

## موضوعات اولویت‌دار ستادهای توسعه فناوری برای همکاری با شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی

### **\* ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو**

#### **۱- حسگرهای نوظهور**

یکی از اصلی‌ترین کلان روندهای ده ساله آتی دنیا، انقلاب صنعتی چهارم و تحول دیجیتال است. انقلاب صنعتی چهارم اجزای مختلفی دارد که یکی از مهمترین این اجزا حسگرها هستند به طوری که حتی برخی آینده‌پژوهان، حسگرها را به عنوان قلب این انقلاب و ارتباط فضای حقیقی با مجازی معرفی می‌کنند. موسسات معتبری مانند مجمع جهانی اقتصاد (۲۰۱۶ و ۲۰۲۰)، موسسه تحقیقات صنعتی (ایتری ۲۰۱۹)، سازمان علم و فناوری ناتو (۲۰۲۰)، موسسه تحقیقاتی لوکس (۲۰۲۰ و ۲۰۲۱) و نهاد آی‌یوپک (۲۰۲۰ و ۲۰۲۲)، این فناوری را جزو فناوری‌های برتر نوظهور معرفی کرده‌اند که نشان از اهمیت تاثیرگذاری آن در بین حوزه‌های مختلف دارد. همچنین مطالعه برنامه‌های کشورهای پیشرو مانند آمریکا، اقتصادهای نوظهور مانند هند و کشورهایی با شرایط اقتصادی مشابه ایران مانند مالزی نشان می‌دهد که این کشورها در قالب برنامه‌های پیشگامی متمایز فناوری بر حوزه حسگرها متمرکز شده‌اند. مطالعات بازار نانوحسگرها نیز نشان می‌دهد که بازار این حوزه با رشد بسیار بالا تا ۵ سال دیگر به بالای ۲۰ میلیارد دلار خواهد رسید که بخش بهداشت و سلامت بیشترین سهم این حوزه را در اختیار خواهد داشت. با توجه به رشد بالای تعداد و بازار نانوبایوسگرها در یک دهه آتی، حمایت از توسعه حسگرهای نوظهور اهمیت دارد.

محورها و اولویت‌های پژوهشی عبارتند از:

- ✓ حسگرهای تقویت شده با هوش مصنوعی (AI-enabled sensors)
- ✓ حسگرهای پوشیدنی شامل منسوجات هوشمند با اولویت پارامترهای عملکردی بدن (Wearable sensors and smart textiles)
- ✓ حسگرهای تنفسی با اولویت بیماریهای گوارشی (Breath sensors and diagnose diseases)
- ✓ حسگرهای بلعیدنی با اولویت کپسولهای آندوسکوپی (Ingestible Sensors)
- ✓ تشخیص زودهنگام به صورت تست کمی سریع بیماری در مراحل اولیه با اولویت بیماریهای سرطانی، ام‌اس و آلزایمر (Rapid tests for Early detection of diseases)
- ✓ موقعیت‌یابهای با دقت بالا (Hyper accurate GPS)

#### **۲- نانوجوهرهای زیستی**

طبق گزارشات رسمی فقط در آمریکا، تقریباً ۱۰۹,۰۰۰ مرد، زن و کودک در لیست انتظار پیوند ملی قرار دارند که بیش از ۹۰,۰۰۰ نفر از این بیماران در انتظار پیوند کلیه هستند. متأسفانه روزانه ۱۷ نفر در لیست انتظار پیوند عضو، جان خود را از دست می‌دهند و هر ۱۰ دقیقه یک بیمار جدید به این لیست اضافه می‌شود. اندام‌ها و ارگان‌های پیوند زده شده به دلیل اثرات مخرب طولانی‌مدت

سرکوب سیستم ایمنی پس از پیوند، مشکلات مزمنی را تجربه می‌کنند. بنابراین، نیاز روزافزونی به جایگزینی برای لیست انتظار پیوند اعضا وجود دارد. چاپ زیستی سه‌بعدی یکی از راه‌حل‌های امیدبخش این چالش است. با این وجود، چاپ اندام بدن به وسیله جوهر با چالش‌های زیادی از جمله پایداری و تعداد سلول روبرو است. در هر حال، حاظ نمونه‌های بسیار اولیه و کوچک از اعضای پیوندی مانند قلب چاپ شده‌اند. اگرچنانچه چاپ اعضای پیوندی محقق شود، آنگاه انقلابی در دنیا به پا خواهد شد. با توجه به میزان تاثیر این موضوع در اقتصاد و زندگی مردم، این حوزه مورد توجه بسیاری از نهادهای تحلیلی نیز قرار گرفته و به عنوان یکی از فناوری‌های آینده‌ساز معرفی شده است. از جمله این موارد می‌توان به موسسه تحقیقات صنعتی (ایتری ۲۰۱۹)، نهاد آی‌یوپک (۲۰۱۹)، سازمان علم و فناوری ناتو (۲۰۲۰) و موسسه تحقیقاتی لوکس (۲۰۲۰) اشاره کرد. در جدیدترین گزارش در سال ۲۰۲۳، MIT Technology Review ۱۰ حوزه را به عنوان فناوریهای غیرمنتظره معرفی کرده است که یکی از آنها چاپ زیستی سه بعدی است.

روند مقالات این حوزه نیز نشان می‌دهد که کشورهای پیشرو به خصوص چین و آمریکا به صورت تهاجمی به این حوزه ورود کرده و با اختلاف زیاد از دیگر کشورها فاصله گرفته‌اند. در نتیجه به منظور افزایش جایگاه ایران و کاهش فاصله با کشورهای پیشرو، حمایت از توسعه فناوری در این حوزه ضرورت دارد.

محورهای دارای اولویت عبارتند از: توسعه نانوجوهرهای زیستی به منظور چاپ بافتهای نرم، بافتهای عملکردی (functional tissues) و اعضای پیوندی از جمله گوش، بینی، مثانه، رگ، کبد، کلیه، قلب و ریه.

### ۳- شخصی سازی درمان

با توجه به آمار مراکز معتبر بسیاری از داروها نه تنها برای همه افراد مفید نیستند بلکه حتی تا ۶٪ داروهای درمان سرطان نیز اثر معکوس بر افراد دارند. با توجه به این مساله، رویکرد یک دارو برای همه در حال تغییر به یک دارو برای هر فرد است. از سال ۲۰۱۳ و با کاهش شدید هزینه توالی‌یابی ژنوم انسان و همچنین موفقیت‌های چشمگیر در حوزه تفسیر کل ژن، رشد این حوزه شروع شده است. به طوری که در حال حاضر بیش از ۷۵٪ آنکولوژیست‌های آمریکا با استفاده از توالی‌یابی ژن و تعیین نوع مارکرهای موجود، اقدام به تجویز دارو می‌کنند.

با توجه به تاثیرگذاری بسیار زیاد این فناوری در حوزه درمان و سلامت، تعداد داروهای شخصی شده (به خصوص در درمان سرطان) مرتباً در حال افزایش هستند. مطالعات بازار نشان می‌دهد که تعداد داروهای با رویکرد شخصی شده (فعلاً در مرحله گروهی و با برچسب فