو"، ۱۳۸۹.

[7] [www.sharif.ir](http://www.sharif.ir)

[8] <http://ut.ac.ir/>

[9] <http://www.modares.ac.ir>

[10] [www.aut.ac.ir](http://www.aut.ac.ir)

[11] <http://www.iust.ac.ir>

[12] <http://www.kntu.ac.ir>

[13] [www.urmia.ac.ir/microelectroniccenter](http://www.urmia.ac.ir/microelectroniccenter)

[14] <http://riapa.tabrizu.ac.ir/fa/contents/Introduction>

[15] <http://jdsharif.com>

[16] <http://sbu.ac.ir>

[17] <http://www.sutech.ac.ir>

[18] [www.srttu.edu](http://www.srttu.edu)

[19] <http://www.merdcir.ir/default-1.aspx>

[20] <http://inlc.ir>

- [21] [www.aeoi.org.ir](http://www.aeoi.org.ir)
- [22] <http://azhineh.ir/site>
- [23] [www.iranlabexpo.ir](http://www.iranlabexpo.ir)
- [24] <http://www.pvd.ir/fa>
- [25] <http://www.samanetajhiz.com>
- [26] <http://www.pulseniru.com>
- [27] [www.iranlabexpo.ir](http://www.iranlabexpo.ir)
- [28] [www.sanjesh.org](http://www.sanjesh.org)
- [29] <http://mod.ir/content>
- [30] <http://emadsemicon.com>
- [31] <http://www.tmsc.ir>
- [32] <http://www.ieis.ir/fa-SearchProfile-2.html>
- [33] [www.scimagojr.com](http://www.scimagojr.com)
- [34] [www.sri.com/work/projects/national-technology-roadmap-integration-saudi-arabia](http://www.sri.com/work/projects/national-technology-roadmap-integration-saudi-arabia)
- [35] [www.vision1404.ir/fa](http://www.vision1404.ir/fa)
- [36] [www.theodora.com](http://www.theodora.com)
- [37] [www.Invest.gov.tr](http://www.Invest.gov.tr)
- [38] <http://www.irica.gov.ir>
- [39] <http://ayaronline.ir/1393/07/84703.html>

[۴۰] عاطفه قاسمیان "عملکرد ایران در استفاده از ظرفیت تجاری کشورهای همسایه"، اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران، خرداد ۱۳۹۳.

- [41] [www.economist.com](http://www.economist.com)
- [42] [www.iati.co.il](http://www.iati.co.il)
- [43] <http://www.hamafza.ir>
- [44] [www.semi.org](http://www.semi.org)
- [45] Saaty T, L, and Vargas. (1987). Uncertainty and rank ordering in the analytic Hierarchy Process, European Journal of Operational Research, Vol 32.

## فهرست مطالب

- ۱- مقدمه ..... ۱
- ۲- نظام نوآوری فناورانه ..... ۲
- ۱-۲- تعریف نظام نوآوری ..... ۲
- ۲-۲- نگاه ساختاری به نظام‌های فناورانه نوآوری ..... ۳
- ۱-۲-۲- بازیگران ..... ۴
- ۲-۲-۲- نهادها ..... ۴
- ۳-۲-۲- فناوری‌ها ..... ۵
- ۴-۲-۲- روابط و شبکه‌ها ..... ۵
- ۳-۲- نگاه فرایندی به نظام‌های نوآوری فناورانه ..... ۶
- ۴-۲- بازیگران، سیاست‌ها، اقدامات ..... ۷
- ۱-۴-۲- بازیگران ..... ۷
- ۲-۴-۲- شیوه تدوین سیاست‌ها و اقدامات ..... ۸
- ۳-۴-۲- چالش‌ها و سیاست‌های توسعه تجهیزات ابزار دقیق نیروگاهی ..... ۹
- ۵-۲- کسب و توسعه دانش ..... ۱۱
- ۶-۲- انتشار دانش ..... ۱۲
- ۷-۲- کارآفرینی ..... ۱۵
- ۸-۲- بازار سازی ..... ۱۶
- ۹-۲- جهت‌دهی ..... ۱۹
- ۱۰-۲- مشروعیت بخشی ..... ۲۰
- ۱۱-۲- تامین منابع ..... ۲۲
- ۳- اقدامات فنی ..... ۲۵
- ۴- نتیجه‌گیری ..... ۲۸



پیوست شماره‌ی یک : نشست نامه‌ها ..... ۲۹

مراجع ..... ۳۵



### فهرست شکل‌ها

- شکل ۱- مدل مفهومی نظام نوآوری فناورانه ..... ۲
- شکل ۲- کارکردهای نظام نوآوری فناورانه ..... ۶
- شکل ۳- محورهای اصلی مورد بررسی اجزای سیاست‌گذاری توسعه فناوری ..... ۷

## فهرست جدول‌ها

- جدول ۱- بازیگران مرتبط با توسعه فناوری‌های تجهیزات ابزار دقیق نیروگاهی..... ۸
- جدول ۲- چالش‌ها و سیاست‌های توسعه تجهیزات ابزار دقیق بر اساس کارکردهای نظام نوآوری فناورانه..... ۹
- جدول ۳- وظایف بازیگران برای کارکرد کسب و توسعه دانش..... ۱۲
- جدول ۴- وظایف بازیگران برای کارکرد انتشار دانش..... ۱۴
- جدول ۵- وظایف بازیگران برای کارکرد کارآفرینی..... ۱۶
- جدول ۶- وظایف بازیگران برای کارکرد بازار سازی..... ۱۸
- جدول ۷- وظایف بازیگران برای کارکرد جهت دهی..... ۲۰
- جدول ۸- وظایف بازیگران برای کارکرد مشروعیت بخشی..... ۲۱
- جدول ۹- وظایف بازیگران برای کارکرد تامین منابع..... ۲۴
- جدول ۱۰- پروژه‌های طرح سدا(حسگرهای سوخت دود احتراق)..... ۲۵
- جدول ۱۱- پروژه‌های طرح مکا (حسگرهای پارامتر مکانیکی)..... ۲۵
- جدول ۱۲- پروژه‌های طرح فلو (حسگرهای فلومتر)..... ۲۶
- جدول ۱۳- پروژه‌های طرح حفا (حسگرهای حفاظت و نشتی گاز)..... ۲۶
- جدول ۱۴- پروژه‌های طرح شیم (حسگرهای شیمیایی آب)..... ۲۶
- جدول ۱۵- پروژه‌های طرح دماسنج..... ۲۶
- جدول ۱۶- پروژه‌های طرح فشارسنج..... ۲۷

## ۱- مقدمه

پس از بحث و بررسی در خصوص چرایی لزوم تهیه سند راهبردی "سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته (ابزار دقیق) در نیروگاه‌ها"، با پرداختن به منظرهای اقتصادی و اجتماعی موضوع و همچنین مشخص نمودن چهارچوب سند در گزارش مرحله یکم پروژه [۱]، تجهیزات ابزار دقیق نیروگاهی و فناوری‌های مربوطه در گزارش مرحله دوم، شناسایی و رده‌بندی کلی فناوری‌ها بر پایه سنج‌های جذابیت و امکان‌سنجی صورت گرفت [۲]. در گزارش مرحله سوم پروژه نیز چشم‌انداز و اهداف کلان سند تعیین شد. راهبرد اصلی توسعه فناوری‌ها نیز راهبرد توسعه درون‌زا برگزیده شد. همچنین تجهیزات مورد نظر برای بومی‌سازی بر پایه واکاوی‌های اقتصادی انجام شده رده‌بندی شدند، و به دلیل عدم امکان به کارگیری فناوری‌های برگزیده (اپتیک و میکرو الکترونیک) در برخی کاربردهای نیروگاهی، دوباره برای هریک از تجهیزات مورد نظر، فناوری مناسب برای طراحی و ساخت برگزیده شد [۳].

در این مرحله از پروژه به سیاست‌ها و اقداماتی پرداخته خواهد شد که بستر مناسب برای دستیابی به اهداف سند را هموار می‌کند. چگونگی دستیابی به فناوری‌های مورد نظر و نشر دانش مربوطه، بازاریابی، مشروعیت بخشی و جهت‌دهی بازار برای به کارگیری محصولات بومی‌سازی شده، کارآفرینی و تامین منابع برای انجام پروژه‌های سند راهبردی از موضوعات اصلی این مرحله از پروژه می‌باشند. همچنین نقش و وظایف بازیگران موضوع با جزئیات بیشتر بررسی و برای همسوسازی عملکرد آن‌ها برنامه‌ریزی خواهد شد. حرکت همسوی بازیگران می‌تواند شبکه‌ای یکپارچه و کارآمد را برای دستیابی به اهداف سند ایجاد نماید.

در ادامه و بر پایه متدلوژی به کار گرفته شده برای انجام پروژه، در این گزارش پس از بیان چالش‌های پیش رو و سیاست‌های (راهکارهای) مورد نیاز برای رفع آنها، کارکردهایی مطرح و به آن‌ها پرداخته خواهد شد. هر یک از این کارکردها موفقیت آمیز بودن برنامه‌های سند را از منظری ویژه مورد بررسی قرار می‌دهد و نقش و اقدامات بازیگران گوناگون سند را مشخص می‌کند. در واقع این کارکردها به چگونگی برپایی یک نظام نوآوری فناورانه (Technological Innovation System) با بیان سیاست‌ها و اقدامات مورد نیاز می‌پردازد [۴]. در این گزارش، همچنین وظایف بازیگران سند بر پایه کارکردها و سیاست‌ها ارائه شده است.

## ۲- نظام نوآوری فناورانه

هدف نظام نوآوری فناورانه، تحقق اهداف فرآیند نوآوری است. این اهداف شامل دستیابی، انتشار و بهره‌برداری از دانش فناوری است که در قالب توسعه‌ی فناورانه، به ظهور می‌رسد.

دسته‌های مختلف فعالیت‌هایی که بر توسعه‌ی فناوری اثر می‌گذارند، کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نام می‌گیرد. کارکردها، فرایندهایی هستند که وجود آن‌ها در شکل‌گیری یک نظام نوآوری فناورانه ضروری است. هر یک از این کارکردها، می‌تواند از طریق فعالیت‌های گوناگون برآورده شوند. در راستای شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه برای یک فناوری، ۷ کارکرد گوناگون باید برآورده گردد. از طرفی، این کارکردها بر یکدیگر اثرگذار هستند و می‌توانند منجر به تقویت و یا تضعیف یکدیگر شوند. همچنین می‌توانند دارای هم پوشانی و فعالیت‌های یکسان در برخی موارد باشند.

### ۲-۱- تعریف نظام نوآوری

طبق تعریف برخی از محققان که بر نظام‌های فناورانه نوآوری تمرکز کرده‌اند، نظیر Stankiewicz و Carlsson (۱۹۹۱) نظام نوآورانه عبارت است از:

«شبکه‌ای پویا از عاملان که در یک ناحیه‌ی اقتصادی/صنعتی تحت زیر ساخت‌های نهادی خاص با یکدیگر در تعامل بوده و در تولید، انتشار و بهره‌برداری از فناوری سهیم هستند»



شکل ۱- مدل مفهومی نظام نوآوری فناورانه

مدل مفهومی نظام نوآوری فناورانه در شکل ۱ نشان داده شده است.

نقطه‌ی آغاز تحلیل یک نظام فناورانه نوآوری بر یک منطقه جغرافیایی یا بخش صنعتی متمرکز نیست، بلکه بر یک فناوری یا یک زمینه فناورانه متمرکز است. رویکرد نظام نوآوری فناورانه دارای مشخصه‌های عمومی رویکردهای نظام نوآوری است. با این وجود، دو مشخصه، این رویکرد را از رویکردهای دیگر متمایز می‌سازد. اولین مشخصه، تأکید رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر نقش شایستگی اقتصادی، توانایی توسعه و استفاده از فرصت‌های جدید کسب و کار به‌عنوان جنبه‌ای مهم از نوآوری فناورانه می‌باشد. این رویکرد بر کافی نبودن تحریک جریان‌های دانش برای رخدادهای تغییرات فناورانه و عملکرد اقتصادی تأکید می‌کند. تحریک جریان‌های دانش برای تحریک فعالانه‌ی دانش‌های موجود به منظور ایجاد فرصت‌های جدید کسب و کار، لازم است. این جنبه‌ی رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر اهمیت اشخاص به‌عنوان منابع نوآوری تأکید می‌کند. (Schumpeter, ۱۹۳۴).

مشخصه‌ی دوم متمایزکننده‌ی مطالعات مربوط به نظام نوآوری فناورانه از رویکردهای دیگر، تمرکز زیاد آن بر پویایی سیستم است. تمرکز بر اقدام کارآفرینانه، پژوهشگران حوزه نظام فناورانه نوآوری را تشویق به نگرستن به آن به‌عنوان چیزی کرده است که در طول زمان ایجاد می‌گردد. بنابراین تعداد فزاینده‌ی پژوهشگران، آغاز به تمرکز بر پویایی نظام فناورانه نوآوری کرده اند. (Bergek, ۲۰۰۲; Carlsson و Jacobsson, ۱۹۹۷; Hekkert و همکاران, ۲۰۰۷; Jacobsson و Bergek, ۲۰۰۴; Johnson و Jacobsson, ۲۰۰۰; Negro و همکاران, ۲۰۰۷; Rickne و همکاران, ۲۰۰۸). (۲۰۰۰).

در نهایت همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، می‌توان این‌طور استنتاج کرد که هدف هر نظام نوآوری از جمله نظام نوآوری فناورانه، تحقق اهداف فرایند نوآوری است. این اهداف شامل خلق، انتشار و بهره‌برداری از فناوری است که در قالب توسعه‌ی فناورانه، به ظهور می‌رسد.

## ۲-۲- نگاه ساختاری به نظام‌های فناورانه نوآوری

در این بخش به سه دسته از عوامل ساختاری موجود در نظام‌های فناورانه نوآوری پرداخته خواهد شد. این سه دسته

عبارتند از بازیگران، نهادها، فناوری‌ها و روابط و شبکه‌ها.

## ۲-۲-۱- بازیگران

دسته‌ی بازیگران شامل هر سازمانی است که در ظهور فناوری به‌طور مستقیم به عنوان توسعه دهنده و یادگیرنده‌ی فناوری یا به‌طور غیرمستقیم به‌عنوان تنظیم‌کننده، تأمین‌کننده‌ی مالی و دیگر نقش‌ها مهم هستند. در حقیقت، این بازیگران، یک نظام نوآوری فناورانه هستند که با انتخاب‌ها و تصمیمات خود، فناوری‌هایی را ایجاد، منتشر و بهره‌برداری می‌کنند. ایجاد یک نظام فناورانه نوآوری وابسته به حضور مهارت‌ها و اشتیاق بازیگران آن برای انجام اقدامات مختلف است.

برخی از بازیگران در توسعه یک فناوری نقش پیشرو را دارند و سایر بازیگران، پیرو هستند. بازیگران پیشرو آن‌هایی هستند که کاملاً در توسعه‌ی یک فناوری خاص وارد شده‌اند و به موفقیت آن فناوری وابسته می‌باشند. در طرف مقابل، بازیگران پیرو کاملاً در توسعه‌ی یک فناوری درگیر نشده‌اند و می‌توانند بین گزینه‌های مختلف، دست به انتخاب بزنند. به‌طور معمول، پیشروان توسعه‌ی یک فناوری، متشکل از واحدهای صنعتی و توسعه‌دهندگان فناوری کوچک هستند که تنها در حوزه‌ی یک فناوری به ایفای نقش مشغولند. در طرف مقابل، پیروان را می‌توان متشکل از تنظیم‌گران، تأمین‌کنندگان مالی، کاربران و بنگاه‌های بزرگ با قابلیت حمایت از انواع مختلفی از گزینه‌های فناورانه دانست.

## ۲-۲-۲- نهادها

نگاه به نهادها به‌عنوان قواعد بازی در یک جامعه یا به‌طور رسمی‌تر «تنگناهای تدبیر شده‌ی انسانی که شکل دهنده‌ی تعاملات انسان‌ها می‌باشد» (North، ۱۹۹۰) رایج است. می‌توان بین نهادهای رسمی و غیررسمی تمایز قائل شد (North، ۱۹۹۰). در رابطه با نهادهای رسمی می‌توان گفت که آن‌ها قواعدی مدون شده هستند و توسط واجدین شرایط وادار به اجرا شدن می‌گردند. از طرفی، نهادهای غیررسمی ضمنی‌تر هستند و در نتیجه‌ی فرایند تعامل بازیگران شکل می‌گیرند. نهادهای غیررسمی می‌توانند هنجاری یا شناختی باشند. قواعد هنجاری همان ارزش‌ها و هنجارهای اجتماعی با جنبه‌های اخلاقی هستند، درحالی که قواعد شناختی را می‌توان چارچوب‌های ذهنی و پارادایم‌های اجتماعی دانست (Scott، ۲۰۰۱).

مثال‌هایی از نهادهای رسمی عبارتند از قوانین دولتی و تصمیمات سیاستی و یا بخش نامه‌ها یا قراردادهای بنگاه‌ها. مثالی در رابطه با قواعد هنجاری، مسئولیت احساس شده توسط یک شرکت در رابطه با عدم تولید ضایعات و یا پاکیزه‌سازی آن‌ها است. مثال‌هایی در رابطه با قواعد شناختی نیز جستجوی ذهنی (ابتکاری) یا رویه‌های حل مسئله هستند (Dosi، ۱۹۸۲ و ۱۹۸۴). همچنین می‌توان نگاه‌ها و انتظارات بازیگران درون نظام را نیز در این دسته جای داد.

## ۲-۲-۳- فناوری‌ها

عوامل فناورانه متشکل از مصنوعات و زیرساخت‌های فناورانه (که خود آن‌ها نیز مصنوع به شمار می‌روند) به صورتی یکپارچه هستند. عملکرد فنی اقتصادی این مصنوعات که شامل ساختارهای هزینه، ایمنی، قابلیت اطمینان، اثرات افزایش مقیاس و موارد دیگر هستند از اهمیت حیاتی برای فهم فرایند تغییر فناورانه برخوردارند.

در صورت عدم در نظر گرفتن وجوه فناورانه به‌عنوان بخشی از نظام نوآوری فناورانه، یک سازوکار بازخوردی مهم (بین تغییر فناورانه و تغییر نهادی) مغفول واقع می‌شود. برای مثال، در صورت ایجاد بهبود در ایمنی و قابلیت اطمینان در نتیجه ایجاد یک طرح، ارائه ی یارانه برای تحقیق و توسعه در حمایت از یک فناوری نوظهور، راه را برای اجرای طرح‌های حمایتی با جزئیات بیشتر (شامل نمایش‌های علمی) هموار خواهد کرد. این اقدام نیز می‌تواند منجر به بهبودهای فناورانه بیشتر گردد.

## ۲-۲-۴- روابط و شبکه‌ها

مؤلفه‌های موجود در نظام نوآوری فناورانه، صرفاً سنگ بنای آن محسوب می‌شوند. این بخش فراهم آورنده یک نگاه مفهومی به تمامی روابط ممکن است.

روابط ممکن بین مؤلفه‌های ساختاری دارای انواع گوناگونی می‌باشند. می‌توان این روابط را به روابط بین بازیگران، بین نهادها، بین فناوری‌ها و همچنین بین بازیگران و نهادها، بین بازیگران و فناوری‌ها و بین فناوری‌ها و نهادها تقسیم کرد.

رابطه‌ی بین بازیگران شامل روابطی از فعالیت‌ها همچون مبادلات مالی، همکاری‌ها، طرح ریزی‌ها و ساخت‌وسازها هستند، درحالی که روابط بین فناوری‌ها و روابط بین نهادها شامل روابطی از جنس طراحی است (Murmman و Frenken, ۲۰۰۶).

در برخی موارد خاص، روابط موجود در یک گروه از بازیگران، نهادها و فناوری‌ها از روابط موجود در خارج از گروه، قوی‌تر است. در صورتی که این مؤلفه‌های ساختاری باعث ایجاد یک پیکربندی متراکم گردند، می‌توان آن را یک ساختار شبکه‌ای یا یک شبکه نامید. مثالی در این رابطه می‌تواند ائتلاف بنگاه‌هایی برای کاربرد یک فناوری نوظهور باشد (قواعد فناورانه) که به وسیله‌ی مجموعه‌ای از روش‌های حل مسئله هدایت می‌شود و توسط برنامه‌های یارانه ای حمایت می‌شود (قواعد نهادی). همچنین، انجمن‌های صنعتی، جوامع تحقیقاتی، شبکه‌های سیاستی، روابط عرضه کننده و کاربر نیز مثال‌هایی از این شبکه‌ها به شمار می‌روند.

## ۲-۳- نگاه فرایندی به نظام‌های نوآوری فناورانه

هدف نظام نوآوری فناورانه، تحقق اهداف فرایند نوآوری است. این اهداف شامل خلق، انتشار و بهره برداری از فناوری است که در قالب توسعه‌ی فناورانه، به ظهور می‌رسد. حال دسته‌های مختلف فعالیت‌هایی که بر توسعه‌ی فناوری اثر می‌گذارند، کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نام می‌گیرد، این کارکردها در شکل (۲) قابل ملاحظه است.



شکل ۲- کارکردهای نظام نوآوری فناورانه

کارکردها، فرایندهایی هستند که وجود آنها در شکل‌گیری یک نظام نوآوری فناورانه ضروری است. هر یک از این کارکردها، می‌تواند از طریق فعالیت‌های گوناگون برآورده شوند. در راستای شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه برای یک فناوری، ۷ کارکرد گوناگون باید برآورده گردد که در شکل (۳) نشان داده شده است. از طرفی، این کارکردها بر یکدیگر اثرگذار هستند و می‌توانند منجر به تقویت و یا تضعیف یکدیگر شوند. در نتیجه‌ی چنین تعاملاتی میان کارکردها، حلقه‌های علی و معلولی متفاوتی قابل شناسایی هستند.

با توجه به این که هر یک از این کارکردها، اجزای اصلی سیاست‌گذاری توسعه فناوری را شکل می‌دهند و با در نظر گرفتن تجربه محور بودن سند حاضر با برگزاری جلسات بحث و بررسی با کارشناسان و متخصصین تیم فنی، همچنین طی جلسات نشست‌هایی با خبرگان حاضر در کمیته‌ی راهبری (پیوست ۱) از ابعاد مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است که در ادامه به اساسی‌ترین موضوعات مورد بررسی در قالب پاسخ به هفت پرسش محوری نمایش داده شده در شکل (۳) پرداخته شده است.





شکل ۳- محورهای اصلی مورد بررسی اجزای سیاست‌گذاری توسعه فناوری

## ۴-۲- بازیگران، سیاست‌ها، اقدامات

### ۴-۲-۱- بازیگران

بازیگران مرتبط با توسعه تجهیزات ابزار دقیق نیروگاهی به طور کلی به چهار دسته اصلی تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

- سیاست گذار و حاکمیتی
- مجریان و همکاران
- تأمین کنندگان
- کاربران و مشتریان

طی بررسی‌های انجام شده و مباحثی که در جلسات کمیته راهبری صورت گرفت و نهایتاً به تایید اعضای محترم کمیته راهبری رسید، می‌توان هفت بازیگر اصلی را در قالب این چهار دسته جای داد که به اشکال مختلف و در نقش‌های تعریف شده با یکدیگر در تعامل بوده و وظایف عنوان شده را به عهده می‌گیرند.

بازیگران مرتبط با توسعه فناوری‌های تجهیزات ابزار دقیق نیروگاهی شامل موارد زیر هستند:

#### جدول ۱- بازیگران مرتبط با توسعه فناوری‌های تجهیزات ابزار دقیق نیروگاهی

سیاست گذار و حاکمیتی	- معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو
مجریان و همکاران	- شرکت‌های واجد شرایط - دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی - پژوهشگاه نیرو
تأمین کنندگان	- معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو - شرکت توانیر - معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
کاربران و مشتریان	- بهره برداران نیروگاهی

#### ۲-۴-۲- شیوه تدوین سیاست‌ها و اقدامات

به منظور تبیین سیاست‌های (راهکارهای کلان) مناسب برای دستیابی به اهداف در نظر گرفته شده در سند، وضعیت کلی بهره‌گیری از تجهیزات ابزار دقیق نیروگاهی از منظر کارکردهای نظام نوآوری، طی جلسات کمیته راهبری و تبادل نظر با خبرگان صنعت مورد بررسی قرار گرفت (پیوست ۱). سپس چالش‌های پیش روی هر یک از کارکردها شناسایی شده و در جهت برطرف نمودن این چالش‌ها و پیشبرد اهداف تعریف شده، سیاست‌های مناسب در قالب هفت کارکرد نظام نوآوری دسته‌بندی شده و نهایتاً سیاست‌ها، اقدامات و بازیگران توسعه تجهیزات ابزار دقیق نیروگاهی و همچنین وظایف هر یک از بازیگران مزبور به تفکیک ۷ کارکرد فوق تعیین و به تایید اعضا کمیته راهبری رسید که در ادامه توضیح داده شده است.

## ۲-۴-۳- چالش‌ها و سیاست‌های توسعه تجهیزات ابزار دقیق نیروگاهی

همانطور که پیش از این گفته شد چالش‌های توسعه فناوری تجهیزات ابزار دقیق نیروگاهی و سیاست‌های مناسب جهت رفع آن، در جلسات کمیته راهبری و با اجماع نظر خبرگان این صنعت مورد شناسایی قرار گرفت در جدول زیر فهرست چالش‌های شناسایی شده در قالب هفت کارکرد نظام نوآوری ارائه شده است.

جدول ۲- چالش‌ها و سیاست‌های توسعه تجهیزات ابزار دقیق بر اساس کارکردهای نظام نوآوری فناورانه

چالش‌ها و سیاست‌های توسعه تجهیزات ابزار دقیق بر اساس کارکردهای نظام نوآوری فناورانه		
سیاست‌ها	چالش‌ها	
تعریف پروژه‌های مناسب از منظر فنی و صنعتی	کیفیت پایین محصولات داخلی به سبب عدم انطباق با استانداردهای پذیرفته شده و عدم توانایی در ایجاد یک تجارت پایدار	کارآفرینی
کمک به تامین اعتبار مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها	بهای بالای تولید محصولات داخلی به سبب هزینه‌های پژوهشی ابتدایی بالا	
کمک به تامین اعتبار مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها	نبود حمایت کافی برای شرکت‌های نوپا و در حال نمو	
تشویق بهره‌برداران نیروگاهی به خرید محصولات تجهیزات ابزار دقیق داخلی	فرهنگ نامناسب مشتریان در خریداری کالاهای خارجی	
تدوین سند راهبردی و نقشه راه برای حوزه ابزار دقیق	نبود یک فرایند منسجم برای شناسایی نیازهای ضروری حوزه ابزار دقیق	خلق دانش
تشکیل کمیته‌های مناسب راهبری و نظارتی برای اجرای نقشه راه	نبود یک مرکز هدایت کننده و هماهنگ کننده فعالیت‌های پژوهشی در راستای ایجاد دانش طراحی و ساخت دستگاه‌های ابزار دقیق	
انجام پروژه‌ها با ساز و کار فراخوان	نبود بانک اطلاعاتی از شرکت‌های پر توان حوزه بومی‌سازی ابزار دقیق	
تشکیل کمیته‌های مناسب جهت مدیریت دانش	نبود یک سامانه فراگیر کارآمد مدیریت دانش در حوزه پژوهش کشور	انتشار دانش
تدوین آیین نامه و دستورالعمل‌های ثبت پتنت‌های حاصل از پروژه‌های انجام شده	ناکارا بودن ساز و کار مالکیت مادی و معنوی به نحوی که منتشرکننده دانش اطمینان داشته باشد که بدون زحمات فراوان از اندوخته‌ی دانشی آنها حمایت می‌شود	
انجام پروژه‌ها با ساز و کار فراخوان	نبود ساز و کار فراگیر آگاه‌سازی شرکت‌ها ذیصلاح برای حضور در حوزه‌های پژوهشی	
تشکیل کمیته‌های راهبری و نظارتی مناسب برای همسو سازی بازیگران کلیدی	نبود هماهنگی‌های لازم برای همسو سازی بازیگران حوزه ابزار دقیق کشور	
کمک به تولید محصولات با کیفیت و فرهنگ سازی	همسو نبودن مشتریان با سیاست‌های افزایش توان	جهت دهی

مناسب	ساخت داخل و ترجیح خریدهای خارجی	
تعریف پروژه‌های مناسب از منظر فنی و صنعتی	کیفیت پایین محصولات داخلی به سبب عدم انطباق با استانداردهای پذیرفته شده و عدم توانایی برای به دست آوردن سهم مناسبی از بازار	بازارسازی
کمک به تامین اعتبار مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها	بهای بالای تولید محصولات داخلی به سبب هزینه‌های پژوهشی ابتدایی بالا	
تعریف پروژه‌های مناسب از منظر فنی و صنعتی	نبود اعتماد به محصولات تولید داخل در حوزه نیروگاه‌ها به سبب نداشتن تاییدیه های صنعتی لازم	
پشتیبانی از تولید داخل - کاهش مالیات	نبود قوانین حمایتی در راستای استفاده از محصولات داخلی	
پشتیبانی از تولید داخل - افزایش تعرفه واردات	تعرفه‌های پایین محصولات ابزار دقیق خارجی که تولیدکننده های داخلی دارند	
پرداخت یارانه و تغییر آیین نامه‌های برگزاری مناقصات در راستای تقویت خرید تجهیز ابزار دقیق داخلی	تراز پایین استقبال از محصولات داخلی	مشروعیت بخشی
تامین اعتبار ساز و کار برگزیده جهت انجام تبلیغات فرهنگی	نبود سیاست‌های فرهنگی مناسب برای افزایش باور به کیفیت محصولات داخلی	
تامین اعتبار ساز و کار برگزیده جهت انجام تبلیغات فرهنگی	کافی نبودن برنامه‌های آموزشی از رسانه‌های ملی مبنی بر فرهنگ بکارگیری تولیدات داخلی	
به کارگیری بودجه های پژوهشی وزارت نیرو و دفتر علمی و فناوری ریاست جمهوری برای کمک به شرکت های واجد شرایط داخلی، برای بومی سازی دستگاه های با کیفیت ابزار دقیق، به صورت یک برنامه جهت دار، و در قالب سند راهبردی و ره نگاشت	عدم اطمینان سرمایه گذاران از بازگشت سرمایه عدم اطمینان تولید کننده گان از حمایت تولید داخل توسط مسئولان مربوطه با وجود کیفیت مناسب نبود یک برنامه و طرح فراگیر برای رفع نیازهای حوزه ابزار دقیق	بسیج منابع

## ۲-۵- کسب و توسعه دانش

کسب و توسعه دانش در بر گیرنده فعالیت‌هایی است که به دستیابی فناوری‌ها خواهد انجامید. شیوه‌های گوناگونی در این زمینه وجود دارد که رایج‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- کسب دانش فنی با خرید و انتقال فناوری
- کسب دانش فنی با کمک افراد متخصص خارجی
- کسب دانش فنی توسط سازمان‌های پژوهشی دولتی
- کسب دانش فنی با استفاده از ظرفیت دانشگاهی کشور
- کسب دانش فنی توسط شرکت‌های واجد شرایط داخلی

با توجه به گزینش راهبرد "توسعه درون‌زا" برای کسب دانش فنی در مرحله سوم پروژه، گزینه‌های یکم و دوم کنار رفته و سه گزینه دیگر بر جا می‌مانند.

همچنین رویکرد نوین وزارت نیرو در حوزه پژوهش‌های صنعت برق بر سپردن وظیفه مدیریت پژوهش به پژوهشگاه نیرو می‌باشد. در این راستا مقرر شده است تا به منظور نگهداشت نشاط پژوهشی و به روز بودن پژوهشگران در زمینه‌های گوناگون پژوهشی و در راستای مدیریت و نظارت بهتر، ۲۰ تا ۳۰ درصد فعالیت‌های پژوهشگاه نیرو نیز به انجام کارهای پژوهشی اختصاص یافته و ۷۰ تا ۸۰ درصد پژوهش‌های مورد نظر برون سپاری شده و از ظرفیت دانشگاه‌ها و شرکت‌های واجد شرایط که سابقه‌ی فعالیت در زمینه‌ی الکترونیک را دارند، استفاده شود.

لازم به توضیح است که فهرست، هزینه، زمان و مجری پروژه‌های پژوهشی در مرحله پنجم این پروژه مشخص خواهد شد. جدول (۳)، وظایف بازیگران اصلی این کارکرد در راستای اجرای سیاست‌های برگزیده را نشان می‌دهد. وظایف در درون کمانک، به صورت پر رنگ، و پس از معرفی دوباره سیاست آورده شده‌اند.

## جدول ۳- وظایف بازیگران برای کارکرد کسب و توسعه دانش

ردیف	بازیگران	وظایف
۱	پژوهشگاه نیرو	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تدوین سند راهبردی و نقشه راه برای حوزه ابزار دقیق (اجرای پروژه تدوین سند)</li> <li>- انجام پروژه‌ها با ساز و کار فراخوان (برگزاری فراخوان)</li> <li>- انجام پروژه‌ها با ساز و کار فراخوان (شرکت در فراخوان و انجام پروژه‌ها)</li> <li>- تشکیل کمیته‌های مناسب راهبری و نظارتی برای اجرای نقشه راه (برپایی کمیته‌ها)</li> </ul>
۲	شرکت‌های واجد شرایط	<ul style="list-style-type: none"> <li>- انجام پروژه‌ها با ساز و کار فراخوان (شرکت در فراخوان و انجام پروژه‌ها)</li> </ul>
۳	دانشگاه‌ها و پژوهشکده‌ها	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تدوین سند راهبردی و نقشه راه برای حوزه ابزار دقیق (مشارکت در تدوین سند)</li> <li>- تشکیل کمیته‌های مناسب راهبری و نظارتی برای اجرای نقشه راه (شرکت اساتید دانشگاه در کمیته‌ها)</li> <li>- انجام پروژه‌ها با ساز و کار فراخوان (شرکت در فراخوان و انجام پروژه‌ها)</li> </ul>
۴	بهره‌برداران نیروگاهی	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تدوین سند راهبردی و نقشه راه برای حوزه ابزار دقیق (مشارکت در تدوین سند)</li> <li>- تشکیل کمیته‌های مناسب راهبری و نظارتی برای اجرای نقشه راه (شرکت خبرگان نیروگاهی در کمیته‌ها)</li> </ul>
۵	معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزرات نیرو-شرکت توانیر	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تدوین سند راهبردی و نقشه راه برای حوزه ابزار دقیق (مشارکت نماینده توانیر در تدوین سند)</li> <li>- تشکیل کمیته‌های مناسب راهبری و نظارتی برای اجرای نقشه راه (شرکت نماینده توانیر در کمیته‌ها)</li> </ul>

## ۲-۶- انتشار دانش

کارکرد انتشار دانش دربرگیرنده‌ی مجموعه‌ای از فعالیت‌ها با هدف تسهیم و به اشتراک‌گذاری دانش و اطلاعات در میان بازیگران مختلف موجود در سیستم است. دانش را می‌توان به دو دسته دانش فنی و غیر فنی بخش نمود و برای هر یک اقداماتی را برنامه‌ریزی نمود.

## ➤ انتشار دانش فنی

یکی از شیوه‌های مناسب برای جلوگیری از انحصاری شدن دانش فنی کسب شده، و همچنین انتشار آن بین هسته‌های دانش بنیان، می‌تواند اعلام فراخوان برای شناسایی متقاضیان، دریافت پیشینه فعالیت‌های آن‌ها و سپردن انجام پروژه‌های پژوهشی به بیش از یک شرکت یا دانشگاه به صورت همزمان می‌باشد. این شیوه می‌تواند افزون بر نشر دانش بین نهادهای

گوناگون به ایجاد رقابت و بهره‌وری بیشتر نیز بیانجامد. همچنین می‌توان در گام نخست، تنها نیمی از هزینه‌های انجام پژوهش را به سه متقاضی برگزیده پرداخت نمود، و نیمی دیگر را تنها به آن متقاضی که محصول بهتری را تولید کرده است پرداخت کرد.

### ➤ انتشار دانش غیر فنی

به منظور انتشار و به اشتراک گذاری اطلاعات غیر فنی پروژه‌ها، ایجاد کمیته‌هایی متشکل از بازیگران کلیدی ضروری می‌باشد. نشست این کمیته‌ها باید در دوره‌های زمانی مشخص، برگزار شده و اطلاعات بین بازیگران کلیدی مبادله شود. تشکیل و برپایی کمیته‌های زیر برای دستیابی به اهداف سند ضروری می‌باشد:

#### ❖ کمیته ناظران تخصصی پروژه‌ها

اعضای این کمیته، ناظرین تخصصی پروژه‌ها می‌باشند. آن‌ها در بازه‌های زمانی مشخص از شرکت یا نهاد مجری پروژه بازدید کرده و همواره وضعیت پروژه را پایش می‌کنند. در نشست دوره‌ای کمیته ناظران تخصصی، میزان پیشرفت، مشکلات و سایر موضوعات مربوط به پروژه‌ها گزارش شده و تصمیمات مناسب گرفته خواهد شد. اعضای این کمیته می‌توانند از گروه‌های تخصصی پژوهشگاه نیرو و دانشگاه‌ها انتخاب شوند.

#### ❖ کمیته بازار

موضوعات پیرامون بازار محصولات پروژه می‌باشد. بازاریابی، جهت‌دهی بازار و مشروعیت بخشی به محصولات پروژه‌ها از جمله فعالیت‌های اصلی این کمیته است. اعضای پیشنهادی این کمیته عبارتند از:

- نماینده معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو- شرکت توانیر
- نماینده پژوهشگاه نیرو
- نماینده بهره‌برداران نیروگاهی
- نماینده‌ای از دانشگاه‌ها

#### ❖ کمیته راهبری

این کمیته عهده‌دار پایش موضوعات فنی و غیر فنی سند راهبردی می‌باشد. عمده ترین وظایف این کمیته عبارتند از:

- دریافت گزارش‌های پیشرفت پروژه‌ها از دبیر کمیته ناظران تخصصی

- رایزنی و ارائه راهکار برای رفع مشکلات اجرایی پروژه‌ها
  - دریافت گزارش دبیر کمیته بازار
  - رایزنی و ارائه راهکار برای تقویت بازار محصولات پروژه‌ها
- اعضای پیشنهادی این کمیته عبارتند از:
- معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو- شرکت توانیر
  - نماینده معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
  - نماینده پژوهشگاه نیرو
  - نماینده بهره‌برداران نیروگاهی
  - نماینده ای از دانشگاه‌ها

با برگزاری نشست‌های منظم و دوره‌ای، اطلاعات بخش‌های گوناگون مرتبط با طرح بین بازیگران کلیدی مبادله شده و حرکت بازیگران در راستای اهداف سند راهبردی همسو خواهد شد.

جدول (۴)، وظایف بازیگران اصلی این کارکرد را در راستای اجرای سیاست‌های برگزیده معرفی می‌کند.

#### جدول ۴- وظایف بازیگران برای کارکرد انتشار دانش

ردیف	بازیگران	وظایف
۱	پژوهشگاه نیرو	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تشکیل کمیته‌های مناسب جهت مدیریت دانش (برپایی واحد مدیریت دانش در پژوهشگاه نیرو)</li> <li>- تدوین آیین نامه و دستورالعمل‌های ثبت پتنت‌های حاصل از پروژه‌های انجام شده</li> <li>- انجام پروژه‌ها با ساز و کار فراخوان (واگذاری غیر انحصاری پروژه‌ها و اجرای بخشی از پروژه‌ها)</li> <li>- تشکیل کمیته‌های مناسب راهبری و نظارتی برای اجرای نقشه راه (برپایی کمیته‌ها)</li> </ul>
۲	دانشگاه‌ها و پژوهشکده‌ها	<ul style="list-style-type: none"> <li>- انجام پروژه‌ها با ساز و کار فراخوان (اجرای بخشی از پروژه‌ها)</li> <li>- تشکیل کمیته‌های مناسب راهبری و نظارتی برای اجرای نقشه راه (شرکت در کمیته‌ها)</li> </ul>
۳	شرکت‌های واجد شرایط	<ul style="list-style-type: none"> <li>- انجام پروژه‌ها با ساز و کار فراخوان (اجرای بخشی از پروژه‌ها)</li> </ul>
۴	معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو- شرکت توانیر	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تشکیل کمیته‌های مناسب راهبری و نظارتی برای اجرای نقشه راه (شرکت نماینده توانیر در کمیته‌های راهبری)</li> </ul>
۵	بهره‌برداران نیروگاهی	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تشکیل کمیته‌های مناسب راهبری و نظارتی برای اجرای نقشه راه (شرکت در کمیته‌ها)</li> </ul>



## ۲-۷- کارآفرینی

کارآفرینان از بازیگران کلیدی در نظام‌های نوآوری به شمار می‌روند. فعالیت کارآفرینی عبارتست از تبدیل دانش فنی موجود به کسب و کارهای جدید. این کار از طریق انجام پروژه‌های اجرایی انجام می‌شود. بنابراین، از لازمه‌های انجام فعالیت کارآفرینی، وجود دانش فنی است. نکته‌ی قابل بیان آن است که هر بازیگری (شامل هر بازیگری در بخش خصوصی یا عمومی و یا بازیگران دولتی، دانشگاهی و یا صنعتی) که به انجام فعالیت‌های کارآفرینی مبادرت ورزد، در آن مقطع خاص به عنوان کارآفرین شناخته می‌شود. بنابراین، در برخی موارد، حتی دولت‌ها نیز می‌توانند در نقش کارآفرین ظاهر شوند. به طور کلی می‌توان دو زیرکارکرد را برای فعالیت‌های کارآفرینی متصور شد:

- ایجاد فرصت‌های کاری جدید
- شناساندن فرصت‌های کاری جدید

در ایجاد فرصت‌های کاری جدید، کسب سود به طور مستقیم مورد هدف قرار می‌گیرد؛ درحالی‌که در شناساندن فرصت‌های کاری جدید، ایجاد مشروعیت برای آن محصول یا خدمت (در سطحی بالاتر برای تکنولوژی) هدف اصلی فعالیت است. در این حالت، با ایجاد مشروعیت برای محصول یا خدمت ارائه شده، زمینه‌ای برای کسب سود فراهم می‌شود. می‌توان گفت که فعالیت‌های کارآفرینی شامل تلاش‌هایی است که بطور مستقیم به تجاری‌سازی محصولات و خدمات ارائه شده بر پایه‌ی دانش فنی موجود می‌پردازند. درحقیقت، این فعالیت است که یک نظام نوآوری را از یک نظام تنها پژوهشی متمایز می‌سازد. لازم به ذکر است که انجام فعالیت‌های کارآفرینی می‌تواند منجر به شکل‌گیری دانش‌های جدید از فناوری‌های موجود گردد. بنابراین، از یک‌سو توسعه‌ی دانش لازمه‌ی انجام فعالیت‌های کارآفرینانه است و از سوی دیگر، فعالیت‌های کارآفرینانه با افزایش دانش فنی در رابطه با فناوری همراه است.

با توجه به مطالب عنوان شده در بخش ۲-۵، شیوه پیشنهادی برای کسب و توسعه دانش فنی، کار آفرین بوده و فرصت‌های جدید را برای شرکت‌های واجد شرایط و همچنین متخصصین دانشگاهی به وجود خواهد آورد. همچنین به کارگیری سیاست‌های مناسب بازاریابی، جهت‌دهی بازار و همچنین مشروعیت بخشی محصولات می‌تواند کارآفرینی پایدار را تضمین کند.

در صورتیکه در تعریف پروژه‌های سند راهبردی، مشخصات و استانداردهای صنعتی محصولات نهایی به درستی انتخاب شده باشند، توانایی رقابت محصولات تولید داخل با محصولات مشابه خارجی افزایش یافته و کارهای ایجاد شده پایدارتر خواهند بود. همچنین تامین مناسب اعتبارات پروژه‌ها نیز می‌تواند در انجام بهینه پروژه‌ها و ایجاد فرصت‌های شغلی مناسب موثر باشد.

جدول (۵)، وظایف بازیگران اصلی این کارکرد را معرفی می‌کند.

#### جدول ۵- وظایف بازیگران برای کارکرد کارآفرینی

ردیف	بازیگران	وظایف
۱	پژوهشگاه نیرو	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تعریف پروژه‌های مناسب از منظر فنی و صنعتی (مجری پروژه شناسایی مشخصات پروژه ها)</li> <li>- کمک به تامین اعتبار مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها (برآورد اعتبار پروژه ها و طرح ها و ارائه پیشنهاد برای تصویب و پیگیری اعتبارات)</li> </ul>
۲	معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزرات نیرو-شرکت توانیر	<ul style="list-style-type: none"> <li>- کمک به تامین اعتبار مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها (تصویب و تامین اعتبار پروژه ها)</li> <li>- تشویق بهره‌برداران نیروگاهی به خرید محصولات تجهیزات ابزار دقیق داخلی (تصویب پیشنهادات دریافتی از کمیته ها)</li> </ul>
۳	معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری	<ul style="list-style-type: none"> <li>- کمک به تامین اعتبار مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها (تصویب و تامین بخشی از اعتبار پروژه ها)</li> </ul>

## ۲-۸- بازار سازی

مجموعه‌ی فعالیت‌هایی با هدف رقابت‌پذیر ساختن محصولات پروژه‌ها که عموماً با فناوری نوین و آینده‌دار همراه هستند، نسبت به محصولات مشابه خارجی که هم اکنون مورد استفاده قرار می‌گیرند، با موضوع شکل‌گیری بازار یا بازارسازی در پیوند می‌باشند.

نباید انتظار داشت که محصولات تولید داخل، در ابتدای کار، توانایی رقابت با محصولات موجود را داشته باشند. بنابراین نیاز است شرایطی قابل رقابت در بازار برای آن‌ها را پدید آورد. در واقع نیاز است، با انجام مجموعه‌ای از فعالیت‌ها، زمینه را برای رقابت درست محصولات تولید داخل با محصولات خارجی پدید آورد.

درحقیقت، یک محصول تولید داخل در کسب سهم بازار مناسب، نیازمند دستیابی به ویژگی‌هایی است که به واسطه‌ی آن‌ها بتواند در بازار نفوذ نماید. این ویژگی‌ها عبارتند از:

#### ➤ مشخصات فنی

همان گونه که اشاره شد، مشخصات فنی محصولات تولید داخل باید منطبق با مشخصات فنی محصولات کنونی مورد استفاده باشد. بنابراین نیاز است تا هنگام تعریف پروژه‌های مربوطه، این موضوع در نظر گرفته شده و استانداردهای صنعتی مورد نظر بهره بردار نیز دیده شود. فناوری طراحی و ساخت محصول نیز باید با کاربرد مورد نظر سازگار بوده و مورد پذیرش بهره‌برداران قرار گیرد.

در همین راستا هنگام گزینش مجریان پروژه نیز باید دقت لازم انجام شده و توانایی آن‌ها در انجام پروژه‌های با فناوری‌های مورد نظر، با بررسی پیشینه کاری آنان راستی آزمایی شود.

انجام نظارت مناسب بر عملکرد مجریان در مراحل پروژه و همچنین ملزم نمودن مجریان به اخذ تاییدیه‌های آزمون‌های عملکردی و صنعتی نیز می‌تواند کیفیت محصول نهایی را تضمین نماید.

#### ➤ بهای محصول

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های رقابت‌پذیری، بهای محصول می‌باشد. با وجود داشتن مزیت‌های فنی، اگر محصول تولید داخل دارای بهای مناسب نباشد، امکان رقابت با محصولات دیگر را نیز نخواهد داشت.

آگاه نمودن متقاضیان انجام پروژه‌ها از بهای محصولات کنونی مورد استفاده و همچنین محدوده‌ی بهای مورد پذیرش بهره‌برداران برای استفاده از محصولات داخلی می‌تواند گامی مثبت در این راه باشد. همچنین ارائه تسهیلات مناسب به مجریان پروژه‌ها برای کاهش قیمت تمام شده محصول نیز می‌تواند موجب افزایش توانایی رقابت محصولات داخلی شود. اقدامات پیشنهادی در این زمینه عبارتند از:

✓ تامین فضای پژوهش برای مجریان پروژه‌ها از طریق تاسیس پارک فناوری صنعت برق کشور

✓ ارائه تسهیلات برای تامین هزینه‌های نیروی انسانی مورد نیاز برای انجام پژوهش

✓ ارائه تسهیلات برای خرید تجهیزات مورد نیاز برای تولید نمونه اولیه محصول

✓ ارائه تسهیلات برای برپایی فضای تولید محصول صنعتی

✓ ارائه تسهیلات برای خرید تجهیزات مورد نیاز برای تولید نمونه صنعتی محصول

جدول (۶)، وظایف بازیگران اصلی این کارکرد در راستای اجرای سیاست‌های برگزیده را نشان می‌دهد.

#### جدول ۶- وظایف بازیگران برای کارکرد بازار سازی

ردیف	بازیگران	وظایف
۱	پژوهشگاه نیرو	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تعریف پروژه‌های مناسب از منظر فنی و صنعتی (تعریف پروژه‌های دقیق برای کمک به تولید محصول رقابت پذیر- تشکیل کمیته‌های مناسب ناظرین تخصصی برای نظارت و هدایت بهینه مجریان پروژه‌ها)</li> <li>- کمک به تامین اعتبار مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها (کمک به تامین بخشی از هزینه‌های تولید محصول و رقابت پذیر ساختن آن - تامین فضای پژوهش برای مجریان پروژه‌ها از طریق تاسیس پارک فناوری صنعت برق کشور)</li> <li>- پشتیبانی از تولید داخل - کاهش مالیات (برپایی کمیته‌های ارائه دهنده پیشنهاد کاهش مالیات)</li> <li>- پشتیبانی از تولید داخل - افزایش تعرفه واردات (برپایی کمیته‌های ارائه دهنده پیشنهاد تعیین تعرفه)</li> </ul>
۲	معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزرات نیرو-شرکت توانیر	<ul style="list-style-type: none"> <li>- کمک به تامین اعتبار مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها (تصویب و تامین اعتبار پروژه‌ها)</li> <li>- پشتیبانی از تولید داخل - کاهش مالیات (بررسی و تصویب پیشنهادهای کاهش مالیات و اجرایی نمودن پیشنهادها)</li> <li>- پشتیبانی از تولید داخل - افزایش تعرفه واردات (بررسی و تصویب پیشنهادهای کاهش مالیات و اجرایی نمودن پیشنهادها)</li> </ul>
۳	معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری	<ul style="list-style-type: none"> <li>- کمک به تامین بخشی از اعتبارات مورد نیاز برای ارائه تسهیلات</li> <li>- تامین اعتبار مورد نیاز جهت تاسیس پارک فناوری صنعت برق کشور</li> </ul>
۴	بهره برداران نیروگاهی	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تعریف پروژه‌های مناسب از منظر فنی و صنعتی (کمک به تعریف پروژه‌های دقیق برای کمک به تولید محصول رقابت پذیر- شرکت در کمیته‌های ناظرین تخصصی برای نظارت و هدایت بهینه مجریان پروژه‌ها)</li> </ul>

## ۲-۹- جهت‌دهی

مجموعه‌ای از فعالیت‌هایی را در بر می‌گیرد که بازیگران طرح را همسو نموده و همچنین مشتریان را به سمت بکارگیری محصولات داخلی سو دهد. چگونه می‌توان بهره‌برداران نیروگاهی را به سمت بکارگیری محصولات تولید داخل هدایت نمود؟ برای همسو سازی بازیگران کلیدی طرح نیاز است تا کمیته‌های راهبری و نظارتی با برنامه و ساز و کار مناسبی برپا و هدایت شود. در هر یک از نشست‌های این کمیته‌ها فرایند همسو سازی انجام خواهد گرفت. سودهی مشتریان نیز به شیوه‌های زیر امکان پذیر است:

### ➤ مزایای فنی و کاربردی

در صورتیکه محصول ارائه شده داخلی دارای برتری‌های فنی و کاربردی نسبت به رقبا باشد، انگیزه بهره‌برداران محصول در بکارگیری آن بیشتر خواهد شد. این کار می‌تواند با افزودن ویژگی‌ها و توانایی‌های نرم افزاری و یا با بکارگیری یک فناوری نوین صورت گیرد. برای نمونه، دستگاه‌های اندازه‌گیری میزان اکسیژن محلول در آب که عموماً به فناوری‌های الکتروشیمیایی ساخته می‌شدند، در سال‌های اخیر بازار خود را از دست داده و با نمونه‌هایی که از فناوری اپتیک استفاده می‌کنند، جایگزین شده‌اند. زیرا نمونه‌های جدید، دوره عمر بیشتر و فرایند تعمیر و نگهداری ساده تری را دارا هستند. در همین راستا، دریافت نظرات بهره‌برداران محصول، و گنجاندن خواسته‌های آنان در مشخصات محصول، هنگام تعریف پروژه مربوطه می‌تواند کارساز باشد.

### ➤ مزایای اقتصادی

همان گونه که در بخش شکل‌گیری بازار اشاره شد، انجام اقدامات مناسب برای کاهش بهای محصول می‌تواند بهره‌برداران را برای به کارگیری محصولات داخلی تشویق نماید.

جدول (۷)، وظایف بازیگران اصلی این کارکرد در راستای اجرای سیاست‌های برگزیده را نشان می‌دهد.

## جدول ۷- وظایف بازیگران برای کارکرد جهت دهی

ردیف	بازیگران	وظایف
۱	پژوهشگاه نیرو	- تشکیل کمیته‌های مناسب ناظرین تخصصی برای همسو سازی بازیگران کلیدی (برپایی کمیته ها) - کمک به تولید محصولات با کیفیت و فرهنگ سازی مناسب ( برای همسو سازی بازیگر کلیدی بهره بردار نیروگاه برای خرید تولیدات ابزار دقیق داخلی)
۲	بهره‌برداران نیروگاهی	- تشکیل کمیته‌های مناسب ناظرین تخصصی برای همسو سازی بازیگران کلیدی (شرکت در کمیته ها) - کمک به تولید محصولات با کیفیت و فرهنگ سازی مناسب ( کمک به تعریف پروژه های مناسب)
۳	دانشگاه ها و مراکز پژوهشی	- تشکیل کمیته‌های مناسب ناظرین تخصصی برای همسو سازی بازیگران کلیدی (شرکت در کمیته ها)

## ۲-۱۰- مشروعیت بخشی

آن دسته از فعالیت‌هایی که به دنبال ایجاد مقبولیت اجتماعی برای بکارگیری محصولات داخلی هستند و می‌توانند منجر به تغییر نگرش بهره‌برداران در استفاده از محصولات خارجی شوند، موضوع محور مشروعیت بخشی می‌باشند. استفاده از یک محصول جدید، اغلب با مخالفت و مقاومت بازیگرانی که دارای منافع در محصولات کنونی هستند، همراه می‌شود. بنابراین، نیاز است بر این لختی غلبه نمود.

کارکرد مشروعیت بخشی، مانند یک کاتالیزور عمل می‌کند و به فرایند توسعه‌ی نظام نوآوری سرعت می‌بخشد. این امر می‌تواند از طریق تشویق سیاست‌گذاران، به ایجاد بستر مناسب و پشتیبانی از بازار محصولات داخلی صورت پذیرد. از پیشنهادهای هم راستا با این کارکرد می‌توان متقاعد نمودن بازیگران کلیدی و سیاست گذار سند راهبردی به انجام موارد زیر اشاره کرد:

- ✓ ارائه یارانه به بهره‌برداران برای خرید محصولات داخلی
- ✓ در نظر گرفتن امتیاز بیشتر برای محصولات داخلی در مناقصات

✓ انجام تبلیغات گسترده و فرهنگ‌سازی به کارگیری محصولات داخلی

جدول (۸)، وظایف بازیگران اصلی این کارکرد در راستای اجرای سیاست‌های برگزیده را نشان می‌دهد.

#### جدول ۸- وظایف بازیگران برای کارکرد مشروعیت بخشی

ردیف	بازیگران	وظایف
۱	پژوهشگاه نیرو	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تامین اعتبار ساز و کار برگزیده جهت انجام تبلیغات فرهنگی (برپایی کمیته‌های راهبری، برای ارائه ساز و کار مناسب برای ترغیب بهره‌برداران نیروگاهی به خرید محصولات تجهیزات ابزار دقیق داخلی)</li> <li>- پرداخت یارانه و تغییر آیین نامه‌های برگزاری مناقصات در راستای تقویت خرید تجهیز ابزار دقیق داخلی (برپایی کمیته‌های راهبری برای ارائه ساز و کار مناسب برای دادن یارانه خرید تولید داخل و همچنین افزایش احتمال برنده شدن شرکت‌های تولید کننده داخلی تجهیزات ابزار دقیق در مناقصات)</li> </ul>
۲	معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو-شرکت توانیر	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تامین اعتبار ساز و کار برگزیده جهت انجام تبلیغات فرهنگی (شرکت نماینده توانیر در کمیته‌های راهبری برای ارائه ساز و کار مناسب برای ترغیب بهره‌برداران نیروگاهی به خرید محصولات تجهیزات ابزار دقیق داخلی)</li> <li>- پرداخت یارانه و تغییر آیین نامه‌های برگزاری مناقصات در راستای تقویت خرید تجهیز ابزار دقیق داخلی (شرکت نماینده توانیر در کمیته‌های راهبری برای ارائه ساز و کار مناسب برای دادن یارانه خرید تولید داخل و همچنین افزایش احتمال برنده شدن شرکت‌های تولید کننده داخلی تجهیزات ابزار دقیق در مناقصات)</li> <li>- تامین اعتبار ساز و کار برگزیده جهت انجام تبلیغات فرهنگی (بررسی، تصویب و تامین اعتبار پیشنهادهای حمایتی فرهنگی کمیته‌های راهبری)</li> <li>- پرداخت یارانه و تغییر آیین نامه‌های برگزاری مناقصات در راستای تقویت خرید تجهیز ابزار دقیق داخلی (بررسی، تصویب و تامین اعتبار پیشنهادهای حمایتی مالی کمیته‌های راهبری)</li> </ul>
۳	بهره‌برداران نیروگاهی	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تامین اعتبار ساز و کار برگزیده جهت انجام تبلیغات فرهنگی (شرکت در کمیته‌های راهبری برای ارائه ساز و کار مناسب برای ترغیب بهره‌برداران نیروگاهی به خرید محصولات تجهیزات ابزار دقیق داخلی)</li> <li>- پرداخت یارانه و تغییر آیین نامه‌های برگزاری مناقصات در راستای تقویت خرید تجهیز ابزار دقیق داخلی (شرکت در کمیته‌های راهبری برای ارائه ساز و کار مناسب برای دادن یارانه خرید تولید داخل و همچنین افزایش احتمال برنده شدن شرکت‌های تولید کننده داخلی تجهیزات ابزار دقیق در مناقصات)</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- تامین اعتبار ساز و کار برگزیده جهت انجام تبلیغات فرهنگی (شرکت در کمیته‌های راهبری برای ارائه ساز و کار مناسب برای ترغیب بهره‌برداران نیروگاهی به خرید محصولات تجهیزات ابزار دقیق داخلی)</li> </ul>

- پرداخت یارانه و تغییر آیین نامه های برگزاری مناقصات در راستای تقویت خرید تجهیزات ابزار دقیق داخلی (شرکت در کمیته‌های راهبردی برای ارائه ساز و کار مناسب برای دادن یارانه خرید تولید داخل و همچنین افزایش احتمال برنده شدن شرکت‌های تولید کننده داخلی تجهیزات ابزار دقیق در مناقصات)	دانشگاه ها و مراکز پژوهشی	۴
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------	---

## ۲-۱۱- تامین منابع

کارکرد تامین منابع، مجموعه‌ای از فعالیت‌های مربوط به تأمین اعتبارات، نیروی انسانی، زیرساخت‌ها، مواد و تجهیزات مورد نیاز برای اجرایی نمودن سند راهبردی را در بر می‌گیرد.

دسترسی به منابع مورد نیاز، یکی از ضروری‌ترین نیازهای توسعه نظام‌های نوآوری فناورانه است. فعالیت‌هایی که در این کارکرد صورت می‌پذیرد، بیشتر از جنس سرمایه‌گذاری‌هایی است که در فرآیند توسعه انجام می‌شوند. در صورت عدم وجود منابع مالی و ابزارهای مورد نیاز تضمینی برای اجرای مفاد سند راهبردی وجود نخواهد داشت. بنابراین، این کارکرد دارای اهمیت فراوانی در روند توسعه می‌باشد.

همان گونه که اشاره شد، کارکرد بسیج منابع در چهار بُعد زیر، امکان‌پذیر است:

### ➤ منابع مالی: تأمین و هماهنگ‌سازی بودجه‌ها و اعتبارات موردنیاز برای توسعه‌ی فناوری

با توجه به اینکه پروژه "تدوین نقشه راه و سند راهبردی سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته" بر پایه اعلام نیاز وزارت نیرو صورت می‌گیرد، بنابراین تأمین کننده مالی اصلی آن نیز وزارت نیرو، و به طور ویژه، معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو با همیاری شرکت توانیر می‌باشد. همچنین بر پایه اطلاعات گزارش مرحله سوم پروژه، از آن جا که گسترش فناوری‌های میکرو الکترونیک و اپتیک، از موارد تاکید شده در اسناد بالا دستی کشور می‌باشند، شاید بتوان از اعتبارات نهادهای مربوطه مانند معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری نیز برای انجام پروژه‌های مشخص شده در سند راهبردی بهره برد.

### ➤ منابع انسانی: تأمین و هماهنگ‌سازی افراد علمی یا فنی موردنیاز برای توسعه‌ی فناوری

با توجه به راهکار گزینش شده برای اعلام فراخوان از شرکت‌های واجد شرایط و دانشگاه‌ها برای انجام پروژه‌ها، منابع انسانی مورد نیاز تأمین خواهد شد.

### ➤ منابع مادی: تأمین و هماهنگ‌سازی مواد (و در پاره‌ای اوقات، قطعات) مورد نیاز برای توسعه‌ی فناوری



با توجه به راهکار گزینش شده برای اعلام فراخوان از شرکت‌های دانش بنیان و دانشگاه‌ها برای انجام پروژه‌ها، هزینه‌های تامین مواد، قطعات و تجهیزات در پروژه‌ها دیده خواهد شد.

➤ **منابع مکمل:** تأمین و هماهنگ‌سازی زیرساخت‌ها، محصولات و یا خدمات مکمل مورد نیاز برای توسعه‌ی فناوری

با توجه به راهکار گزینش شده برای اعلام فراخوان از شرکت‌های واجد شرایط و دانشگاه‌ها برای انجام پروژه‌ها، هزینه‌های استفاده از آزمایشگاه‌ها و دیگر خدمات مکمل در تعریف پروژه‌ها دیده خواهد شد.

جدول (۹)، وظایف بازیگران اصلی این کارکرد در راستای اجرای سیاست‌های برگزیده را نشان می‌دهد.

جدول ۹- وظایف بازیگران برای کارکرد تامین منابع

ردیف	بازیگران	وظایف
۱	پژوهشگاه نیرو	به کارگیری بودجه‌های پژوهشی وزارت نیرو و دفتر علمی و فناوری ریاست جمهوری برای کمک به شرکت‌های واجد شرایط داخلی، برای بومی سازی دستگاه‌های با کیفیت ابزار دقیق، به صورت یک برنامه جهت دار، و در قالب سند راهبردی و ره نگاشت (برپایی کمیته‌های راهبری برای محاسبه اعتبارات مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها به تفکیک هر پروژه و تفکیک هزینه‌های نیروی انسانی، مواد و تجهیزات و آزمون‌ها)
۲	معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو-شرکت توانیر	به کارگیری بودجه‌های پژوهشی وزارت نیرو و دفتر علمی و فناوری ریاست جمهوری برای کمک به شرکت‌های واجد شرایط داخلی، برای بومی سازی دستگاه‌های با کیفیت ابزار دقیق، به صورت یک برنامه جهت دار، و در قالب سند راهبردی و ره نگاشت (تامین اعتبار مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها)
۳	معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری	به کارگیری بودجه‌های پژوهشی وزارت نیرو و دفتر علمی و فناوری ریاست جمهوری برای کمک به شرکت‌های واجد شرایط داخلی، برای بومی سازی دستگاه‌های با کیفیت ابزار دقیق، به صورت یک برنامه جهت دار، و در قالب سند راهبردی و ره نگاشت (تامین اعتبار بخشی از هزینه‌های انجام پروژه‌ها - شرکت نماینده توانیر در کمیته‌های راهبری برای محاسبه اعتبارات مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها به تفکیک هر پروژه و تفکیک هزینه‌های نیروی انسانی، مواد و تجهیزات و آزمون‌ها)
۴	بهره‌برداران نیروگاهی	به کارگیری بودجه‌های پژوهشی وزارت نیرو و دفتر علمی و فناوری ریاست جمهوری برای کمک به شرکت‌های واجد شرایط داخلی، برای بومی سازی دستگاه‌های با کیفیت ابزار دقیق، به صورت یک برنامه جهت دار، و در قالب سند راهبردی و ره نگاشت (شرکت در کمیته‌های راهبری برای محاسبه اعتبارات مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها به تفکیک هر پروژه و تفکیک هزینه‌های نیروی انسانی، مواد و تجهیزات و آزمون‌ها)
۵	دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی	به کارگیری بودجه‌های پژوهشی وزارت نیرو و دفتر علمی و فناوری ریاست جمهوری برای کمک به شرکت‌های واجد شرایط داخلی، برای بومی سازی دستگاه‌های با کیفیت ابزار دقیق، به صورت یک برنامه جهت دار، و در قالب سند راهبردی و ره نگاشت (شرکت در کمیته‌های راهبری برای محاسبه اعتبارات مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها به تفکیک هر پروژه و تفکیک هزینه‌های نیروی انسانی، مواد و تجهیزات و آزمون‌ها)

### ۳- اقدامات فنی

همان‌طور که در گزارش مرحله‌ی سوم آمده است، از بین ۱۰۶ تجهیز ابزاردقیق مورد استفاده در نیروگاه، ۳۱ تجهیز به عنوان تجهیزات منتخب، برگزیده شد و ارائه برنامه‌ی اقدامات فنی زمان بندی شده برای بدست آوردن دانش فنی طراحی و ساخت آن‌ها در قالب هفت طرح ارائه شد. چگونگی انتخاب این دستگاه‌ها به تفصیل در گزارش مرحله سوم آمده است. در ادامه پروژه‌هایی که می‌بایست در قالب اقدامات فنی سند در جداول (۱۰) تا (۱۶) نشان داده شده است.

جدول ۱۰- پروژه‌های طرح سدا(حسگرهای سوخت دود احتراق)

	حسگر سوخت دود احتراق
۱	CO, CO2, NOX, SOX Analyzer
۲	Gas Calorimeter
۳	Zirconia O2 Sensor
۴	Online Sensor of CO , CO2 , NOX, SOX
۵	Oxygen Analyzer
۶	Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer

جدول ۱۱- پروژه‌های طرح مکا (حسگرهای پارامتر مکانیکی)

	حسگرهای پارامتر مکانیکی
۱	Absolute Vibration Sensor
۲	Special Proximity Sensor or Switch For Supervisory systems of Rotary machines ( turbine , pump , motor , ...)
۳	Rotor (Shaft) Balancer
۴	Turbine Supervisory panel
۵	Limit or Micro Switch
۶	Relative Vibration Sensor

جدول ۱۲- پروژه‌های طرح فلو (حسگرهای فلومتر)

	حسگرهای فلومتر
۱	Ultrasonic Flow Meter For Gas
۲	OVAL Gear Flow meter
۳	Thermal flow Transmitter or Switch
۴	Ultrasonic Flow Meter For Liquid

جدول ۱۳- پروژه‌های طرح حفا (حسگرهای حفاظت و نشتی گاز)

	حسگرهای حفاظت و نشتی گاز
۱	Burner flame Detector
۲	Fire Detector ( for firefighting system in hazardous area )
۳	Fire Fighting Control Panel (SIL 2 or 3 )
۴	Heat Detector ( for firefighting system in hazardous area )
۵	Smoke Detector ( for firefighting system in hazardous area )

جدول ۱۴- پروژه‌های طرح شیم (حسگرهای شیمیایی آب)

	حسگرهای شیمیایی آب
۱	DO2 Analyzer (Dissolved Oxygen Analyzer)
۲	DO2 sensor

جدول ۱۵- پروژه‌های طرح دماسنج

	طرح دماسنج
۱	Industrial Temperature transmitter (head mount, field mount, panel mount )

	طرح دماسنج
۲	Temperature Indicator (Dial - Gas Filled)
۳	Temperature Switch (Bellows Type)
۴	Temperature Indicator Switch (Dial - Gas Filled)

جدول ۱۶- پروژه‌های طرح فشارسنج

	طرح فشارسنج
۱	Pressure switch (Diaphragm Type)
۲	Pressure & Differential Pressure Transmitter (Diaphragm Type)
۳	Pressure Transmitter (Diaphragm type)
۴	Pressure Gauge & Pressure Indicator switch (Bourdon Type)

## ۴- نتیجه‌گیری

در این گزارش چالش‌ها و سیاست‌های مورد نیاز برای برطرف کردن آن‌ها، در راستای برپایی یک نظام نوآوری فناورانه کارا، در حوزه ابزار دقیق نیروگاهی، شناسایی و معرفی شد. همچنین اقدامات فنی مورد نظر نیز در قالب طرح‌ها و پروژه‌های اجرایی، بر گرفته از نتایج گزارش گام سوم پروژه، دوباره بیان گردید [۲].

در همین راستا، نظام نوآوری فناورانه و کارکردهای این نظام معرفی، سپس در حوزه ابزار دقیق نیروگاهی، بازیگران و فعالیت‌های مربوطه به تفکیک هر کارکرد، بر پایه سیاست تعیین شده، و در قالب وظایف ارائه گردیدند. همچنین تمامی مطالب بیان شده در این گزارش در نشست چهارم کمیته راهبری مورد بررسی قرار گرفت و تایید گردید. (پیوست شماره‌ی یک)

## پیوست شماره‌ی یک

### نشست نامه‌ها

تاریخ: ۹۳/۱۲/۱۰		چکیده‌ی گفتگوها		
شماره: ۴				
پیوست: -		MQF03-0		
گروه: الکترونیک، کنترل و ابزار دقیق		موضوع نشست: کمیته راهبری پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها		
حاضران: آقایان دکتر لطیفی، مهندس فرحناکیان، مهندس نریمانی، مهندس امینی، مهندس خانزاده، مهندس فیض و خانم‌ها مهندس اشرفی، مهندس علایی و مهندس یآوری				
آغاز: ۱۶:۰۰		غایبان: آقایان دکتر مهاجرزاده، دکتر افشار و دکتر منتظری		
پایان: ۱۸:۰۰		دستورنشست: مرور فعالیت‌های گام‌های یکم تا سوم پروژه، رایزنی درباره گام‌های چهارم و پنجم پروژه		
نتیجه / تاریخ	سررسید	اقدام / پیگیری	موضوعات مطرح شده	ردیف
			<p>ابتدا توسط مدیر پروژه، در رابطه با برنامه نشست توضیحاتی ارائه شد. در ادامه نیز با مرور کوتاه فعالیت‌های فازهای یکم (مبانی سند)، دوم پروژه (هوشمندی فناوری) و سوم پروژه (تدوین ارکان جهت‌ساز) که در نشست پیشین (۹۳/۱۰/۱۶) ارائه شده بود، فعالیت‌های انجام گرفته در فاز چهارم پروژه (تدوین برنامه اقدامات و سیاستها) معرفی شد. فهرست مطالب بیان شده عبارتند از:</p> <p>فاز یکم: مبانی سند</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ چرایی انجام پروژه از منظرهای اقتصادی و اجتماعی</li> <li>○ چهار چوب فعالیت‌های پروژه</li> </ul> <p>فاز دوم: هوشمندی فناوری (رصد و برنامه‌ریزی هوشمندانه فناوری‌ها)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ تجهیزات ابزار دقیق و فناوری‌های مربوطه</li> <li>○ درخت تجهیز - فناوری</li> <li>○ درخت فناوری-تجهیز</li> <li>○ دوره عمر فناوری‌ها</li> <li>○ آینده پژوهی (بررسی محصولات و پروژه‌های شرکت‌ها و مراکز پژوهشی خارجی مرتبط با فناوری‌ها)</li> </ul>	۱



			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ رده‌بندی فناوری‌های حوزه ابزار دقیق بر پایه مدل جذابیت و امکان‌سنجی</li> <li>○ فاز سوم: ارکان جهت ساز</li> <li>○ تدوین چشم‌انداز سند راهبردی</li> <li>○ تعیین اهداف کلان سند راهبردی</li> <li>○ راهبردهای توسعه فناوری‌های برگزیده حوزه ابزار دقیق</li> <li>○ فاز چهارم: تدوین برنامه اقدامات و سیاستها</li> <li>○ شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه</li> <li>○ سیاست‌ها و اقدامات</li> <li>○ وظایف بازیگران کلیدی</li> </ul> <p>همچنین در رابطه با ویرایش‌های انجام شده در گزارش‌های پیشین، به شرح زیر توضیحاتی ارائه شد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ افزودن آمار مصرف تجهیزات ابزار دقیق نیروگاه‌های سالانه در دست‌آحداث به گزارش</li> <li>○ بررسی امکان‌پذیری استفاده از فناوری‌های فوتونیک و میکروالکترونیک در طراحی و ساخت تجهیزات ابزار دقیق نیروگاهی با توجه به محل بکارگیری و حساسیت کاربرد.</li> <li>○ تجهیزاتی که امکان جایگزینی با فناوری‌های نوین را ندارند.</li> <li>○ تجهیزاتی که با استفاده از فناوری‌های نوین ساخته می‌شوند، اما به دلیل حساسیت بالای محل بکارگیری امکان جایگزینی وجود ندارد.</li> <li>○ تجهیزاتی که با استفاده از فناوری‌های نوین ساخته می‌شوند، اما از لحاظ اقتصادی قابلیت رقابت با محصولات موجود در نیروگاه را ندارند.</li> <li>○ تجهیزاتی که با استفاده از فناوری‌های نوین ساخته می‌شوند و هم‌اکنون در نیروگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند.</li> <li>○ تجهیزاتی که با استفاده از فناوری‌های نوین ساخته می‌شوند و امکان جایگزینی آن‌ها نیز وجود دارد.</li> </ul>	
			<p>آقای دکتر لطیفی، مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ در گزارش اصلاحات زیر انجام شود.</li> </ul>	۲

- در متن سند و معرفی اعضای کمیته راهبری نام دانشگاه شهید عباسپور با دانشگاه شهید بهشتی جایگزین شود، زیرا دانشگاه شهید عباسپور، هم اکنون یکی از پردیس های دانشگاه شهید بهشتی می باشد.
- واژه اپتیک به المان های passive اشاره دارد، بهتر است از واژه فوتونیک به جای اپتیک استفاده شود که چهارچوب گسترده تری را در بر می گیرد.
- با توجه به اینکه در بررسی دوره عمر فناوری ها، فناوری electromagnetic در دوره بلوغ و نزدیک به افول معرفی شده است، ولی این فناوری در حوزه میکروالکترونیک در حال رشد می باشد، برای شفاف نمودن موضوع در درخت فناوری به جای electromagnetic از electromagnetic device استفاده شود.
- در گام چهارم پروژه و در بخش سیاست ها و اقدامات، بیان شده است که در فراخوان انجام پروژه ها از دانشگاه ها و شرکت های دانش بنیان دعوت شود. بهتر است "شرکت های دانش بنیان" با "شرکت های ذیصلاح" جایگزین شود تا محدودیت غیر منطقی ایجاد نشود.
- در دسته بندی فناوری پروژه ها، در برخی موارد ابهام وجود دارد. برای نمونه فناوری دستگاه Temperature Switch، بر پایه عملکرد، مکانیکی معرفی شده است ولی ممکن است فناوری با اهمیت تر در آن "مواد" باشد. در این گونه موارد لازم است، توضیحی به گزارش (اسناد پشتیبان) افزوده شده و رفع ابهام شود. این موضوع هنگام دریافت رزومه شرکت ها و گزینش آن ها دارای اهمیت است.
- بیانیه چشم انداز بهتر است، رسمی تر و امروزی تر شود. واژه های به کار رفته در متن بیانیه، مناسب نیستند.
- ایجاد آزمایشگاه های پژوهشی در دانشگاه ها، به منظور افزایش بسترهای پژوهشی و تربیت نسل های ماهر دانشجویی، در سیاست های سند در نظر گرفته شود.
- در بهای معرفی شده برای دستگاه های ابزار دقیق، افزایش های مقطعی به دلیل تحریم یا موارد مشابه در نظر گرفته شده و به خواننده سند یادآور شود.

آقای مهندس فرحناکیان مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:

- ارائه پیشنهاد برای بیانیه جدید چشم انداز که با رایزنی اعضای کمیته به شرح زیر نهایی شد.

### "کسب و انباشت دانش طراحی و ساخت تجهیزات اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاهی و توسعه

#### بومی‌سازی محصولات فناورانه"

- در متن سند و گزارش‌ها، عبارت "طراحی و ساخت" جایگزین واژه "ساخت" شود که بیانگر تاکید بر کسب و انباشت دانش فنی و فناوری می باشد.
- معاونت تحقیقات و منابع انسانی تدوین‌گر سیاست‌های صنعت برق می باشد و شرکت‌های مادر تخصصی مسئولیت اجرای سیاست‌ها و تامین منابع را به عهده دارند. این موضوع در گزارش‌ها و سند باید اصلاح شود.
- در بخش تدوین سیاست‌ها، افزون بر آزمایشگاه‌های پژوهشی، ایجاد آزمایشگاه‌های مرجع جهت انجام آزمون‌های صنعتی و صدور تاییدیه‌ها نیز در نظر گرفته شود.

### آقای مهندس نریمانی مطالبی را پیرامون محورهای زیر مطرح نمودند:

- پارامتری در محاسبه‌ی عدد شایستگی اعمال شود تا دستگاه‌هایی که نیاز فوری نیروگاه هستند، در الویت قرار گیرند.
- ارائه توضیحات لازم در پاسخ به دیگر اعضای کمیته در خصوص چگونگی انتخاب و رده بندی دستگاه‌های گزینش شده برای طراحی و ساخت

### در پایان :

- بنا شد ویرایش‌های مورد نظر اعضای کمیته در گزارش‌ها انجام و گزارش‌های جدید برای اعضای کمیته ارسال شود.
- کلیات فعالیت‌ها و گزارش‌های گام‌های یکم تا چهارم پروژه مورد تایید اعضای کمیته قرار گرفت. ویرایش‌های احتمالی آینده در سند راهبردی صورت خواهد گرفت.
- بنا شد در نشست آینده درباره بخش بندی پروژه‌ها، زمان، بودجه، مجریان و چگونگی انجام آن‌ها گفتگو شود.
- آقای دکتر لطیفی تاکید نمودند، بهتر است در نشست‌های آینده، تمامی اعضای کمیته حضور داشته باشند تا هم اندیشی بهتری درباره موضوعات صورت بگیرد.
- تاریخ و زمان برگزاری نشست آینده با توافق اعضای کمیته حاضر، ساعت ۱۶:۳۰ روز یکشنبه ۹۳/۱۲/۱۷

تعیین شد. در این خصوص هماهنگی‌ها و اطلاع‌رسانی مورد نیاز انجام خواهد شد.

دستورنشست آینده: تعریف پروژه‌ها و چگونگی تدوین نقشه راه انجام پروژه‌ها

تاریخ: ۹۳/۱۲/۱۰		شماره: ۴		پوست:		موضوع جلسه: "بررسی و تصویب نقشه راه اقدامات پیشرفته اندازه‌گیری در نیروگاه‌ها"	
موضوعات مطرح شده		ردیف		نتیجه / تاریخ		مورد پیگیری	
۱. تطبیق فعالیت‌ها که در گزارشات مراحل اول تا چهارم پروژه مورد تأیید اعضای کمیته قرار گرفت		۱					
۲. مقرر شد اصلاحات اعلامی آن در سند جامع پروژه اعمال شود.		۲					
۳. همسایه‌های استادیوم در مورد قسم سبک پروژه اقدام شد. بحث در کمیته در جلسه بعدی کمیته راهبردی انجام خواهد شد.		۳					
۴. مقرر شد شرکت توانیر به عنوان تأمین کننده منابع و مطالبات تحقیقات و منابع انسانی به عنوان تدوین گر سیاستها معین شود.		۴					

دستور جلسه بعد:

نام و اعضای حاضران جلسه:



## مراجع

- [۱] گزارش مرحله‌ی اول " تدوین سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه سیستم های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها " پژوهشگاه نیرو ۱۳۹۳.
- [۲] گزارش مرحله‌ی دوم " تدوین سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه سیستم های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها " پژوهشگاه نیرو ۱۳۹۳.
- [۳] گزارش مرحله‌ی سوم " تدوین سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه سیستم های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها " پژوهشگاه نیرو ۱۳۹۳.
- [۴] ناصر باقری مقدم، سید مسلم موسوی درچه، مسعود نصری و عنایت الله معلمی "موتورهای محرک نوآوری چارچوبی خلاقانه برای تحلیل پویایی نظامهای نوآوری فناورانه" مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، ۱۳۹۲

## فهرست مطالب

- ۱- مقدمه ..... ۱
- ۲- مبنای شکستن اقدامات ..... ۲
- ۲-۱- ابزارهای شکستن اقدامات ..... ۲
- ۳- فرآیند تعریف پروژه‌ها و فعالیت‌ها ..... ۵
- ۴- تدوین پروژه‌های اجرایی ..... ۶
- ۴-۱- تشریح و هدف از اجرای طرح‌ها و پروژه‌ها ..... ۸
- ۴-۱-۱- طرح حسگرهای حفاظت و نشتی گاز (طرح حفا) ..... ۸
- ۴-۱-۱-۱- Burner flame Detector ساخت و طراحی ..... ۸
- ۴-۱-۱-۲- Fire Detector ( for firefighting system in hazardous area ) ساخت و طراحی ..... ۹
- ۴-۱-۱-۳- Fire Fighting Control Panel (SIL 2 or 3 ) ساخت و طراحی ..... ۱۰
- ۴-۱-۱-۴- Heat Detector ( for firefighting system in hazardous area ) ساخت و طراحی ..... ۱۱
- ۴-۱-۱-۵- Smoke Detector ( for firefighting system in hazardous area ساخت و طراحی ..... ۱۲
- ۴-۱-۲- طرح اندازه‌گیری دما ..... ۱۳
- ۴-۱-۲-۱- Industrial Temperature transmitter (head mount, field mount, panel mount ) ساخت و طراحی ..... ۱۳
- ۴-۲-۱- Temperature Indicator (Dial - Gas Filled) ساخت و طراحی ..... ۱۴
- ۴-۲-۱-۳- Temperature Switch (Bellows Type) ساخت و طراحی ..... ۱۵
- ۴-۲-۱-۴- Temperature Indicator Switch (Dial - Gas Filled) ساخت و طراحی ..... ۱۵
- ۴-۱-۳- طرح حسگرهای سوخت دود احتراق (طرح سدا) ..... ۱۶
- ۴-۱-۳-۱- CO, CO2 ,NOX ,SOX Analyzer ساخت و طراحی ..... ۱۷

- ۱۸..... Gas Calorimeter ساخت و طراحی و ۲-۳-۱-۴
- ۱۹..... Zirconia O2 Sensor ساخت و طراحی و ۳-۳-۱-۴
- ۲۰..... Online Sensor of CO , CO2 , NOX, SO ساخت و طراحی و ۴-۳-۱-۴
- ۲۱..... Oxygen Analyzer ساخت و طراحی و ۵-۳-۱-۴
- ۲۲.. Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer ساخت و طراحی و ۶-۳-۱-۴
- ۲۳..... طرح حسگرهای شیمیایی آب (طرح شیم) ۴-۱-۴
- ۲۳..... DO2 Analyzer (Dissolved Oxygen Analyzer) ساخت و طراحی و ۱-۴-۱-۴
- ۲۴..... DO2 sensor ساخت و طراحی و ۲-۴-۱-۴
- ۲۵..... طرح فشارسنج ۵-۱-۴
- ۲۵..... Pressure switch (Diaphragm Type) ساخت و طراحی و ۱-۵-۱-۴
- Pressure & Differential Pressure Transmitter (Diaphragm ساخت و طراحی و ۲-۵-۱-۴
- ۲۶..... Type)
- ۲۷..... Pressure Transmitter (Diaphragm type) ساخت و طراحی و ۳-۵-۱-۴
- Pressure Gauge & Pressure Indicator switch (Bourdon ساخت و طراحی و ۴-۵-۱-۴
- ۲۸..... Type)
- ۲۹..... طرح فلومتر ۶-۱-۴
- ۲۹..... Ultrasonic Flow Meter For Gas ساخت و طراحی و ۱-۶-۱-۴
- ۳۰..... OVAL Gear Flow meter ساخت و طراحی و ۲-۶-۱-۴
- ۳۱..... Thermal flow Transmitter or Switch ساخت و طراحی و ۳-۶-۱-۴
- ۳۲..... Ultrasonic Flow Meter For Liquid ساخت و طراحی و ۴-۶-۱-۴
- ۳۲..... طرح حسگرهای پارامتر مکانیکی (طرح مکا) ۷-۱-۴
- ۳۳..... Absolute Vibration Sensor ساخت و طراحی و ۱-۷-۱-۴

۳۴	.....systems of Rotary machines ( turbine , pump , motor , ... )	۲-۷-۱-۴	طراحی و ساخت	Special Proximity Sensor or Switch For Supervisory
۳۵	.....Rotor (Shaft) Balancer	۳-۷-۱-۴	طراحی و ساخت	
۳۶	.....Turbine Supervisory panel	۴-۷-۱-۴	طراحی و ساخت	
۳۶	.....Limit or Micro Switch	۵-۷-۱-۴	طراحی و ساخت	
۳۷	.....Relative Vibration Sensor	۶-۷-۱-۴	طراحی و ساخت	
۳۸	.....	۲-۴	بودجه ریزی و زمانبندی	
۳۸	.....( طرح حفا) و نشتی گاز (طرح حفا) حسگرهای حفاظت و نشتی گاز	۱-۲-۴	زمانبندی طرح حسگرهای حفاظت و نشتی گاز	
۴۰	.....	۲-۲-۴	زمانبندی طرح اندازه‌گیری دما	
۴۱	.....( طرح سدا) سوخت دود احتراق (طرح سدا) حسگرهای سوخت دود احتراق	۳-۲-۴	زمانبندی طرح حسگرهای سوخت دود احتراق	
۴۲	.....( طرح شیم) شیمیایی آب (طرح شیم) حسگرهای شیمیایی آب	۴-۲-۴	زمانبندی طرح حسگرهای شیمیایی آب	
۴۲	.....	۵-۲-۴	زمانبندی طرح فشارسنج	
۴۳	.....	۶-۲-۴	زمانبندی طرح فلومتر	
۴۴	.....( طرح مکا) پارامتر مکانیکی (طرح مکا) حسگرهای پارامتر مکانیکی	۷-۲-۴	زمانبندی طرح حسگرهای پارامتر مکانیکی	
۴۶	.....( نگاشت نهادی مطلوب) تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب)	۳-۴	تقسیم کار ملی	
۵۵	.....	۴-۴	ترسیم نقشه راه	
۵۶	.....مورد انتظار: پیامدهای مورد انتظار:	۱-۴-۴	پیامدهای مورد انتظار:	
۵۷	.....	۲-۴-۴	اقدامات مدیریتی:	
۵۷	.....	۴-۴-۴	برنامه‌های تعریف پروژه:	
۵۸	.....( POC) : برنامه پروژه‌های چالش فنی (POC):	۵-۴-۴	برنامه پروژه‌های چالش فنی	
۶۱	.....	۵	نتیجه‌گیری:	
۵۷	.....		پیوست شماره‌ی یک	
۵۷	.....		نشست نامه‌ها	



## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱- روند نمای تعریف پروژه‌های اجرایی ..... ۵
- شکل ۲- نقشه‌ی راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها ..... ۶۰

## فهرست جدول‌ها

- جدول ۱- زمانبندی طرح حسگرهای حفاظت و نشتی گاز (طرح حفا)..... ۳۹
- جدول ۲- زمانبندی طرح اندازه‌گیری دما..... ۴۰
- جدول ۳- زمانبندی طرح حسگرهای سوخت دود احتراق (طرح سدا)..... ۴۱
- جدول ۴- زمانبندی طرح حسگرهای شیمیایی آب (طرح شیم)..... ۴۲
- جدول ۵- زمانبندی طرح فشارسنج..... ۴۲
- جدول ۶- زمانبندی طرح فلومتر..... ۴۲
- جدول ۷- زمانبندی طرح حسگرهای پارامتر مکانیکی (طرح مکا)..... ۴۵
- جدول ۸- وظایف بازیگران برای کارکرد کسب و توسعه دانش..... ۴۶
- جدول ۹- وظایف بازیگران برای کارکرد انتشار دانش..... ۴۷
- جدول ۱۰- وظایف بازیگران برای کارکرد کارآفرینی..... ۴۸
- جدول ۱۱- وظایف بازیگران برای کارکرد بازار سازی..... ۴۸
- جدول ۱۲- وظایف بازیگران برای کارکرد جهت دهی..... ۴۹
- جدول ۱۳- وظایف بازیگران برای کارکرد مشروعیت بخشی..... ۴۹
- جدول ۱۴- وظایف بازیگران برای کارکرد تامین منابع..... ۵۱
- جدول ۱۵- مجریان پروژه‌های اکتساب فناوری‌های اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاه‌ها..... ۵۱

## ۱- مقدمه

در گزارش مرحله چهارم پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها" به معرفی سیاست‌ها و اقداماتی که در جهت کسب فناوری‌های ساخت تجهیزات ابزار دقیق نیروگاه‌ها ضروریست پرداخته شد. در این مرحله به منظور تدوین ره‌نگاشت (نقشه راه) و برنامه‌های عملیاتی برای دستیابی به فناوری و ساخت تجهیزات ابزار دقیق نیروگاه‌ها، به نحوه شکستن اقدامات و تعیین میزان هزینه مورد نیاز برای اجرایی نمودن آنها و همچنین نیروی انسانی مورد نیاز و تعیین مجریان، همکاران و ناظران اجرای این اقدامات پرداخته خواهد شد.

## ۲- مبنای شکستن اقدامات

یکی از مسائل کلیدی دیگر در فرآیند شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، تعیین مبنایی است که بر اساس آن اقدامات شکسته شوند. اینکه کدام مبنای برای شکستن اقدامات مورد توجه قرارگیرد بر اساس عوامل مختلفی تعیین می‌شود که در ادامه به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

✓ ساختار و فرهنگ حاکم:

اگر در ساختار موجود کشور تقسیم‌بندی ویژه و یا هنجارهای پذیرفته شده اثرگذاری وجود داشته باشد، می‌تواند مبنای شکستن پروژه‌های اجرایی را جهت‌دهی نماید.

✓ نیازمندی‌های فعلی:

نیازمندی‌هایی که بر مبنای آن شکسته شدن اقدامات صورت می‌پذیرد در طول زمان قابل تغییر است.

✓ منافع اقتصادی:

میزان کسب درآمد از پروژه‌های اجرایی می‌تواند مبنایی برای شکستن اقدامات باشد. به عنوان مثال درآمدزا یا هزینه‌بر بودن پروژه‌های اجرایی از این جهت می‌تواند مبنای قرار گیرد که ابتدا پروژه‌های اجرایی درآمدزا انجام شوند و از درآمد حاصل برای انجام پروژه‌های اجرایی هزینه‌بر استفاده شود.

✓ نظرات ذینفعان:

از آنجایی که هدف از تحقق اقدامات در واقع برآوردن نیاز ذینفعان و کسب منافع توسط این گروه می‌باشد، ضروری است نظرات ذینفعان در بخش‌های مختلف فرآیند پیاده‌سازی از جمله چگونگی شکستن اقدامات مورد توجه قرارگیرد.

در صورتی که تصمیم گرفته شود که تعدادی از پروژه‌های اجرایی نیز به زیرفعالیت‌هایشان شکسته شوند، می‌توان در شکستن دوم از مبنای دیگری استفاده نمود.

## ۲-۱- ابزارهای شکستن اقدامات

تاکنون مفاهیم و موضوعات کلیدی شکستن اقدامات مورد بحث و بررسی قرارگرفت. در این بخش چند ابزار برای انجام این مهم معرفی می‌گردد.

➤ تجزیه و تحلیل فرآیند استاندارد

در ادبیات برخی از اقدامات، فرآیند تجربه شده‌ای وجود دارد که به طور عام توسط نخبگان علمی آن حوزه مورد پذیرش قرار گرفته است. چنین فرایندهایی فرایند استاندارد نامیده می‌شود. در صورتی که در مورد اقدامات خاصی فرایند استاندارد وجود داشته باشد، پروژه‌های اجرایی ارائه شده در آن به‌عنوان مجموعه پروژه‌های اجرایی استاندارد پذیرفته می‌شوند.

#### ➤ بهینه‌سازی کاوی

در صورتی که در راستای تحقق یک اقدام، فرایند استاندارد وجود نداشته باشد و یا به علت عدم دسترسی قابل استفاده نباشد، از ابزار بهینه‌سازی کاوی استفاده می‌شود. بهینه‌سازی کاوی به معنی بررسی تجربه‌های انجام شده و یادگیری می‌باشد. اگرچه در این حالت به علت عدم وجود الگویی استاندارد، انتظار می‌رود تجربه‌های پیشین در ابعاد مختلفی با یکدیگر تفاوت داشته باشند که از علل اصلی آن خواستگاه منطقه‌ای و ویژگی‌های خاصی است که فرایند در قالب آن طراحی و اجرا شده است یکی از مسائل کلیدی به کارگیری این ابزار چگونگی در کنار هم قرار دادن نتایج تجربه‌های مختلف برای دستیابی به الگویی مطلوب می‌باشد. اگر نتوان از این روش به مجموعه‌ای از پروژه‌های اجرایی قابل قبول دست یافت، از پروژه‌های اجرایی غیرنهایی به دست آمده می‌توان در ابزار علی - معلولی استفاده نمود.

#### ➤ تحلیل علی معلولی

هدف این ابزار استفاده از نظرات خبرگان برای شکستن اقدامات به مجموعه پروژه‌های اجرایی می‌باشد. از همین رو ضروری است استفاده از این ابزار با حضور خبرگانی مسلط بر ابعاد مختلف اقدام مربوطه صورت گیرد. در ادامه چگونگی استفاده از این ابزار در جلسه‌ای با حضور خبرگان توضیح داده می‌شود.

گام ۱: در ابتدای جلسه توضیحات مربوط به معرفی اقدام ارائه می‌گردد تا کلیه افراد حاضر به نگرش یکسانی از اقدام مورد نظر دست یابند.

گام ۲: در یک طوفان فکری پروژه‌های اجرایی که از نظر خبرگان برای انجام اقدام مزبور ضروری به نظر می‌رسد مطرح شده و در معرض دید همگان قرار می‌گیرد.

حاضرین جلسه باید این نکته را مد نظر قرار دهند که در مرحله اول صرفاً اقدامات به پروژه‌های اجرایی اساسی تشکیل دهنده‌اش شکسته می‌شوند. از همین رو بهتر است از بیان مواردی که خود زیرفعالیت پروژه‌های اجرایی اساسی به شمار می‌روند و یا قابل بیان شدن به شکل پروژه‌های اجرایی کلان‌تری هستند اجتناب ورزند. در صورتی که تصمیم گرفته شود برخی

پروژه‌های اجرایی به زیرفعالیت‌های خود شکسته شوند، در مرحله دیگری فرایند جاری در مورد آن پروژه‌های اجرایی تکرار می‌شود. به عبارتی در هر مرحله از به‌کارگیری این ابزار، شکستن تنها در یک سطح انجام می‌پذیرد.

پس از انجام این گام فهرست اولیه‌ای از پروژه‌های اجرایی پیشنهادی به دست می‌آید. در تکمیل این فهرست می‌توان از اطلاعات به‌دست آمده از دو ابزار دیگر به‌ویژه بهینه‌کاوی استفاده نمود. (ممکن است بتوان در مورد یک فعالیت از روش تحلیل فرآیند استاندارد و یا بهینه‌کاوی به نتیجه رسید، علیرغم اینکه در مورد اقدام بالادست استفاده از این دو ابزار نتیجه بخش نبوده باشد)

گام ۳: کلیه موارد موجود در لیست اولیه تحت سه عنوان زیر دسته‌بندی می‌شوند:

الف) پروژه‌های اجرایی اصلی تکین: پروژه‌های اجرایی هستند که اولاً در راستای تحقق اقدام مورد نظر انجام آن‌ها ضروری بوده و ثانیاً در بین سایر پروژه‌های اجرایی پیشنهاد شده موارد مشابه قابل جایگزینی با آن وجود ندارد.

ب) پروژه‌های اجرایی جایگزین: این دسته شامل آن بخش از پروژه‌های اجرایی ضروری می‌باشد که در بین سایر پروژه‌های اجرایی، موارد مشابه قابل جایگزینی با آن‌ها یافت می‌شود. در این حالت هر گروه از پروژه‌های اجرایی مشابه را در مجموعه‌هایی جمع کرده که مجموعه‌های جایگزینی نامیده می‌شوند. سرانجام می‌باید از هر یک از مجموعه‌های جایگزینی یک پروژه اجرایی انتخاب شود.

مجموعه‌های جایگزینی نباید با یکدیگر دارای اشتراک باشند. همچنین در صورتی که پروژه اجرایی قابل تخصیص به بیش از یک مجموعه جایگزینی باشد، آن پروژه اجرایی به چند بخش تفکیک شده و هر بخش به مجموعه مربوطه اختصاص می‌یابد.

ج) پروژه‌های اجرایی پشتیبانی: پروژه‌های اجرایی که در راستای تحقق یک اقدام، ضروری نیستند ولی می‌توانند فرآیند انجام اقدام مورد نظر را تقویت کرده و آن‌را تسریع بخشند.

در صورتی که پس از دسته‌بندی فوق مواردی وجود داشته باشند که به نوعی زیرفعالیت سایر پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبانی به حساب آیند حذف می‌گردند (در صورت لزوم در شکستن پروژه‌های اجرایی به زیرفعالیت‌ها در مراحل بعد مورد استفاده قرار می‌گیرند) در غیراینصورت لازم است پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبان دیگری تعریف شود که دربرگیرنده زیرفعالیت مزبور باشد.

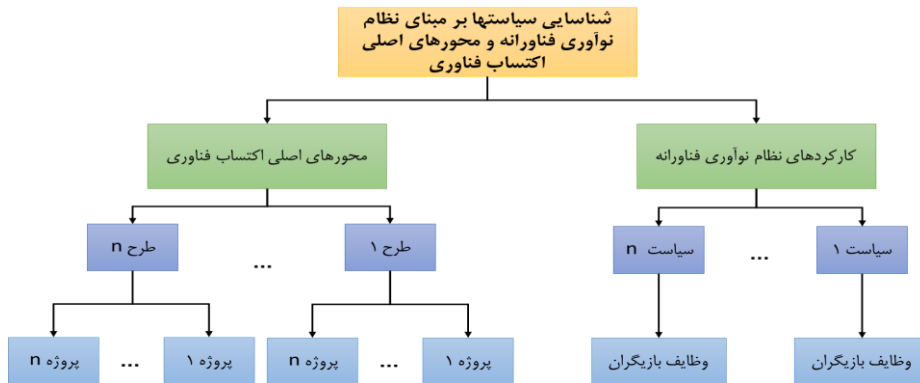
در نهایت پروژه‌های اجرایی دسته‌بندی شده می‌باید دارای دو ویژگی باشند:

✓ در یک سطح باشند

✓ غیر از پروژه‌های اجرایی درون یک مجموعه جایگزینی، سایر پروژه‌های اجرایی باید بدون همپوشانی باشند. در غیر این صورت می‌باید تغییراتی در آن‌ها اعمال گردد که همپوشانی موجود حذف شود.

### ۳- فرآیند تعریف پروژه‌ها و فعالیت‌ها

بمنظور شناسایی پروژه‌ها و فعالیت‌های لازم برای دستیابی به اهداف سند، همانطور که در بخش قبل ملاحظه شد با استفاده از روش تحلیل علی معلولی و بهره‌گیری از نظر اعضای محترم کمیته راهبری و همچنین خبرگان صنعت برق، این نتیجه حاصل شد که پروژه‌ها در دو دسته کلی فعالیت‌های نظام نوآوری که در ارتباط با سیاست‌های در نظر گرفته شده در هریک از کارکردها می‌باشند (در قالب وظایفی که برای هریک از بازیگران اصلی تعریف شده است) و همچنین پروژه‌های اکتساب فناوری (هفت طرح کلی) طبقه بندی گردند. شکل (۱) روند نمای تعریف پروژه‌های اجرایی و شکست فعالیت‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱- روند نمای تعریف پروژه‌های اجرایی

در ادامه پروژه‌های تدوین شده به تفصیل ارائه خواهند شد. پروژه‌های تعریف شده پس از ارائه به کمیته راهبری و بررسی‌های صورت گرفته در این کمیته به جمع بندی نهایی رسیده و ارائه شده است.

## ۴- تدوین پروژه‌های اجرایی

در این بخش مشخص خواهد شد که چه پروژه یا مجموعه پروژه‌هایی و با چه اولویت‌بندی باید در سالیان مختلف اجرا گردند تا در صورت اجرای آن‌ها بتوان اطمینان حاصل کرد که اقدامات عملیاتی مورد بحث در حوزه فناوری مورد نظر صورت گرفته، اهداف خرد و کلان تحقق یافته و راهبردها به بار نشسته است.

به منظور تحقق سیاست‌های مرتبط با توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها لازم است پروژه‌های اجرایی تعریف گردند. لیست زیر پروژه‌های اجرایی مورد اشاره را در قالب ۷ طرح در بر گرفته است.

### ۱. طرح حسگرهای حفاظت و نشستی گاز (طرح حفا)

- ۱.۱. طراحی و ساخت Burner flame Detector
- ۱.۲. طراحی و ساخت Fire Detector ( for firefighting system in hazardous area )
- ۱.۳. طراحی و ساخت Fire Fighting Control Panel (SIL 2 or 3 )
- ۱.۴. طراحی و ساخت Heat Detector ( for firefighting system in hazardous area )
- ۱.۵. طراحی و ساخت Smoke Detector ( for firefighting system in hazardous area )

### ۲. طرح اندازه‌گیری دما

- ۲.۱. طراحی و ساخت Industrial Temperature transmitter (head mount, field mount, panel mount )
- ۲.۲. طراحی و ساخت Temperature Indicator (Dial - Gas Filled)
- ۲.۳. طراحی و ساخت Temperature Switch (Bellows Type)
- ۲.۴. طراحی و ساخت Temperature Indicator Switch (Dial - Gas Filled)

### ۳. طرح حسگرهای سوخت دود احتراق (طرح سدا)

- ۳.۱. طراحی و ساخت CO, CO<sub>2</sub>, NOX, SOX Analyzer
- ۳.۲. طراحی و ساخت Gas Calorimeter
- ۳.۳. طراحی و ساخت Zirconia O<sub>2</sub> Sensor



۳,۴. طراحی و ساخت Online Sensor of CO , CO2 , NOX, SO

۳,۵. طراحی و ساخت Oxygen Analyzer

۳,۶. طراحی و ساخت Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer

#### ۴. طرح حسگرهای شیمیایی آب (طرح شیم)

۴,۱. طراحی و ساخت DO2 Analyzer (Dissolved Oxygen Analyzer)

۴,۲. طراحی و ساخت DO2 sensor

#### ۵. طرح فشارسنج

۵,۱. طراحی و ساخت Pressure switch (Diaphragm Type)

۵,۲. طراحی و ساخت Pressure & Differential Pressure Transmitter (Diaphragm Type)

۵,۳. طراحی و ساخت Pressure Transmitter (Diaphragm type)

۵,۴. طراحی و ساخت Pressure Gauge & Pressure Indicator switch (Bourdon Type)

#### ۶. طرح فلومتر

۶,۱. طراحی و ساخت Ultrasonic Flow Meter For Gas

۶,۲. طراحی و ساخت OVAL Gear Flow meter

۶,۳. طراحی و ساخت Thermal flow Transmitter or Switch

۶,۴. طراحی و ساخت Ultrasonic Flow Meter For Liquid

#### ۷. طرح حسگرهای پارامتر مکانیکی (طرح مکا)

۷,۱. طراحی و ساخت Absolute Vibration Sensor

۷,۲. طراحی و ساخت Special Proximity Sensor or Switch For Supervisory systems of Rotary

machines ( turbine , pump , motor , ... )

۷,۳. طراحی و ساخت Rotor (Shaft) Balancer

۷,۴. طراحی و ساخت Turbine Supervisory panel

۷.۵. طراحی و ساخت Limit or Micro Switch

۷.۶. طراحی و ساخت Relative Vibration Sensor

#### ۴-۱- تشریح و هدف از اجرای طرح‌ها و پروژه‌ها

##### ۴-۱-۱- طرح حسگرهای حفاظت و نشتی گاز (طرح حفا)

یکی از مباحث مهم و اصلی در نیروگاه و سایر صنایع، بررسی نشتی گاز است. تشخیص به موقع نشتی گاز و ارسال هشدار به کاربر جهت جلوگیری از انفجار و خسارت‌های فراوان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، لذا شرکت‌های سازنده‌ی گوناگونی در ساخت دستگاه‌های نشت‌یاب گاز فعالیت می‌کنند.

فعالیت‌های مرتبط با طرح :

- ✓ طراحی و ساخت Burner flame Detector
- ✓ طراحی و ساخت Fire Detector ( for firefighting system in hazardous area )
- ✓ طراحی و ساخت Fire Fighting Control Panel (SIL 2 or 3 )
- ✓ طراحی و ساخت Heat Detector ( for firefighting system in hazardous area )
- ✓ طراحی و ساخت Smoke Detector ( for firefighting system in hazardous area )

##### ۴-۱-۱-۱- طراحی و ساخت Burner flame Detector

اطلاع و آگاهی از وضعیت شعله در پروسه تولید بخار در بویلر امری حیاتی بشمار می‌رود. لذا امروزه با استفاده از حسگرهای UV و IR می‌توان شعله‌ی بویلر نیروگاه‌ها را پایش کرد. در واقع با بررسی طیف تشعشعی دریافتی از احتراق می‌توان به وجود شعله و چگونگی کیفیت شعله پی برد. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی دستگاه Burner flame Detector است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

۱- تعریف پروژه POC

- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر انجام پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر انجام پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه Burner flame Detector

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۱-۲- طراحی و ساخت ( Fire Detector ( for firefighting system in hazardous area

در اوایل دهه ۱۹۰۰، اپراتورها شعله کوره‌ها را با سرکشی و بازدیدهای دوره‌ای، کنترل می‌کردند. این کار خطرات زیادی را در پی داشت. بیشتر انفجارات به دلیل خاموش شدن شعله کوره و تأخیر در احتراق مجدد به وجود می‌آمد و در نتیجه به کارگیری روش‌هایی برای تأمین امنیت، ضروری به نظر می‌رسد. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Fire Detector است. اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی

#### ۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه ( Fire Detector ( for firefighting system in hazardous area )

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۱-۳- طراحی و ساخت ( Fire Fighting Control Panel ( SIL 2 or 3 )

واحد کنترل سیستم هشدار آتش، در واقع پانل دریافت اطلاعات از سنسورهای مختلف برای تشخیص تغییرات در ارتباط با آتش سوزی می‌باشد که با نظارت بر اطلاعات دریافتی و پردازش آن دستورالعملی را که از قبل تعیین شده را اجرا می‌کند. این واحد برای جلوگیری از خسارت ناشی از آتش سوزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Fire Fighting Control Panel است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه ( Fire Fighting Control Panel (SIL 2 or 3

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۱-۴- طراحی و ساخت ( Heat Detector ( for firefighting system in hazardous area

آشکارسازهای حرارتی همان هیت دتکتورها هستند که در دمای معینی که بر روی آنها قابل تنظیم است فرمان قطع و وصل صادر می‌کنند. و کاربرد عمده آن در سیستم اعلام حریق در مخازن روغن و سیالات دیگر است. هدف از این فعالیت بومی‌سازی Heat Detector می‌باشد.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه ( Heat Detector ( for firefighting system in hazardous area

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۱-۵- طراحی و ساخت ( Smoke Detector ( for firefighting system in hazardous area

آشکارساز دود ابزاری است که برای حس کردن و آشکارسازی دود مورد استفاده قرار می‌گیرد. آشکارساز دود با استفاده از یک حسگر نوری و با ارسال علائم نوری به یک گیرنده (که درون خود حسگر است) می‌تواند میزان تغییر و کاهش نور رسیده را اندازه‌گیری کند و اگر تغییر آشکاری در میزان نور دریافتی مشاهده شود، آن را به حریق تعبیر کند. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Smoke Detector است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه ( Smoke Detector ( for firefighting system in hazardous area

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۲- طرح اندازه‌گیری دما

دما و دما سنجی از مباحث بسیار مهم در پروسه‌های صنعتی است. در حقیقت کمتر پروسه کنترلی بدون کنترل دما می‌توان در نظر گرفت. کنترل پارامتر دما در بخش‌های مختلف نیروگاه در پروسه‌های مختلفی که منجر به تولید برق می‌شود از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. به عنوان مثال اندازه‌گیری درجه‌ی حرارت در بخش‌هایی نظیر بویلر، توربین، ژنراتور و .... توسط دماسنج‌های مختلف صورت می‌گیرد تا با کنترل دما از بروز خسارات احتمالی جلوگیری بعمل آید.

فعالیت‌های مرتبط با طرح :

✓ طراحی و ساخت ( Industrial Temperature transmitter (head mount, field mount, panel mount

✓ طراحی و ساخت ( Temperature Indicator (Dial - Gas Filled

✓ طراحی و ساخت ( Temperature Switch (Bellows Type

✓ طراحی و ساخت ( Temperature Indicator Switch (Dial - Gas Filled

#### ۴-۱-۲-۱- طراحی و ساخت ( Industrial Temperature transmitter (head mount, field mount, panel mount

ترانسمیتر صنعتی دما ابزاری است که برای اندازه‌گیری پارامتر دما مورد استفاده قرار می‌گیرد و مقادیر اندازه‌گیری شده را به صورت جریان الکتریکی استاندارد در بازه ۴ تا ۲۰ میلی آمپر روی یک زوج سیم یا PROFIBUS یا Fieldbus یا HART ارسال می‌نماید. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Industrial Temperature transmitter است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

۱- تعریف پروژه POC

۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه

۳- نظارت بر پروژه POC

۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی

۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی

۶- نظارت بر انجام پروژه نیمه صنعتی

۷- نظارت بر انجام پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه ( Industrial Temperature transmitter (head mount, field mount, panel mount )

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۲-۲- طراحی و ساخت (Temperature Indicator (Dial - Gas Filled)

اندازه‌گیری دمای سیستم از جمله کمیت‌های مهمی است که پایش آن در واحدهای صنعتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا از ادوات مختلفی استفاده می‌شود که درجه حرارت را اندازه‌گیری و به کاربر نمایش می‌دهد. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Temperature Indicator است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

۱- تعریف پروژه POC

۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه

۳- نظارت بر پروژه POC

۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی

۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی

۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی

۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه (Temperature Indicator (Dial - Gas Filled)

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی



#### ۴-۱-۲-۳- طراحی و ساخت Temperature Switch (Bellows Type)

اندازه‌گیری دمای سیستم از جمله کمیت‌های مهمی است که پایش آن در واحدهای صنعتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا از ادوات مختلفی استفاده می‌شود که با توجه به نیاز، علاوه بر سنجش میزان درجه حرارت، اغلب توانایی تولید سیگنال کنترلی و همینطور سوئیچ را نیز دارا می‌باشند تا با توجه به set point مورد نظر فرمان مناسب را صادر کند. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Temperature Switch است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه Temperature Switch (Bellows Type)

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۲-۴- طراحی و ساخت Temperature Indicator Switch (Dial - Gas Filled)

اندازه‌گیری دمای سیستم از جمله کمیت‌های مهمی است که پایش آن در واحدهای صنعتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا از ادوات مختلفی استفاده می‌شود که با توجه به نیاز، علاوه بر سنجش میزان درجه حرارت و نمایش آن به

کاربر، توانایی تولید سیگنال کنترلی و همینطور سوئیچ را نیز دارا می‌باشند تا با توجه به set point مورد نظر فرمان مناسب را صادر کند. هدف از این فعالیت بومی‌سازی Temperature Indicator Switch می‌باشد.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه Temperature Indicator Switch (Dial - Gas Filled)s

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۳- طرح حسگرهای سوخت دود احتراق (طرح سدا)

برای تولید سوخت مناسب در نیروگاه‌های تولید برق، می‌بایست نسبت ترکیب سوخت و هوا کاملاً متناسب باشد تا نه تنها بازده و راندمان نیروگاه در شرایط و دماهای گوناگون بهینه شود، بلکه از آلودگی محیط زیست جلوگیری کند. اجرای طرح مورد نظر که هدف آن دستیابی به دانش طراحی و ساخت حسگرهای سوخت، دود و احتراق است، می‌تواند نقش بسزایی در این زمینه ایفا کند.

فعالیت های مرتبط با طرح :

✓ طراحی و ساخت CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> Analyzer

- ✓ طراحی و ساخت Gas Calorimeter
- ✓ طراحی و ساخت Zirconia O2 Sensor
- ✓ طراحی و ساخت Online Sensor of CO , CO2 , NOX, SO
- ✓ طراحی و ساخت Oxygen Analyzer
- ✓ طراحی و ساخت Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer

#### ۴-۱-۳-۱- طراحی و ساخت CO, CO2, NOX, SOX Analyzer

در صنعت برق چند مسئله به لحاظ آلودگی محیط زیستی حائز اهمیت است. یکی از این مسائل آلودگی هوا ناشی از احتراق سوخت در تولید انرژی الکتریکی است. سوخت فسیلی اثرات زیست محیطی متعددی از جمله آلودگی هوا در بر خواهد داشت. از مهمترین اثرات آلوده‌کننده‌ی زیست محیطی نیروگاهی انتشار گازهای گلخانه‌ای به ویژه گاز CO<sub>2</sub> و گازهای اسیدی SO<sub>2</sub> و NOX و سایر آلاینده‌ها است. در این راستا استفاده از سیستم‌های کنترل و پایش مداوم گازهای خروجی از دودکش نیروگاه‌ها در صنعت برق مورد توجه قرار گرفته است. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی آنالایزر گازهای CO, CO<sub>2</sub>, NOX, SOX است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر انجام پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر انجام پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه CO, CO<sub>2</sub>, NOX, SOX Analyzer

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۳-۲- طراحی و ساخت Gas Calorimeter

کالریمتر یک ابزار متداول برای تجزیه و تحلیل شیمیایی است. در این روش در اندازه‌گیری و محاسبه درصد اجزاء تشکیل دهنده گاز طبیعی و بدست آوردن ارزش حرارتی گاز است. روش GC یک روش فیزیکی جدا کردن ترکیب گازها بدون تجزیه‌ی مواد است. در GC، گاز متحرک (فاز متحرک یا حامل) از درون لوله‌ای (ستون جداسازی) حرکت می‌کند که شامل یک ماده جامد یا مایع است (فاز ثابت). با عبور گاز از ستون‌ها، اجزای مختلف تشکیل دهنده‌ی گاز در زمان‌های معینی توسط ستون‌ها جداسازی می‌شوند در واقع کروماتوگرافی بر اساس اختلاف در سرعت مهاجرت اجزای سازنده‌ی گاز استوار است که این اجزا توسط آشکارساز شناسایی می‌شوند. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Gas Calorimeter است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان وگزینه‌ی مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینه‌ی مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه Gas Calorimeter

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۳-۳- طراحی و ساخت Zirconia O2 Sensor

حسگر اکسیژن یک قطعه الکترونیکی است که نسبت اکسیژن موجود در یک گاز یا مایع را اندازه‌گیری می‌کند. پروب این حسگر در جعبه‌ی دود بویلر یا درون دودکش نصب می‌شود. جزء اصلی حس‌کننده‌ی این حسگر قطعه‌ای لوله‌ای شکل از جنس سرامیک زیرکینیم است که توسط لایه‌ای نازک از پلاتین روکش شده است. این حسگر بر اساس پیل سوختی الکتروشیمیایی کار می‌کند. یک طرف آن در مجاورت با هوای اتمسفر قرار دارد و طرف دیگر در مجاورت گازهای آگزوز قرار می‌گیرد. دو الکتروود آن یک ولتاژ متناسب با مقدار نسبت اکسیژن آگزوز به هوای آزاد ارسال می‌کند. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Zirconia O2 Sensor است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه Zirconia O2 Sensor

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۳-۴- طراحی و ساخت Online Sensor of CO , CO2 , NOX, SO

یکی از این مسائل آلودگی هوا ناشی از احتراق سوخت در تولید انرژی الکتریکی است. سوخت فسیلی اثرات زیست محیطی متعددی از جمله آلودگی هوا در بر خواهد داشت. از مهمترین اثرات آلوده‌کننده‌ی زیست محیطی نیروگاهی انتشار گازهای گلخانه‌ای به ویژه گاز CO2 و گازهای اسیدی SO2 و NOX و سایر آلاینده‌ها است. در این راستا استفاده از سیستم‌های کنترل و پایش مداوم گازهای خروجی از دودکش نیروگاه‌ها در صنعت برق مورد توجه قرار گرفته است. تکنولوژی بکار رفته در ساخت این حسگرها به این صورت است که هنگامی که یک گاز در معرض نور مادون قرمز قرار می‌گیرد، مقداری از انرژی نورانی را جذب می‌کند. گازهای مختلف، طول موج نوری مختلفی را جذب می‌کنند. با اندازه‌گیری طول موج نور جذب شده می‌توان به نوع گاز و میزان آن‌ها پی برد. هدف از این فعالیت بومی‌سازی سنسورهای CO , CO2 , NOX, SO می‌باشد.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه Online Sensor of CO , CO2 , NOX, SO

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۳-۵- طراحی و ساخت Oxygen Analyzer

آنالایزرهای اکسیژن برای اندازه‌گیری اکسیژن موجود در هوای اطراف و کنترل و مانیتورینگ سوخت نیروگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. حسگر موجود در این آنالایزرها، از جنس سرامیک زیرکینیم است و بر اساس پیل سوختی الکتروشیمیایی کار می‌کند. آنالایزرهای اکسیژنی که در دودکش نیروگاه‌ها نصب می‌شوند، نسبت میان سوخت و اکسیژن را اندازه‌گیری می‌کنند. نسبت دقیق سوخت به هوا در burner ها، در بالا بردن راندمان بویلر و بهینه کردن مصرف سوخت بسیار موثر و مهم است. لذا اندازه‌گیری اکسیژن در دودکش نیروگاه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و از تلفات انرژی جلوگیری می‌کند. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Oxygen Analyzer است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه Oxygen Analyzer

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۳-۶- طراحی و ساخت Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer

هدف اندازه‌گیری میزان آلاینده‌های موجود در هوای خروجی از دودکش‌ها و مقایسه با استانداردها در جهت ارزیابی کیفیت هوا و در صورت لزوم اتخاذ استراتژی مناسب جهت حذف یا کاهش آلودگی و رساندن حد آلودگی به میزان مجاز در جهت حفظ و صیانت محیط‌زیست پیرامون نیروگاه است. در این راستا استفاده از دستگاه پرتابل اندازه‌گیری گازهای دودکش در نیروگاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی



#### ۴-۱-۴- طرح حسگرهای شیمیایی آب (طرح شیم)

یکی از کاربردهای مهم این حسگر اندازه‌گیری غلظت اکسیژن محلول در آب نیروگاه‌ها است. اکسیژن نامحلول در آب باعث ایجاد مشکلات خوردگی در دیگ‌های بخار، لوله‌های خنک‌کننده و پره‌های توربین می‌شود که کنترل این ناخالصی‌ها، خوردگی را کاهش داده و مانع ایجاد پوسته و رسوب‌گذاری در توربین می‌شود.

فعالیت‌های مرتبط با طرح :

✓ طراحی و ساخت DO2 Analyzer (Dissolved Oxygen Analyzer)

✓ طراحی و ساخت DO2 sensor

#### ۴-۱-۴-۱- طراحی و ساخت DO2 Analyzer (Dissolved Oxygen Analyzer)

از آنجایی که اکسیژن نامحلول در آب باعث ایجاد مشکلات خوردگی در دیگ‌های بخار، لوله‌های خنک‌کننده و پره‌های توربین می‌شود اندازه‌گیری غلظت آن از اهمیت زیادی برخوردار است لذا با استفاده از Analyzer DO2 می‌توان میزان اکسیژن محلول در آب را اندازه‌گیری کرد. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی ساخت دستگاه DO2 Analyzer (Dissolved Oxygen Analyzer) است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر انجام پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر انجام پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه DO2 Analyzer (Dissolved Oxygen Analyzer)

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۴-۲- طراحی و ساخت DO2 sensor

حسگرهای اندازه‌گیری اکسیژن محلول در آب شامل یک لایه‌ی پلیمری حاوی ماده‌ی لومینوفور است. ماده‌ی لومینوفور با جذب فوتون‌های نوری آبی رنگ برانگیخته می‌شود. در غیاب اکسیژن، مولکول‌های برانگیخته شده با تابش نور قرمز به حالت پایدار و اولیه‌ی خود باز می‌گردند. مولکول‌های اکسیژن محلول در آب، اختلاف فازی میان نور تابیده شده و بازتاب شده توسط ماده‌ی لومینسانس ایجاد می‌کنند که این مقدار به غلظت مولکول‌های اکسیژن بستگی دارد. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی ساخت DO2 sensor است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه DO2 sensor

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۵- طرح فشارسنج

کمیت فشار یکی از رایج‌ترین متغیرهای اندازه‌گیری در سیستم‌های کنترل صنعتی است. اندازه‌گیری فشار نه تنها برای کنترل و مانیتورینگ خود این کمیت مهم است، بلکه برای اندازه‌گیری پارامترهای دیگری از قبیل سطح و دبی در روش‌های اختلاف فشار نیز اهمیت دارد. فعالیت‌های مرتبط با طرح :

- ✓ طراحی و ساخت Pressure switch (Diaphragm Type)
- ✓ طراحی و ساخت Pressure & Differential Pressure Transmitter (Diaphragm Type)
- ✓ طراحی و ساخت Pressure Transmitter (Diaphragm type)
- ✓ طراحی و ساخت Pressure Gauge & Pressure Indicator switch (Bourdon Type)

#### ۴-۱-۵-۱- طراحی و ساخت Pressure switch (Diaphragm Type)

پرشر سوئچ یا کنترلر فشار جهت تنظیم فشار مخازن یا جلوگیری از افزایش فشار در محیط‌های تحت فشار در صنعت کاربرد فراوان دارد. پرشر سوئچ از نوع دیافراگمی از خاصیت انحراف و جابجایی یک غشای انعطاف‌پذیری که دو منطقه با فشارهای گوناگون را از هم جدا می‌کند برای اندازه‌گیری فشار استفاده می‌کند. پس از اندازه‌گیری فشار با توجه به set poin های مشخص شده فرمان قطع یا وصل صادر می‌شود. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Pressure switch (Diaphragm Type) است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC

۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی

۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی

۶- نظارت بر انجام پروژه نیمه صنعتی

۷- نظارت بر انجام پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه (Diaphragm Type) Pressure switch

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۵-۲- طراحی و ساخت (Diaphragm Type) Pressure & Differential Pressure Transmitter

برخی از فشارسنج‌های مکانیکی که به فشارسنج‌های دیافراگمی معروف هستند، از خاصیت انحراف و جابجایی یک غشای انعطاف‌پذیری که دو منطقه با فشارهای گوناگون را از هم جدا می‌کند برای اندازه‌گیری فشار استفاده می‌کنند. تغییر شکل یک دیافراگم نازک بستگی به اختلاف فشار بین دو طرف آن دارد. یک طرف مرجع و طرف دیگر با فشار تحت اندازه‌گیری در ارتباط است. میزان تغییر شکل دیافراگم را می‌توان به روش‌های مکانیکی، نوری یا خازنی اندازه‌گیری کرد. معمولاً دیافراگم به صورت فلزی یا سرامیکی ساخته می‌شوند. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Pressure & Differential Pressure Transmitter است

اقدامات مرتبط با فعالیت :

۱- تعریف پروژه POC

۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه

۳- نظارت بر پروژه POC

۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی

۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی

۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی

۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه (Diaphragm Type) Pressure & Differential Pressure Transmitter

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۵-۳- طراحی و ساخت Pressure Transmitter (Diaphragm type)

Pressure Transmitter از نوع دیافراگمی از خاصیت انحراف و جابجایی یک غشای انعطاف‌پذیری که دو منطقه با فشارهای گوناگون را از هم جدا می‌کند برای اندازه‌گیری فشار استفاده می‌کند. پس از اندازه‌گیری فشار، مقدار اندازه‌گیری شده به صورت خروجی ۴ تا ۲۰ میلی آمپر یا HART برای کاربر ارسال می‌گردد. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Pressure Transmitter (Diaphragm type) است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

۱- تعریف پروژه POC

۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه

۳- نظارت بر پروژه POC

۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی

۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی

۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی

۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه (Diaphragm type) Pressure Transmitter

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۵-۴ طراحی و ساخت Pressure Gauge & Pressure Indicator switch (Bourdon Type)

فشار سنج بردن تیوب معمولی ترین فشار سنجی که از یک لوله (C) شکل تشکیل شده است. یک سر این لوله باز و به محلی که فشار سیال از آن قسمت وارد فشار سنج می شود متصل است و سر دیگر آن بسته می‌باشد ولی به طور آزاد قرار گرفته است. انتهای یکی از سرها به اهرم قطاعی متصل است که سر اهرم قطاعی دندانه‌ای شکل بوده و در دندانه‌های پینیون جفت شده است. یک عقربه نیز به محور پینیون متصل است. در اثر فشار وارده به فشار سنج، نوک آزاد لوله بردن کمی حرکت نموده و این حرکت از طریق محور اتصال به عقربه منتقل می‌گردد. Pressure Gauge ها به صورت عقربه‌ای و دیجیتالی در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند. هدف از این فعالیت بومی‌سازی Pressure Gauge & Pressure Indicator switch (Bourdon Type) می‌باشد.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه Pressure Gauge & Pressure Indicator switch (Bourdon Type)

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۶- طرح فلومتر

اندازه‌گیری جریان یکی از مهم‌ترین جنبه‌های کنترل فرآیند است، و در حقیقت رایج‌ترین پارامتر اندازه‌گیری فرآیندها است. در بیشتر صنایع از جمله صنایع نفت، پتروشیمی و نیروگاه‌ها ... اطلاع از مقدار دقیق فلوی عبوری سیالی مانند گاز و یا نفت حیاتی است. اندازه‌گیری دقیق فلو به دلیل ملاحظات مالی در فروش و خرید حجم مشخصی از ماده و کالا مانند تبادلات نفتی اهمیت ویژه‌ای دارد.

فعالیت‌های مرتبط با طرح :

- ✓ طراحی و ساخت Ultrasonic Flow Meter For Gas
- ✓ طراحی و ساخت OVAL Gear Flow meter
- ✓ طراحی و ساخت Thermal flow Transmitter or Switch
- ✓ طراحی و ساخت Ultrasonic Flow Meter For Liquid

#### ۴-۱-۶-۱- طراحی و ساخت Ultrasonic Flow Meter For Gas

فلومترهای اولتراسونیک از امواج صوتی برای تخمین سرعت جریان گازها در لوله استفاده می‌کنند. فلومتر التراسونیک گازی وسیله‌ای است که مقدار مواد عبوری را نسبت به زمان اعلام می‌کند. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Ultrasonic Flow Meter For Gas است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی

۶- نظارت بر انجام پروژه نیمه صنعتی

۷- نظارت بر انجام پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه Ultrasonic Flow Meter For Gas

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۶-۲- طراحی و ساخت OVAL Gear Flow meter

فلومتر oval gear زیر مجموعه فلومتر جابجایی مثبت است که از دو چرخ‌دنده بیضی شکل یکسان (روتور) که توسط دو شکاف کوچک پیرامون دنده ایجاد شده؛ تشکیل شده است. با عبور جریان سیال از بین دو چرخ دنده (یا روتور) ، روتورها به گردش در می‌آیند و در نتیجه دبی توسط اندازه‌گیری سرعت چرخش محاسبه می‌شود. از این فلومتر برای اندازه‌گیری دبی مواد غلیظ و با ویسکوزیته بالا استفاده می‌شود هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی OVAL Gear Flow meter است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

۱- تعریف پروژه POC

۲- انجام فراخوان وگزینه مجری پروژه

۳- نظارت بر پروژه POC

۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی

۵- گزینه مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی

۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی

۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه OVAL Gear Flow meter



معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۶-۳- طراحی و ساخت Thermal flow Transmitter or Switch

با عبور جریان گاز از درون یک لوله توان حرارتی مشخصی به آن اعمال می‌شود. این توان باعث افزایش دمای سیال شده و از آنجا که افزایش دما متناسب با دبی جرمی گاز است، می‌توان با اندازه‌گیری میزان افزایش دما، دبی جرمی را به‌دست آورد. به دلیل اندازه‌گیری مستقیم دبی جرمی در این نوع فلومتر، نیازی به تصحیح اثر تغییر فشار و دما نیست. کاربرد عمده فلومتر جرمی حرارتی در اندازه‌گیری دبی گازها در لوله‌ها است. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Thermal flow Transmitter or Switch است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه Thermal flow Transmitter or Switch

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۶-۴- طراحی و ساخت Ultrasonic Flow Meter For Liquid

فلومترهای اولتراسونیک از امواج صوتی برای تخمین سرعت جریان سیال در لوله استفاده می‌کنند. در شرایطی که جریانی وجود نداشته باشد، موج اولتراسونیک که به درون لوله ارسال می‌شود و بازتاب آن از سیال، فرکانس‌های یکسانی دارند. در شرایطی که جریان وجود داشته باشد، فرکانس موج بازتابی خواهد بود. زمانی که سیال سریع‌تر حرکت می‌کند، تغییر فرکانس به صورت خطی افزایش می‌یابد. برای تخمین دبی جریان، سیگنال‌های موج فرستاده شده و بازتاب آن را مورد پردازش قرار می‌دهد. هدف از این فعالیت بومی‌سازی Ultrasonic Flow Meter For Liquid می‌باشد.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه Ultrasonic Flow Meter For Liquid

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۷- طرح حسگرهای پارامتر مکانیکی (طرح مکا)

از آنجایی که بروز اغتشاشات در سیستم‌های دوار نیروگاه اجتناب‌ناپذیر است لذا پایش و کنترل پایداری دینامیکی جهت کاهش تعداد خروج‌های ناخواسته، افزایش طول عمر تجهیزات و بهره‌برداری بهینه از ظرفیت‌های موجود نیروگاه از اهمیت

ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا از تجهیزات مختلف ابزار دقیق در مانیتورینگ و کنترل پارامترهای مکانیکی استفاده می‌شود.

فعالیت‌های مرتبط با طرح :

✓ طراحی و ساخت Absolute Vibration Sensor

✓ طراحی و ساخت Special Proximity Sensor or Switch For Supervisory systems of Rotary machines

( turbine , pump , motor , ... )

✓ طراحی و ساخت Rotor (Shaft) Balancer

✓ طراحی و ساخت Turbine Supervisory panel

✓ طراحی و ساخت Limit or Micro Switch

✓ طراحی و ساخت Relative Vibration Sensor

#### ۴-۱-۷-۱- طراحی و ساخت Absolute Vibration Sensor

ارتعاشات هر تجهیز دوار (چه از نظر دامنه و چه از نظر سایر مشخصات ارتعاش) ارتباط مستقیمی با وضعیت آن دارد و هرگونه تغییر در وضعیت تجهیز (هر چند جزئی) با تغییر در وضعیت ارتعاشات آن تجهیز همراه خواهد بود. بنابراین، اندازه‌گیری و واکاوی ارتعاشات یکی از تکنیک‌های اصلی برای پایش وضعیت تجهیزات و ماشین‌آلات دوار به شمار می‌رود. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Absolute Vibration Sensor است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

۱- تعریف پروژه POC

۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه

۳- نظارت بر پروژه POC

۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی

۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی

۶- نظارت بر انجام پروژه نیمه صنعتی

۷- نظارت بر انجام پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی Absolute Vibration Sensor

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۷-۲- طراحی و ساخت Special Proximity Sensor or Switch For Supervisory systems of Rotary machines ( turbine , pump , motor , ... )

سنسورهای مجاورتی همچنین در مانیتور کردن لرزش ماشین جهت اندازه‌گیری لرزش در فاصله‌ی بین میل‌لنگ و یاتاقان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این امر در توربین‌های بخار بزرگ، کمپرسورها و موتورهای که از یاتاقان‌های نوع آستینی (sleeve-type bearings) تشکیل شده‌اند، بسیار متداول است. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Special Proximity Sensor or Switch For Supervisory systems of Rotary machines است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

۱- تعریف پروژه POC

۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه

۳- نظارت بر پروژه POC

۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی

۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی

۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی

۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

Special Proximity Sensor or Switch For Supervisory systems of Rotary machines ( turbine بومی‌سازی , pump , motor , ... )

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۷-۳- طراحی و ساخت Rotor (Shaft) Balancer

نیروهای مضر ایجاد شده در اثر نابالانسی در سیستم باعث اختلال در عملکرد سیستم، کاهش عمر سیستم، ایجاد صدا و ارتعاشات ناخواسته و در برخی از موارد سبب به خطر افتادن سلامتی کاربر می‌شود. بنابراین رفع نابالانسی در سریع‌ترین زمان ممکن اهمیت پیدا می‌کند. بالانس فرآیندی است که در آن تلاش می‌شود تا توزیع جرم بگونه‌ای باشد در یاتاقان‌ها نیروهای ناشی از نامیزانی به حداقل برسد. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Rotor (Shaft) Balancer است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی دستگاه Rotor (Shaft) Balancer

معیار پذیرش:

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۷-۴- طراحی و ساخت Turbine Supervisory panel

سیستم سوپروایزری توربین یکی از اجزای بسیار مهم در حفاظت از عملکرد توربین است. پارامترهای مهمی که در توربین جهت اطمینان از صحت عملکرد توربین باید مورد بررسی قرار گیرد شامل Absolute vibration of bearing, Differential expansion or shaft, Shaft eccentricity, Shaft vibration relative to bearing, pedestals Speed, including Casing expansion, both inner and outer, Valve position on steam inlet, movement Structural & foundation vibration monitoring, Temperature, overspeed and zero speed می‌باشد. هدف از این فعالیت بومی‌سازی Turbine Supervisory panel می‌باشد.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
  - ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
  - ۳- نظارت بر پروژه POC
  - ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
  - ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
  - ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی
  - ۷- نظارت بر پروژه صنعتی
- خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی Turbine Supervisory panel

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۷-۵- طراحی و ساخت Limit or Micro Switch

میکروسوییچ ابزاری است که با فشار فیزیکی بسیار کوچک تحریک می‌شود و عمل قطع یا وصل اتفاق می‌افتد. میکروسوییچ‌ها کاربرد بسیار گسترده و مختلفی دارند. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Limit or Micro Switch است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC
- ۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی
- ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- ۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی
- ۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی Limit or Micro Switch

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۱-۶- طراحی و ساخت Relative Vibration Sensor

ارتعاشات هر تجهیز دوار (چه از نظر دامنه و چه از نظر سایر مشخصات ارتعاش) ارتباط مستقیمی با وضعیت آن دارد و هرگونه تغییر در وضعیت تجهیز (هر چند جزئی) با تغییر در وضعیت ارتعاشات آن تجهیز همراه خواهد بود. بنابراین، اندازه‌گیری و واکاوی ارتعاشات یکی از تکنیک‌های اصلی برای پایش وضعیت تجهیزات و ماشین‌آلات دوار به شمار می‌رود. هدف از اجرای این فعالیت بومی‌سازی Relative Vibration Sensor است.

اقدامات مرتبط با فعالیت :

- ۱- تعریف پروژه POC
- ۲- انجام فراخوان و گزینش مجری پروژه
- ۳- نظارت بر پروژه POC

۴- تعریف پروژه نیمه صنعتی

۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی

۶- نظارت بر پروژه نیمه صنعتی

۷- نظارت بر پروژه صنعتی

خروجی مورد انتظار :

بومی‌سازی Relative Vibration Sensor

معیار پذیرش :

پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی

#### ۴-۲- بودجه ریزی و زمانبندی

از آنجا که منابع مالی مستمر یکی از اصلی‌ترین (و شاید مهم‌ترین) عوامل توسعه موفق فناوری‌ها است، ضروری است تا پیش‌بینی منابع مالی لازم برای هر یک از اقدام‌ها و سیاست‌های تعریف شده مشخص شده و بودجه مشخصی برای آنها پیش‌بینی گردد.

به منظور پایدار نمودن و قابل پیش‌بینی نمودن برنامه‌های حمایتی، مناسب است تا برنامه‌ها برای دوره‌های زمانی مشخص و محدود طراحی و اجرا شوند. با این کار می‌توان به روشن و در کنترل بودن بودجه مورد نیاز، فراهم شدن امکانات ارزیابی بهتر نتایج و دستاوردها و امکان اصلاح، بازنگری و ایجاد تطابق بیشتر در برنامه‌ها با شرایط زمان، اشاره کرد. لازم به ذکر است که ریز مراحل و اقدامات هر یک از فعالیت‌ها با هماهنگی اعضای کمیته راهبری به شرح زیر تهیه شده است.

#### ۴-۲-۱- زمانبندی طرح حسگرهای حفاظت و نشستی گاز (طرح حفا)

جزئیات مربوط به پروژه‌ها، فعالیت‌ها، زمان در جدول (۱) آمده است.



جدول ۱- زمانبندی طرح حسگرهای حفاظت و نشتی گاز (طرح حفا)

نیروی انسانی متخصص	زمان (ماه)	پروژه
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۴۸	جمع

#### ۴-۲-۲- زمانبندی طرح اندازه‌گیری دما

جزئیات مربوط به پروژه‌ها، فعالیت‌ها، زمان در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲- زمانبندی طرح اندازه‌گیری دما

نیروی انسانی متخصص	زمان (ماه)	پروژه
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۴۸	جمع

۴-۲-۳- زمانبندی طرح حسگرهای سوخت دود احتراق (طرح سدا)

جزئیات مربوط به پروژه‌ها، فعالیت‌ها، زمان در جدول (۳) آمده است.

جدول ۳- زمانبندی طرح حسگرهای سوخت دود احتراق (طرح سدا)

نیروی انسانی	زمان (ماه)	پروژه
متخصص	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
		طراحی و ساخت CO, CO2, NOX, SOX Analyzer
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
		طراحی و ساخت Gas Calorimeter
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
		طراحی و ساخت Zirconia O2 Sensor
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
		طراحی و ساخت Online Sensor of CO , CO2 , NOX, SO
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
		طراحی و ساخت Oxygen Analyzer
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
		طراحی و ساخت Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer
	۴۸	جمع

۴-۲-۴- زمانبندی طرح حسگرهای شیمیایی آب (طرح شیم)

جزئیات مربوط به پروژه‌ها، فعالیت‌ها، زمان در جدول (۴) آمده است.

جدول ۴- زمانبندی طرح حسگرهای شیمیایی آب (طرح شیم)

نیروی انسانی	زمان (ماه)	پروژه
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۴۸	جمع

۴-۲-۵- زمانبندی طرح فشارسنج

جزئیات مربوط به پروژه‌ها ، فعالیت‌ها، زمان در جدول (۵) آمده است.

جدول ۵- زمانبندی طرح فشارسنج

نیروی انسانی متخصص	زمان (ماه)	پروژه
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۴۸	جمع

#### ۴-۲-۶- زمانبندی طرح فلومتر

جزئیات مربوط به پروژه‌ها، فعالیت‌ها، زمان در جدول (۶) آمده است.

جدول ۶- زمانبندی طرح فلومتر

نیروی انسانی متخصص	زمان (ماه)	پروژه
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۴۸	جمع

۴-۲-۷- زمانبندی طرح حسگرهای پارامتر مکانیکی (طرح مکا)

جزئیات مربوط به پروژه‌ها، فعالیت‌ها، زمان در جدول (۷) آمده است.

جدول ۷- زمانبندی طرح حسگرهای پارامتر مکانیکی (طرح مکا)

نیروی انسانی متخصص	زمان (ماه)	پروژه
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
	۱۲	پروژه‌های POC
	۲۴	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی

	۱۲	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
جمع	۴۸	

### ۳-۴- تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب)

این مولفه با نگاشت نهادی بر اقدام‌ها و سیاست‌های تعریف شده، مشخص‌کننده‌ی وظایفی است که کنش‌گران درگیر در توسعه فناوری باید از آن پیروی کنند. در قالب تقسیم کار ملی، لازم است تا هم متولی اصلی توسعه فناوری (پیش‌برنده و هماهنگ‌کننده برنامه‌ها) معین گردد و هم مسئول سایر نقش‌های پشتیبان مشخص گردد.

در این بخش به شناسایی مجریانی که می‌توانند این پروژه‌ها را انجام دهند پرداخته خواهد شد تا با یک نگاشت نهادی مطلوب و تقسیم کار ملی بهینه، بنگاه‌ها و موسسات و سازمان‌های مختلف کشور در زمینه فناوری مورد نظر، هر یک نقش خویش را در جهت برآوردن اهداف نقشه راه فناورانه ایفا نمایند. در جدول‌های (۸) تا (۱۴) تقسیم کار ملی (وظایف بازیگران کلیدی) سیاست‌های تعریف شده برای کارکردهای نظام نوآوری فناورانه و در جدول (۱۵) مجریان پروژه‌های اکتساب فناوری‌های اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاه‌ها درج شده است.

جدول ۸- وظایف بازیگران برای کارکرد کسب و توسعه دانش

ردیف	بازیگران	وظایف
۱	پژوهشگاه نیرو	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تدوین سند راهبردی و نقشه راه برای حوزه ابزار دقیق (اجرای پروژه تدوین سند)</li> <li>- انجام پروژه‌ها با ساز و کار فراخوان (برگزاری فراخوان)</li> <li>- انجام پروژه‌ها با ساز و کار فراخوان (شرکت در فراخوان و انجام پروژه‌ها)</li> <li>- تشکیل کمیته‌های مناسب راهبری و نظارتی برای اجرای نقشه راه (برپایی کمیته‌ها)</li> </ul>
۲	شرکت‌های واجد شرایط	<ul style="list-style-type: none"> <li>- انجام پروژه‌ها با ساز و کار فراخوان (شرکت در فراخوان و انجام پروژه‌ها)</li> </ul>
۳	دانشگاه‌ها و پژوهشکده‌ها	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تدوین سند راهبردی و نقشه راه برای حوزه ابزار دقیق (مشارکت در تدوین سند)</li> <li>- تشکیل کمیته‌های مناسب راهبری و نظارتی برای اجرای نقشه راه (شرکت اساتید دانشگاه در کمیته‌ها)</li> <li>- انجام پروژه‌ها با ساز و کار فراخوان (شرکت در فراخوان و انجام پروژه‌ها)</li> </ul>



<p>۴</p> <p>بهره‌برداران نیروگاهی</p>	<p>– تدوین سند راهبردی و نقشه راه برای حوزه ابزار دقیق (مشارکت در تدوین سند)</p> <p>– تشکیل کمیته‌های مناسب راهبری و نظارتی برای اجرای نقشه راه (شرکت خبرگان نیروگاهی در کمیته‌ها)</p>
<p>۵</p> <p>معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو-شرکت توانیر</p>	<p>– تدوین سند راهبردی و نقشه راه برای حوزه ابزار دقیق (مشارکت نماینده توانیر در تدوین سند)</p> <p>– تشکیل کمیته‌های مناسب راهبری و نظارتی برای اجرای نقشه راه (شرکت نماینده توانیر در کمیته‌ها)</p>

## جدول ۹- وظایف بازیگران برای کارکرد انتشار دانش

ردیف	بازیگران	وظایف
۱	پژوهشگاه نیرو	<p>– تشکیل کمیته‌های مناسب جهت مدیریت دانش (برپایی واحد مدیریت دانش در پژوهشگاه نیرو)</p> <p>– تدوین آیین نامه و دستورالعمل‌های ثبت پتنت‌های حاصل از پروژه‌های انجام شده</p> <p>– انجام پروژه‌ها با ساز و کار فراخوان (واگذاری غیر انحصاری پروژه‌ها و اجرای بخشی از پروژه‌ها)</p> <p>– تشکیل کمیته‌های مناسب راهبری و نظارتی برای اجرای نقشه راه (برپایی کمیته‌ها)</p>
۲	دانشگاه‌ها و پژوهشکده‌ها	<p>– انجام پروژه‌ها با ساز و کار فراخوان (اجرای بخشی از پروژه‌ها)</p> <p>– تشکیل کمیته‌های مناسب راهبری و نظارتی برای اجرای نقشه راه (شرکت در کمیته‌ها)</p>
۳	شرکت‌های واجد شرایط	<p>– انجام پروژه‌ها با ساز و کار فراخوان (اجرای بخشی از پروژه‌ها)</p>
۴	معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو- شرکت توانیر	<p>– تشکیل کمیته‌های مناسب راهبری و نظارتی برای اجرای نقشه راه (شرکت نماینده توانیر در کمیته‌های راهبری)</p>
۵	بهره‌برداران نیروگاهی	<p>– تشکیل کمیته‌های مناسب راهبری و نظارتی برای اجرای نقشه راه (شرکت در کمیته‌ها)</p>

جدول ۱۰- وظایف بازیگران برای کارکرد کارآفرینی

ردیف	بازیگران	وظایف
۱	پژوهشگاه نیرو	- تعریف پروژه‌های مناسب از منظر فنی و صنعتی (مجری پروژه شناسایی مشخصات پروژه ها) - کمک به تامین اعتبار مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها (برآورد اعتبار پروژه ها و طرح ها و ارائه پیشنهاد برای تصویب و پیگیری اعتبارات)
۲	معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو- شرکت توانیر	- کمک به تامین اعتبار مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها (تصویب و تامین اعتبار پروژه ها) - تشویق بهره‌برداران نیروگاهی به خرید محصولات تجهیزات ابزار دقیق داخلی (تصویب پیشنهادات دریافتی از کمیته ها)
۳	معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری	- کمک به تامین اعتبار مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها (تصویب و تامین بخشی از اعتبار پروژه ها)

جدول ۱۱- وظایف بازیگران برای کارکرد بازار سازی

ردیف	بازیگران	وظایف
۱	پژوهشگاه نیرو	- تعریف پروژه‌های مناسب از منظر فنی و صنعتی (تعریف پروژه های دقیق برای کمک به تولید محصول رقابت پذیر- تشکیل کمیته‌های مناسب ناظرین تخصصی برای نظارت و هدایت بهینه مجریان پروژه‌ها) - کمک به تامین اعتبار مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها (کمک به تامین بخشی از هزینه های تولید محصول و رقابت پذیر ساختن آن - تامین فضای پژوهش برای مجریان پروژه‌ها از طریق تاسیس پارک فناوری صنعت برق کشور) - پشتیبانی از تولید داخل - کاهش مالیات (برپایی کمیته های ارائه دهنده پیشنهاد کاهش مالیات) - پشتیبانی از تولید داخل - افزایش تعرفه واردات (برپایی کمیته های ارائه دهنده پیشنهاد تعیین تعرفه)
۲	معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو- شرکت توانیر	- کمک به تامین اعتبار مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها (تصویب و تامین اعتبار پروژه ها) - پشتیبانی از تولید داخل - کاهش مالیات (بررسی و تصویب پیشنهادهای کاهش مالیات و اجرایی نمودن پیشنهادهای) - پشتیبانی از تولید داخل - افزایش تعرفه واردات (بررسی و تصویب پیشنهادهای کاهش مالیات و اجرایی نمودن پیشنهادهای)

۳	معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری	- کمک به تامین بخشی از اعتبارات مورد نیاز برای ارائه تسهیلات - تامین اعتبار مورد نیاز جهت تاسیس پارک فناوری صنعت برق کشور
۴	بهره برداران نیروگاهی	- تعریف پروژه‌های مناسب از منظر فنی و صنعتی (کمک به تعریف پروژه های دقیق برای کمک به تولید محصول رقابت پذیر- شرکت در کمیته‌های ناظرین تخصصی برای نظارت و هدایت بهینه مجریان پروژه‌ها)

جدول ۱۲- وظایف بازیگران برای کارکرد جهت دهی

ردیف	بازیگران	وظایف
۱	پژوهشگاه نیرو	- تشکیل کمیته‌های مناسب ناظرین تخصصی برای همسو سازی بازیگران کلیدی (برپایی کمیته ها) - کمک به تولید محصولات با کیفیت و فرهنگ سازی مناسب ( برای همسو سازی بازیگر کلیدی بهره بردار نیروگاه برای خرید تولیدات ابزار دقیق داخلی)
۲	بهره‌برداران نیروگاهی	- تشکیل کمیته‌های مناسب ناظرین تخصصی برای همسو سازی بازیگران کلیدی (شرکت در کمیته ها) - کمک به تولید محصولات با کیفیت و فرهنگ سازی مناسب ( کمک به تعریف پروژه های مناسب)
۳	دانشگاه ها و مراکز پژوهشی	- تشکیل کمیته‌های مناسب ناظرین تخصصی برای همسو سازی بازیگران کلیدی (شرکت در کمیته ها)

جدول ۱۳- وظایف بازیگران برای کارکرد مشروعیت بخشی

ردیف	بازیگران	وظایف
۱	پژوهشگاه نیرو	- تامین اعتبار ساز و کار برگزیده جهت انجام تبلیغات فرهنگی (برپایی کمیته‌های راهبری، برای ارائه ساز و کار مناسب برای ترغیب بهره‌برداران نیروگاهی به خرید محصولات تجهیزات ابزار دقیق داخلی) - پرداخت یارانه و تغییر آیین نامه های برگزاری مناقصات در راستای تقویت خرید تجهیز ابزار دقیق داخلی (برپایی کمیته‌های راهبری برای ارائه ساز و کار مناسب برای دادن یارانه خرید تولید داخل و همچنین افزایش احتمال برنده شدن شرکت‌های تولید کننده داخلی تجهیزات ابزار دقیق در مناقصات)

<p>- تامین اعتبار ساز و کار برگزیده جهت انجام تبلیغات فرهنگی (شرکت نماینده توانیر در کمیته‌های راهبری برای ارائه ساز و کار مناسب برای ترغیب بهره‌برداران نیروگاهی به خرید محصولات تجهیزات ابزار دقیق داخلی)</p> <p>- پرداخت یارانه و تغییر آیین نامه های برگزاری مناقصات در راستای تقویت خرید تجهیز ابزار دقیق داخلی (شرکت نماینده توانیر در کمیته‌های راهبری برای ارائه ساز و کار مناسب برای دادن یارانه خرید تولید داخل و همچنین افزایش احتمال برنده شدن شرکت‌های تولید کننده داخلی تجهیزات ابزار دقیق در مناقصات)</p> <p>- تامین اعتبار ساز و کار برگزیده جهت انجام تبلیغات فرهنگی (بررسی، تصویب و تامین اعتبار پیشنهادهای حمایتی فرهنگی کمیته‌های راهبری)</p> <p>- پرداخت یارانه و تغییر آیین نامه های برگزاری مناقصات در راستای تقویت خرید تجهیز ابزار دقیق داخلی (بررسی، تصویب و تامین اعتبار پیشنهادهای حمایتی مالی کمیته‌های راهبری)</p>	<p>معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو-شرکت توانیر</p>	۲
<p>- تامین اعتبار ساز و کار برگزیده جهت انجام تبلیغات فرهنگی (شرکت در کمیته های راهبری برای ارائه ساز و کار مناسب برای ترغیب بهره‌برداران نیروگاهی به خرید محصولات تجهیزات ابزار دقیق داخلی)</p> <p>- پرداخت یارانه و تغییر آیین نامه های برگزاری مناقصات در راستای تقویت خرید تجهیز ابزار دقیق داخلی (شرکت در کمیته‌های راهبری برای ارائه ساز و کار مناسب برای دادن یارانه خرید تولید داخل و همچنین افزایش احتمال برنده شدن شرکت‌های تولید کننده داخلی تجهیزات ابزار دقیق در مناقصات)</p>	<p>بهره‌برداران نیروگاهی</p>	۳
<p>- تامین اعتبار ساز و کار برگزیده جهت انجام تبلیغات فرهنگی (شرکت در کمیته‌های راهبری برای ارائه ساز و کار مناسب برای ترغیب بهره‌برداران نیروگاهی به خرید محصولات تجهیزات ابزار دقیق داخلی)</p> <p>- پرداخت یارانه و تغییر آیین نامه های برگزاری مناقصات در راستای تقویت خرید تجهیز ابزار دقیق داخلی (شرکت در کمیته‌های راهبری برای ارائه ساز و کار مناسب برای دادن یارانه خرید تولید داخل و همچنین افزایش احتمال برنده شدن شرکت‌های تولید کننده داخلی تجهیزات ابزار دقیق در مناقصات)</p>	<p>دانشگاه ها و مراکز پژوهشی</p>	۴

جدول ۱۴- وظایف بازیگران برای کارکرد تامین منابع

وظایف	بازیگران	ردیف
<p>به کارگیری بودجه های پژوهشی وزارت نیرو و دفتر علمی و فناوری ریاست جمهوری برای کمک به شرکت های واجد شرایط داخلی، برای بومی سازی دستگاه های با کیفیت ابزار دقیق، به صورت یک برنامه جهت دار، و در قالب سند راهبردی و ره نگاشت (برپایی کمیته های راهبری برای محاسبه اعتبارات مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها به تفکیک هر پروژه و تفکیک هزینه‌های نیروی انسانی، مواد و تجهیزات و آزمون‌ها)</p>	<p>پژوهشگاه نیرو</p>	۱

۲	معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزرات نیرو- شرکت توانیر	به کارگیری بودجه‌های پژوهشی وزارت نیرو و دفتر علمی و فناوری ریاست جمهوری برای کمک به شرکت‌های واجد شرایط داخلی، برای بومی سازی دستگاه‌های با کیفیت ابزار دقیق، به صورت یک برنامه جهت دار، و در قالب سند راهبردی و ره نگاشت (تامین اعتبار مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها)
۳	معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری	به کارگیری بودجه‌های پژوهشی وزارت نیرو و دفتر علمی و فناوری ریاست جمهوری برای کمک به شرکت‌های واجد شرایط داخلی، برای بومی سازی دستگاه‌های با کیفیت ابزار دقیق، به صورت یک برنامه جهت دار، و در قالب سند راهبردی و ره نگاشت (تامین اعتبار بخشی از هزینه‌های انجام پروژه‌ها - شرکت نماینده توانیر در کمیته‌های راهبری برای محاسبه اعتبارات مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها به تفکیک هر پروژه و تفکیک هزینه‌های نیروی انسانی، مواد و تجهیزات و آزمون‌ها)
۴	بهره‌برداران نیروگاهی	به کارگیری بودجه‌های پژوهشی وزارت نیرو و دفتر علمی و فناوری ریاست جمهوری برای کمک به شرکت‌های واجد شرایط داخلی، برای بومی سازی دستگاه‌های با کیفیت ابزار دقیق، به صورت یک برنامه جهت دار، و در قالب سند راهبردی و ره نگاشت (شرکت در کمیته‌های راهبری برای محاسبه اعتبارات مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها به تفکیک هر پروژه و تفکیک هزینه‌های نیروی انسانی، مواد و تجهیزات و آزمون‌ها)
۵	دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی	به کارگیری بودجه‌های پژوهشی وزارت نیرو و دفتر علمی و فناوری ریاست جمهوری برای کمک به شرکت‌های واجد شرایط داخلی، برای بومی سازی دستگاه‌های با کیفیت ابزار دقیق، به صورت یک برنامه جهت دار، و در قالب سند راهبردی و ره نگاشت (شرکت در کمیته‌های راهبری برای محاسبه اعتبارات مورد نیاز برای انجام پروژه‌ها به تفکیک هر پروژه و تفکیک هزینه‌های نیروی انسانی، مواد و تجهیزات و آزمون‌ها)

جدول ۱۵- مجریان پروژه‌های اکتساب فناوری‌های اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاه‌ها

عنوان پروژه / اقدام	مجری
طرح حسگرهای حفاظت و نشتی گاز (طرح حفا)	۱
طراحی و ساخت Burner flame Detector	پروژه‌های POC
	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
طراحی و ساخت Fire Detector (for firefighting system in hazardous area)	پروژه‌های POC
	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی
	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)
طراحی و ساخت Fire Fighting	پروژه‌های POC

مجری	عنوان پروژه / اقدام		
شرکت‌ها- مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی	Control Panel (SIL ۲ or ۳ )	
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	Heat Detector ( طراحی و ساخت ) for firefighting system in hazardous area )	۱,۴
شرکت‌ها- مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	Smoke Detector طراحی و ساخت ( for firefighting system in hazardous area )	۱,۵
شرکت‌ها- مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
طرح اندازه‌گیری دما			۲
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	Industrial طراحی و ساخت Temperature transmitter (head mount, field mount, panel mount )	۲,۱
شرکت‌ها- مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	Temperature طراحی و ساخت Indicator (Dial - Gas Filled)	۲,۲
شرکت‌ها- مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	Temperature طراحی و ساخت Switch (Bellows Type)	۲,۳
شرکت‌ها- مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	Temperature طراحی و ساخت Indicator Switch (Dial - Gas Filled)	۲,۴
شرکت‌ها- مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
طرح حسگرهای سوخت دود احتراق (طرح سدا)			۳
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	CO, CO <sub>2</sub> ,NOX, طراحی و ساخت SOX Analyzer	۳,۱
شرکت‌ها- مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		

مجری	عنوان پروژه / اقدام		
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Gas Calorimeter	۳,۲
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Zirconia O2 Sensor	۳,۳
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Online Sensor of CO , CO2 , NOX , SO	۳,۴
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Oxygen Analyzer	۳,۵
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Electrochemical sensors for portable Flue gas analyzer	۳,۶
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
طرح حسگرهای شیمیایی آب (طرح شیم)			۴
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت دستگاه ۲DO Analyzer (Dissolved Oxygen Analyzer)	۴,۱
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت ۲DO sensor	۴,۲
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
طرح فشارسنج			۵
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Pressure switch (Diaphragm Type)	۵,۱
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		

مجری	عنوان پروژه / اقدام		
	اندازی خط تولید)		
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Pressure & Differential Pressure Transmitter (Diaphragm Type)	۵,۲
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Pressure Transmitter (Diaphragm type)	۵,۳
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Pressure Gauge & Pressure Indicator switch (Bourdon Type)	۵,۴
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
طرح فلومتر			۶
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Ultrasonic Flow Meter For Gas	۶,۱
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت OVAL Gear Flow meter	۶,۲
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Thermal flow Transmitter or Switch	۶,۳
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Ultrasonic Flow Meter For Liquid	۶,۴
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)		
طرح حسگرهای پارامتر مکانیکی (طرح مکا)			۷
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Absolute Vibration Sensor	۷,۱
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی		



مجری	عنوان پروژه / اقدام	
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)	
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Special Proximity Sensor or Switch For Supervisory systems of Rotary machines ( turbine , pump , motor , ... )
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی	
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)	
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Rotor (Shaft) Balancer
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی	
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)	
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Turbine Supervisory panel
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی	
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)	
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Limit or Micro Switch
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی	
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)	
دانشگاه‌ها - مراکز پژوهشی - شرکت‌ها	پروژه‌های POC	طراحی و ساخت Relative Vibration Sensor
شرکت‌ها - مراکز پژوهشی	پروژه‌های تولید محصول نیمه صنعتی	
شرکت‌ها	پروژه‌های تولید محصول صنعتی (راه اندازی خط تولید)	

#### ۴-۴- ترسیم نقشه راه

ره‌نگاشت یا نقشه راه برنامه عملیاتی، بیانگر ارتباط میان اهداف کلان، اهداف خرد، راهبردها، راه‌کارها، سیاست‌های کلان، سیاست‌های پشتیبان، منابع و مجریان است که در طول مراحل قبلی استخراج شده‌اند. با ترسیم این نقشه، تصویری کلان از مسیر توسعه متشکل از بخش‌های مختلف آن و ارتباط بخش‌ها با هم مشخص می‌گردد.

نقشه راه، یکی از انعطاف‌پذیرترین روش‌های متداول برنامه‌ریزی و آینده‌نگری است. یکی از انواع نقشه راه، نقشه راه فناوری است که ابزاری ساختار یافته برای کشف و برقراری ارتباط بین بازارها، محصولات و فناوری‌های در حال توسعه در طول زمان

می‌باشد. از آنجا که نقشه راه فناوری در سطوح مختلف و با اهداف گوناگون قابلیت تدوین دارد، دارای الگوهای متفاوتی از منظر هدف و قالب است. انتخاب الگوی نادرست، می‌تواند از کارآمدی این ابزار توانمند بکاهد. لذا شناخت دقیق اشکال و رویکردهای تدوین نقشه راه از اهمیت زیادی برخوردار است.

یکی از اصلی‌ترین حوزه‌های تدوین نقشه راه، حوزه فناوری می‌باشد. نقشه راه فناوری، ابزاری ساختاریافته برای کشف و برقراری ارتباط بین بازارها، محصولات و فناوری‌های در حال توسعه در طول زمان می‌باشد. استفاده از این ابزار به سازمان‌ها کمک می‌کند تا در محیط پویا و به شدت متغیر امروز با تمرکز بر پویای محیط و ردیابی روند تغییرات فناوری‌های موجود، موقعیت خود را در بازار حفظ و ارتقا بخشند.

نقشه راه فناوری به سازمان‌ها کمک می‌کند تا با شناسایی تولیدات و نیازهای بازار آینده و فناوری لازم برای رسیدن به آنها، از وجود تقاضا در آینده اطمینان یابند. نقشه راه فناوری روشی برای شناسایی تولیدات یا تهیه نیازها و تبدیل آنها به گزینه‌های فناوری و طرح‌های توسعه است تا اطمینان حاصل شود که فناوری مورد نیاز آینده به هنگام نیاز، آماده و میسر است. در شکل (۲) نقشه راه پروژه‌های اکتساب فناوری اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاه‌ها نشان داده شده است. که در ادامه توضیحات مربوط به بخش‌های مختلف نقشه راه ارائه می‌گردد.

#### ۴-۴-۱- پیامدهای مورد انتظار:

لایه‌ی پیامدهای مورد انتظار مشخص می‌کند که توسعه‌ی بکارگیری فناوری چه پیامدها و نتایجی را برای کشور به همراه دارد.

با شروع طرح‌های اجرایی در سال ۱۳۹۴ تحقیق و توسعه به مدت سه سال به انجام خواهد رسید. پس از اتمام تحقیق و توسعه در پایان سال ۱۳۹۶ و در نتیجه فعالیت‌های انجام شده در طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ انتظار می‌رود در سال ۱۳۹۷، ۴۰ درصد بومی‌سازی تجهیزات اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاه‌ها به انجام برسد. در ادامه این روند در سال ۱۳۹۸، ۷۰ درصد و در سال ۱۳۹۹ تجهیزات اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاه‌ها به صورت کامل بومی‌سازی خواهد شد و طی سال‌های ۱۴۰۴ تا ۱۴۰۴ نیروگاه‌ها با ابزار پیشرفته بومی‌سازی شده تجهیز خواهند شد.

#### ۴-۴-۲- اقدامات مدیریتی :

مجموعه اقداماتی که به منظور اجرای صحیح و برنامه ریزی شده طرح‌های بومی‌سازی تجهیزات اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاه‌ها به انجام می‌رسد.

اقدامات مدیریتی در قالب ۵ فعالیت به انجام می‌رسد.

- ۱- گزینش مجری
  - ۲- برپایی کمیته‌های راهبری و ناظرین
  - ۳- انجام فراخوان و گزینش مجریان
  - ۴- تامین اعتبار
  - ۵- گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی
- اقدامات ۵ گانه مدیریتی برای هر دسته از فناوری‌ها به ترتیب زیر انجام می‌شود.

➤ طرح سدا :

در این طرح گزینش مجری، برپایی کمیته‌های راهبری و ناظرین، انجام فراخوان و گزینش مجریان و تامین اعتبار در سال ۱۳۹۴ و گزینش مجریان پروژه‌های نیمه‌صنعتی در سال ۱۳۹۵ به انجام خواهد رسید.

➤ طرح‌های مکا و فلو :

در این دو طرح گزینش مجری، برپایی کمیته‌های راهبری و ناظرین، انجام فراخوان و گزینش مجریان و تامین اعتبار در سال ۱۳۹۵ و گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی در سال ۱۳۹۶ به انجام خواهد رسید.

➤ طرح‌های حفا، شیم، دما و فشار:

در این طرح‌ها گزینش مجری، برپایی کمیته‌های راهبری و ناظرین، انجام فراخوان و گزینش مجریان و تامین اعتبار در سال ۱۳۹۶ و گزینش مجریان پروژه‌های نیمه صنعتی در سال ۱۳۹۷ به انجام خواهد رسید.

#### ۴-۴-۴- برنامه‌های تعریف پروژه :

➤ طرح سدا :

تعریف پروژه POC این طرح در سال ۱۳۹۴ به انجام خواهد رسید و تعریف پروژه‌های نیمه‌صنعتی در سال ۱۳۹۵ در نظر گرفته شده است.

➤ طرح مکا و فلو :

در سال ۱۳۹۵ و همزمان با انجام اقدامات مدیریتی، پروژه POC این دو طرح تعریف شده و در سال ۱۳۹۶ پروژه‌های نیمه صنعتی تعریف می‌شود.

➤ طرح‌های حفا، شیم، دما و فشار:

پروژه POC این طرح‌ها در سال ۱۳۹۶ و پروژه‌های نیمه صنعتی آنها در سال ۱۳۹۷ تعریف می‌گردد.

#### ۴-۴-۵- برنامه پروژه‌های چالش فنی (POC) :

طرح سدا :

پس از تعریف پروژه‌های POC طرح سدا در سال ۱۳۹۴، اجرای این پروژه در سال ۱۳۹۵ و طی مدت یک سال برنامه ریزی شده است.

طرح مکا و فلو :

پروژه POC این طرح‌ها نیز پس از تعریف پروژه در سال ۱۳۹۵ در سال ۱۳۹۶ به اجرا خواهد رسید.

طرح‌های حفا، شیم ، دما و فشار:

اجرای پروژه POC طرح‌های حفا، شیم، دما و فشار در سال ۱۳۹۷ و به مدت یکسال برنامه ریزی شده است.

#### ۴-۴-۶- برنامه تولید محصول نیمه صنعتی و صنعتی :

پس از اجرای پروژه‌های POC نوبت به اجرای برنامه تولید محصول نیمه صنعتی و صنعتی می‌رسد.

همانطور که پیش از این گفته شد، اجرای پروژه‌های POC هر یک از طرح‌ها طی مدت یک سال به انجام خواهد رسید و پس از آن زمانبندی در نظر گرفته شده برای تولید نیمه‌صنعتی دو سال و برای تولید صنعتی یک سال می‌باشد که این مراحل به ترتیب به اجرا در خواهد آمد که روند زمانی هر یک از طرح‌ها به شرح زیر می‌باشد.

## ➤ طرح سدا :

اجرای برنامه تولید محصول نیمه صنعتی این طرح از ابتدای سال ۱۳۹۶ آغاز شده و در پایان سال ۱۳۹۷ به اتمام خواهد رسید و پس از آن اجرای برنامه تولید صنعتی شروع شده و طی مدت یک سال و در سال ۱۳۹۸ خاتمه می‌یابد.

## ➤ طرح مکا و فلو :

این طرح برنامه تولید نیمه صنعتی خود را از ابتدای سال ۱۳۹۷ آغاز می‌نماید و روند اجرای آن تا پایان سال ۱۳۹۸ ادامه خواهد یافت و پس از اتمام برنامه تولید نیمه صنعتی در سال ۱۳۹۹ تولید صنعتی این طرح به اجرا در خواهد آمد.

## ➤ طرح حفا، شیم، دما و فشار :

پس از پایان پروژه POC این طرح در سال ۱۳۹۷ برنامه تولید نیمه صنعتی آغاز شده و در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به اجرا خواهد رسید و پس از آن برنامه تولید نیمه صنعتی در سال ۱۴۰۰ به ثمر خواهد رسید.

**۴-۴-۷- برنامه تجهیز و برپایی آزمایشگاه‌ها :**

طبق زمانبندی در نظر گرفته شده تجهیز و برپایی آزمایشگاه‌ها در قالب سه پروژه به اجرا در خواهد آمد که به شرح زیر می‌باشد.

## ۱- تجهیز آزمایشگاه‌های فوتونیک در دانشگاه‌های منتخب :

آغاز اجرای این پروژه در سال ۱۳۹۵ بوده و انجام فعالیت‌های مرتبط با آن یکساله خواهد بود.

## ۲- تجهیز آزمایشگاه‌های میکروالکترونیک در دانشگاه‌های منتخب :

این پروژه همزمان با اجرای تجهیز آزمایشگاه فوتونیک آغاز شده و زمانبندی در نظر گرفته شده برای اجرای آن نیز یکسال می‌باشد.

## ۳- برپایی آزمایشگاه میکروالکترونیک در پژوهشگاه نیرو :

برنامه زمانی این پروژه از ابتدای سال ۱۳۹۵ در نظر گرفته شده است و اجرای آن با توجه به فعالیت‌های مرتبط با آن دو سال به طول خواهد انجامید.



## ۵- نتیجه‌گیری :

در این فصل با توجه به نتایج فصل چهارم سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها (سیاست‌ها و اقدامات) اقدام به تعریف پروژه و بیان وظایف در نظر گرفته شده برای هر یک از بازیگران اصلی سند نموده و با توجه به شیوه شکستن پروژه‌ها، اکتساب فناوری مورد نیاز برای ابزار اندازه‌گیری پیشرفته نیروگاه‌ها را در قالب چهار طرح جامع ارائه شد. در مرحله بعد هر یک از طرح‌ها و پروژه‌های زیرمجموعه آن‌ها تشریح گردیده و هدف از اجرای آن، خروجی مورد انتظار و معیار پذیرش پروژه (در قالب پیوست فنی تعریف پروژه‌های POC، نیمه صنعتی و صنعتی) ارائه شد. در گام بعد بودجه مورد نیاز برای پروژه‌ها عنوان شده و نهایتاً زمانبندی اجرای آن‌ها در قالب ره نگاشت بیان گردید.

## پیوست شماره‌ی یک

### نشست نامه‌ها





<p>تاریخ: ۹۴/۷/۲۲ شماره: ۳ پوست: -</p>		<p>صور جلسه MQF03-0</p>			
<p>موضوع نشست: تست سوم شورای راهبردی گروه پژوهشی ابزار دقیق</p>		<p>گروه پژوهشی: ابزار دقیق</p>			
<p>حاضران (اعضای شورا): دکتر محمد زاهد، دکتر لطیف، دکتر زریحان، دکتر نظری، دکتر اسحاق غایبان (اعضای شورا): دکتر اسحاق، دکتر اسحاق، دکتر اسحاق حاضران دعوت شده به شورا: دکتر اسحاق، دکتر اسحاق، دکتر اسحاق</p>					
<p>دستور نشست: - ارائه پرونده کارهای انجام شده در جلسه دریافت اندازه‌گیری نیروی انجام محمول در آب - گزارش‌های کمی و کیفی پیشبرد پرونده‌های سند راهبردی و نقشه‌ی راه ابزار دقیق - ارائه پرونده پرونده کارهای انجام شده در جلسه دریافت اندازه‌گیری نیروی انجام محمول در آب</p>					
ردیف	موضوعات مطرح شده	انجام آیینی	توسعه	نتیجه / تاریخ	
۱	در ارائه گزارش پیشرفت کارهای انجام شده در جلسه دریافت اندازه‌گیری نیروی انجام محمول در آب، در باره گزارش شده و بحث و گفتگو در باره آن انجام گرفت و در نهایت مورد تأیید قرار گرفت.				
۲	دکتر اسحاق، کارهای دکتر لطیف به عنوان ناظر بر پرونده قبول زحمت خوانده که در شورا مورد تأیید قرار گرفت و در نهایت به تأیید اعضای ناظر پرونده منتهی شد. همچنین اعضای اجلاس شورا مورد تأیید قرار گرفتند که پرونده سافت مایه، کمیونیکه دولتی و پرونده کارهای انجام شده در جلسه پرونده کارهای انجام شده در جلسه دریافت اندازه‌گیری نیروی انجام محمول در آب.				
۳	تجاربین فعالیت‌های فاز ۵، پنجم به پرونده سند راهبردی و نقشه‌ی راه سامانه‌های اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها، توسط اعضای شورا، در جلسه دریافت اندازه‌گیری نیروی انجام محمول در آب، مورد تأیید قرار گرفت. از آنجا که توافق شد که اعضای شورا، راهبردی کرده‌اند.				
۴	پرونده کارهای انجام شده در جلسه دریافت اندازه‌گیری نیروی انجام محمول در آب، در باره پرونده کارهای انجام شده در جلسه دریافت اندازه‌گیری نیروی انجام محمول در آب.				
<p>مقرر شد که در جلسه دریافت اندازه‌گیری نیروی انجام محمول در آب، در باره پرونده کارهای انجام شده در جلسه دریافت اندازه‌گیری نیروی انجام محمول در آب، در باره پرونده کارهای انجام شده در جلسه دریافت اندازه‌گیری نیروی انجام محمول در آب.</p>					
<p>نام و امضای حاضران نشست: </p>					

## فهرست مطالب

- ۱- مقدمه ..... ۱
- ۲- تدوین ساختار نظارت و بروز رسانی، مکانیزم ارزیابی و شاخص‌های عملکردی و اثر بخشی ..... ۱
- ۱-۲- شاخص‌های عملکردی و اثر بخشی ..... ۳
- ۲-۲- ساختار نظارت و به‌روز رسانی سند ..... ۴
- ۲-۳- مکانیزم ارزیابی و به‌روز رسانی سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها ..... ۵
- ۳- نتیجه‌گیری ..... ۷
- پیوست شماره‌ی یک: نشست نامه‌ها ..... ۹

### فهرست شکل‌ها

- شکل ۱- ساختار ارزیابی سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها ..... ۴
- شکل ۲- مکانیزم نظارت و ارزیابی سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها ..... ۵
- شکل ۳- مکانیزم به‌روز رسانی سند توسعه فناوری اندازه‌گیری دقیق در نیروگاه‌ها ..... ۷

## ۱- مقدمه

معمولاً هیچ تضمینی برای اینکه سیاست‌ها و برنامه‌های اتخاذ شده بتوانند به توسعه موفق فناوری منجر شوند، وجود ندارد. بنابراین، گاهی پس از آنکه سیاستی اجرا شد، ذینفعان، سیاستگذاران و یا تحلیل‌گران تصمیم می‌گیرند که میزان یا چگونگی تحقق اهداف مورد نظر را ارزیابی کنند.

در این فصل به منظور ارزیابی و بروز رسانی پروژه‌های تعریف شده در فصول قبل که در راستای دستیابی به اهداف سند تدوین شده‌اند، ابتدا شاخص‌های عملکردی و اثربخشی متناسب با اهداف سند تعیین شده و سپس ساختار مورد نیاز برای ارزیابی و بروز رسانی سند ارائه می‌گردد. نهایتاً مکانیزمی برای ارزیابی و بروز رسانی بیان می‌شود تا شیوه ارزیابی و بروز رسانی سند به صورت شماتیک مشخص گردد.

## ۲- تدوین ساختار نظارت و بروز رسانی، مکانیزم ارزیابی و شاخص‌های عملکردی و اثر

### بخشی

ارزیابی، بررسی نظام‌مند و هدفمند تأثیرات یک سیاست، راهکار، برنامه بر روی اهدافی است که سازمان می‌خواهد به آنها دست پیدا کند.

برای ارزیابی و به روز رسانی، پیشنهاد می‌شود که ملاحظات زیر انجام گیرند:

- ارزیابی زمانی تأثیرگذار است که همراستا با مأموریت و اهداف برنامه باشد. برای این کار باید نقشه‌راه تدوین شده در بخش برنامه عملیاتی ارزیابی شود و میزان حرکت و پیشرفت به سمت اهداف آن بر اساس همسویی با اهداف بالادستی سنجیده شود. در اینجا می‌توان از "مدل منطقی" برای تحلیل پیامدهای تدریجی که در طول اجرای نقشه راه حاصل می‌شوند استفاده کرد. در مورد مدل منطقی در انتهای این بخش توضیحاتی ارائه شده است.
- از آن جا که مبنای ارزیابی مقایسه میان دو حالت حال و گذشته است، بر اساس چهار قالب کلی می‌توان به ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات آن پرداخت:

✓ مقایسه وضعیت قبل و بعد از برنامه: مقایسه وضعیت در دو نقطه یکی قبل از اجرای برنامه‌ها و دیگری بعد از اجرا

✓ مقایسه روند گذشته و وضعیت بعد برنامه: مقایسه دو نقطه یکی در شرایط حاضر و یکی روند وضعیت گذشته در

زمان حاضر

- ✓ مقایسه وضعیت در دو حالت بود یا نبود برنامه: مقایسه میان وضعیت بخش‌هایی است که تحت تأثیر سیاست مورد نظر قرار گرفته‌اند یا سایر بخش‌ها
  - ✓ مقایسه وضعیت گروه‌های کنترل و آزمایشی قبل و بعد از اجرای برنامه: مقایسه وضعیت میان دو گروه تحت کنترل (بدون اجرای سیاست‌ها) و آزمایشی (با اجرای سیاست‌ها)
- با در نظر داشتن یکی از حالات مقایسه حال و گذشته، لازم است تا از یکی از این روش‌ها برای ارزیابی استفاده شود:
- پیمایش نوآوری: پیمایش نوآوری تصویر واضحی از وضعیت نوآوری در بنگاه‌ها و میان آنها را به نمایش می‌گذارد و از این طریق اطلاعات لازم برای ارزیابی سیاست‌ها را در اختیار قرار می‌دهد. این روش به بررسی عوامل مؤثر بر نوآوری فناورانه، فعالیت‌ها و هزینه‌های نوآوری در بنگاه‌ها، ویژگی‌های بنگاه نوآور و پیامدهای نوآوری می‌پردازد.
  - استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی: این بخش شامل روش‌های زیر می‌باشد:
    - ✓ مدل‌سازی و شبیه‌سازی اقتصاد کلان که سیاست‌گذاران به کمک آن نتایج مورد انتظار گزینه‌ها و انتخاب‌های سیاستی را تحلیل و مقایسه می‌کنند.
    - ✓ استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی خرد که وضعیت و عملکرد یک واحد اقتصادی را بررسی می‌کنند.
    - ✓ مدل‌های اندازه‌گیری بهره‌وری که بهره‌وری نیروی کار، یک واحد اقتصادی (سطح خرد)، یک بخش صنعتی (سطح میانی) و یا بهره‌وری یک منطقه یا کشور (سطح کلان) را بررسی می‌کنند.
  - ارزیابی توسط خبرگان: استفاده از نظر خبرگان در مواقعی که اطلاعات و شواهد کافی وجود ندارد و ارزیابی پیامدهای برنامه‌ها و پروژه‌ها از سایر روش‌ها امکان‌پذیر نیست، تصویری کلی از کیفیت و تأثیر این سیاست‌ها ارائه می‌کند.
  - اتخاذ تصمیم مقتضی: بر اساس نتایج بخش‌های قبل باید تصمیم مقتضی در سه مورد انجام اقدام تدافعی، اقدام اصلاحی و یا ارزیابی مجدد فرایند گرفته شود. اگر نتیجه تحلیل، انحراف از اهداف بالادستی را نشان ندهد، تصمیم صحیح انجام اقدام تدافعی است، به این معنی که اجرای برنامه‌ها به همین صورت فعلی ادامه پیدا کند. اگر نتیجه تحلیل نمایانگر نیاز به اصلاح در بخشی از نقشه راه تدوین شده بود، اقدامات اصلاحی باید بر روی بخش‌هایی از نقشه‌راه صورت بگیرد. و در نهایت، مفروضات کلیدی سیاست به وضوح اعتبار خود را از دست بدهند، باید به ارزیابی مجدد و تدوین دوباره نقشه راه پرداخته شود.

نظام ارزیابی و بروز رسانی، به منظور ارزیابی میزان تحقق اهداف و اجرای اقدامات مندرج در سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها طراحی می‌گردد. به این منظور لازم است که شاخص‌هایی برای ارزیابی میزان تحقق اهداف سند مذکور در نظر گرفته شود. این شاخص‌ها باید به صورت دوره‌ای توسط مسئولین مرتبط اندازه‌گیری و اعلام شود.

## ۱-۲- شاخص‌های عملکردی و اثر بخشی

هدف از ارزیابی پیشرفت اجرای پروژه (شاخص‌های عملکردی) ارزیابی میزان اجرای راهکارها و پروژه‌های توسعه فناوری در کشور می‌باشد. این نوع شاخص تمرکز بر روی ارزیابی میزان پیشرفت فعالیت‌ها، طرح‌ها و پروژه‌هایی که باید برای توسعه فناوری در کشور اجرا شود، دارند. شاخص‌های عملکردی پیشنهادی توسط تیم فنی با توجه به شاخص‌های اصلی کنترل پروژه (زمان - هزینه) در جلسه کمیته راهبری به اعضا محترم این کمیته ارائه گردیده و پس از جمع بندی نهایی در قالب شاخص‌های ذیل مورد تایید قرار گرفت. همچنین مقرر گردید به منظور کنترل پیوسته اجرای پروژه‌های مطرح شده ارزیابی پیشرفت سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها به صورت ماهانه انجام شود.

شاخص‌های عملکردی عبارتند از:

- درصد پیشرفت واقعی بر پیشرفت برنامه‌ای اقدامات و پروژه‌ها
- میزان انحراف زمانی اقدامات و پروژه‌ها
- امتیاز مشارکت مسئولین و همکاران طرح‌ها و پروژه‌ها
- میزان هزینه صورت گرفته در طرح‌ها و پروژه‌ها با توجه به پیشرفت آن‌ها

هدف از ارزیابی خروجی سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها (شاخص‌های اثربخشی)، ارزیابی میزان دستیابی به نتایج حاصل از توسعه فناوری در کشور می‌باشد. این نوع شاخص تمرکز بر روی خروجی‌هایی که در نتیجه توسعه فناوری برای کشور حاصل می‌شود، دارد. شناسایی این شاخص‌ها از آن جهت حائز اهمیت می‌باشد که می‌توانند کارایی، اثربخشی و نتیجه اجرای پروژه‌های تعریف شده در راستای اهداف سند را قابل سنجش نمایند لذا در خلال مباحثی که در این خصوص در جلسات کمیته راهبری صورت گرفت، شاخص‌های کلیدی که نتایج نهایی اجرای پروژه‌ها را نمایش می‌دهند از طریق روش خبرگی توسط اعضای محترم این کمیته مورد شناسایی قرار گرفته و به تایید اعضای کمیته راهبری رسید و مقرر شد دوره ارزیابی خروجی سند به صورت شش ماه یکبار باشد. شاخص‌های اثربخشی به شرح زیر است:

- بومی سازی تجهیزات منتخب با اجرای طرح‌های عنوان شده در گزارش مرحله‌ی پنجم

اجرای طرح‌ها مطابق با برنامه زمانبندی موجود در تعریف پروژه می‌باشد و انحراف از زمان و هزینه باید مورد بررسی تیم فنی و کمیته راهبری قرار گرفته و تصمیم‌گیری می‌شود تا بر اساس آن بروز رسانی سند انجام گیرد.

– صرفه‌جویی ارزی حاصل از طراحی و ساخت تجهیزات منتخب با اجرای طرح‌های عنوان شده در گزارش مرحله‌ی

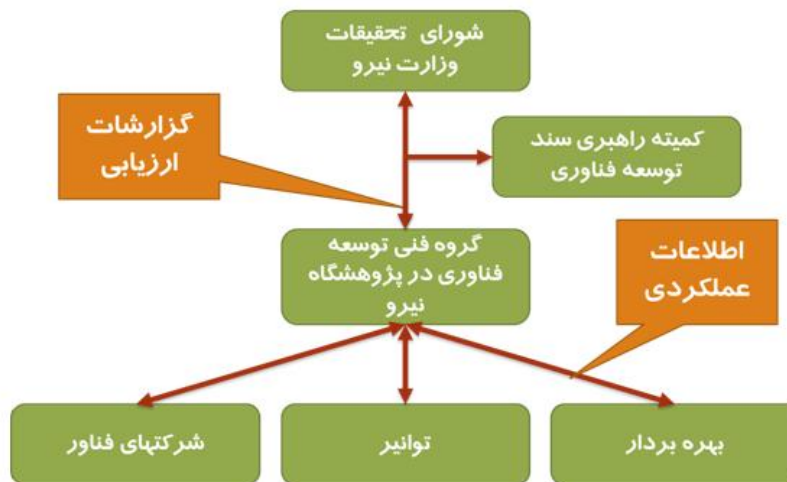
پنجم

با توجه به برگزاری جلسات کمیته راهبری و بررسی خروجی‌های هر طرح و پروژه‌های مربوط به طرح‌ها می‌توان این شاخص را نیز مورد ارزیابی قرار داد، به طوریکه میزان انحراف صرفه‌جویی ارزی در اختیار اعضای کمیته‌ی راهبری قرار می‌گیرد و با توجه به نظر اعضا اقدامات اصلاحی در صورت نیاز انجام می‌گیرد.

## ۲-۲- ساختار نظارت و به‌روز رسانی سند

در شکل (۱) ساختار نظارت و به‌روز رسانی سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها نشان داده شده است.

همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، پژوهشگاه نیرو به‌عنوان متولی ارزیابی و گزارش‌گری شاخص‌های مذکور در نظر گرفته شده است.



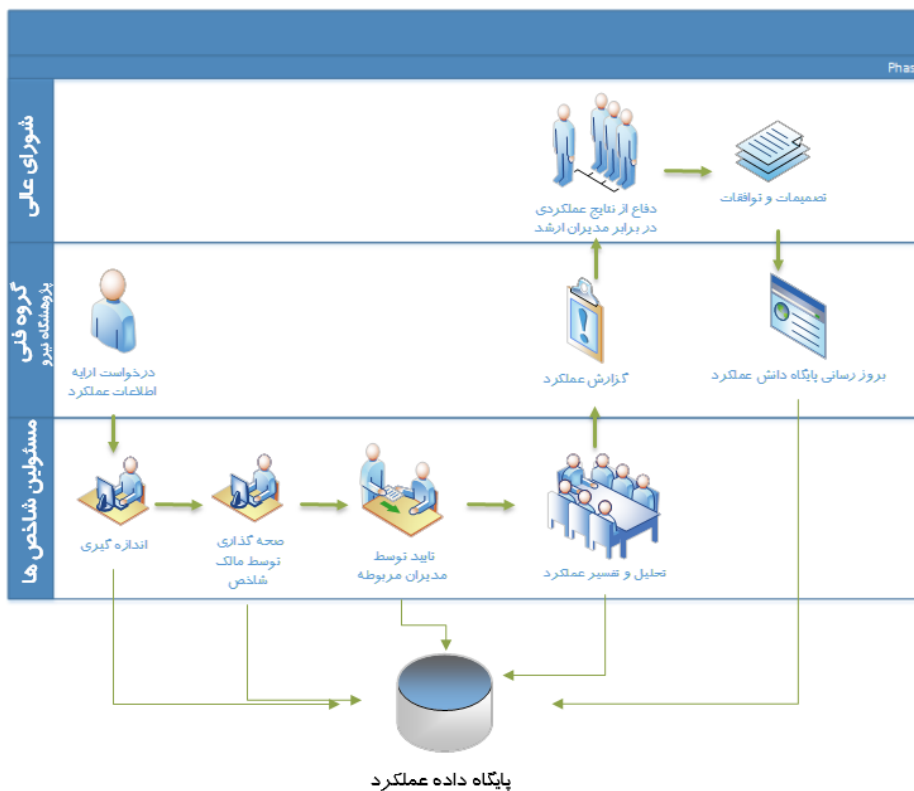
شکل ۱- ساختار ارزیابی سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها

شورای تحقیقات وزارت نیرو استماع گزارش و تصویب قوانین را برعهده دارد، کمیته راهبری وظیفه بررسی عملکرد و تحلیل تاثیر محتوای بروز آوری سند و پژوهشگاه نیرو بعنوان تیم فنی وظیفه درخواست بازنگری، ارسال بازنگری برای شورای عالی، اندازه‌گیری شاخص‌ها، تهیه گزارش و برگزاری جلسات کمیته راهبری را برعهده دارد. نهادهای توانیر، بهره برداران و شرکت‌های فناور وظیفه همکاری در اندازه‌گیری شاخص‌ها و کمک در به‌روزرسانی سند را برعهده دارند. بهره‌برداران شامل کلیه نیروگاه‌های دولتی و خصوصی در سطح کشور می‌باشد.

### ۲-۳- مکانیزم ارزیابی و به روز رسانی سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها

#### ۲-۳-۱- مکانیزم ارزیابی

در شکل (۲) ساختار نظارت و ارزیابی سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها نشان داده شده است.



شکل ۲- مکانیزم نظارت و ارزیابی سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها



## ۲-۳-۲- مکانیزم بروز رسانی سند

گروه فنی توسعه فناوری در پژوهشگاه نیرو گزارش آخرین وضعیت تحقق اهداف و اقدامات سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها را به کمیته راهبری ارائه داده و این کمیته در جلسات ادواری خود گزارش تحقق اهداف و اقدامات را بررسی می‌نماید. سپس نتایج بررسی‌های خود را مجدداً به گروه فنی جهت انجام بررسی‌های تکمیلی ارجاع می‌دهد. این گروه با دست اندرکاران نسبت به تشکیل جلسات نظرسنجی و نیازسنجی اقدام می‌کند. خروجی این جلسات منجر به تهیه پیش نویس تغییرات اسناد توسعه فناوری می‌گردد. این پیش نویس جهت تصمیم‌گیری و به روزرسانی اسناد توسعه فناوری به کمیته راهبری ارائه می‌شود و کمیته راهبری نسبت به تهیه نسخه جدید سند فناوری اقدام می‌کند. نهایتاً این نسخه جدید جهت تصویب به شورای عالی تحقیقات وزارت نیرو برقی ارائه می‌گردد و بدین ترتیب ویرایش جدید سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها به بهره‌بردار ابلاغ می‌گردد.

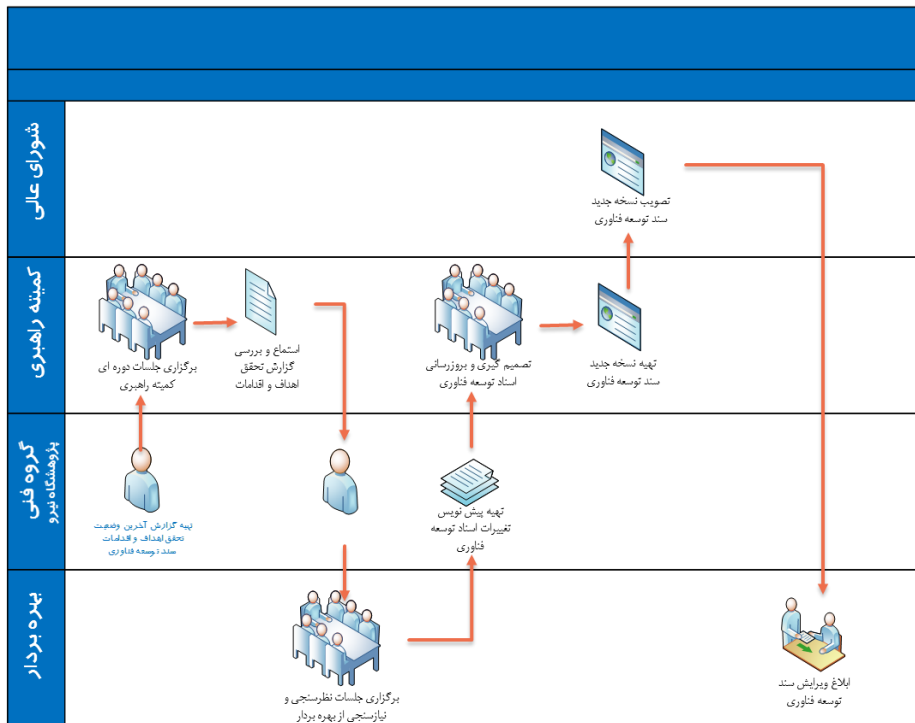
با بررسی‌های صورت گرفته و مباحث مطرح شده در جلسات کمیته راهبری، اعضا محترم این کمیته به این جمع بندی نهایی رسیدند که با توجه به نوع پروژه‌های موجود در سند و شاخص‌های ارزیابی مشخص شده، لازم است فرآیند ارزیابی شاخص‌ها به صورت شش ماهه و همچنین فرآیند بروز رسانی سند به صورت دو سال یکبار صورت بگیرد. لذا شاخص‌های کلیدی زیر به منظور بررسی میزان تحقق اهداف سند در بازبینی‌ها مورد بررسی قرار گرفته و سند در صورت نیاز مورد بازنگری و بروز رسانی قرار خواهد گرفت که میزان شاخص‌های کلیدی در بخش ۲-۱ آمده است.

۱. بررسی روند شاخص‌های عملکردی و اثر بخشی

۲. بررسی شاخص‌های کنترل استراتژیک

۲,۱. میزان انطباق فناوری‌های جدید بکاررفته در ابزارهای اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌های جهان با ابزارهای اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌های داخل کشور

۲,۲. میزان انطباق چشم انداز و اهداف سند با روند جهانی فناوری ابزار اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها



شکل ۳- مکانیزم به‌روز رسانی سند توسعه فناوری اندازه‌گیری دقیق در نیروگاه‌ها

### ۳- نتیجه‌گیری

ارزیابی، بررسی نظام‌مند و هدفمند تأثیرات یک سیاست، راه‌کار و برنامه بر روی اهدافی است که سازمان می‌خواهد به آنها دست پیدا کند، لذا لازم است مکانیزم ارزیابی و به‌روز رسانی مذکور تهیه شود. برای این امر لازم است شاخص‌های عملکردی و اثربخشی اجرای پروژه‌های مرتبط با وزارت نیرو در سند فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها در کشور مدنظر قرار گیرد. بطور کلی شاخص‌های عملکردی بر روی ارزیابی میزان پیشرفت فعالیت‌ها، طرح‌ها و پروژه‌هایی که باید برای توسعه فن‌آوری مذکور در کشور اجرا شوند، تمرکز دارد و شاخص‌های اثربخشی میزان دستیابی به نتایج حاصل از توسعه فن‌آوری را در کشور ارزیابی می‌کند. بدین ترتیب این شاخص تمرکز بر روی خروجی‌هایی که در نتیجه توسعه فن‌آوری برای کشور حاصل می‌شود، دارد.

در این فصل ساختار نظارت و به‌روز رسانی سند توسعه فناوری اندازه‌گیری پیشرفته در نیروگاه‌ها ترسیم شد و در آن

پژوهشگاه نیرو بعنوان متولی ارزیابی و گزارش‌گیری شاخص‌های مذکور در نظر گرفته شده است.

روند و مکانیزم ارزیابی و به روز رسانی سند توسعه فن‌آوری بر اساس ساختار نظارت تعیین گردید. در روند به‌روزرسانی سند مذکور، بهره‌بردار، گروه فنی و کمیته راهبری دخالت داشته و نهایتاً نتیجه سند به‌روزرسانی شده (ویرایش جدید سند) توسط شورای تحقیقات وزارت نیرو تصویب و به بهره‌بردار ابلاغ می‌شود.

## پیوست شماره‌ی یک

### نشست نامه‌ها

تاریخ: ۹۴/۷/۲۷ شماره: ۳ پوست: -		صور تجلیسه MQF03-0	شعار پژوهشگاه نیرو	
گروه پژوهشی: ابزار دقیق		موضوع نشست: تست سوم شورای راهبری گروه پژوهشی ابزار دقیق		
حاضران (اعضای شورا): دکتر محمد باقرزاده، دکتر لطیف، دکتر زین‌الدین، دکتر علی‌محمدی، دکتر سید امین				
غایبان (اعضای شورا): دکتر سید امین، دکتر علی‌محمدی، دکتر زین‌الدین، دکتر سید امین				
حاضران دعوت شده به شورا: دکتر سید امین، دکتر علی‌محمدی، دکتر زین‌الدین، دکتر سید امین				
دستور نشست: - ادامه بررسی پروژه ابزار دقیق، درج جداول در دست‌نویس، اصلاحیه‌ها، بررسی جدول در آیین‌نامه، بررسی جدول در آیین‌نامه، بررسی جدول در آیین‌نامه، بررسی جدول در آیین‌نامه				
ردیف	موضوعات مطرح شده	اقدام آتی	سرمهیه	نتیجه / تاریخ
۱	بررسی جدول در آیین‌نامه، بررسی جدول در آیین‌نامه، بررسی جدول در آیین‌نامه، بررسی جدول در آیین‌نامه			
۲	بررسی جدول در آیین‌نامه، بررسی جدول در آیین‌نامه، بررسی جدول در آیین‌نامه، بررسی جدول در آیین‌نامه			
۳	بررسی جدول در آیین‌نامه، بررسی جدول در آیین‌نامه، بررسی جدول در آیین‌نامه، بررسی جدول در آیین‌نامه			
۴	بررسی جدول در آیین‌نامه، بررسی جدول در آیین‌نامه، بررسی جدول در آیین‌نامه، بررسی جدول در آیین‌نامه			
نام و اعضای حاضران نشست: دکتر محمد باقرزاده، دکتر سید امین، دکتر علی‌محمدی، دکتر زین‌الدین، دکتر سید امین				مقیص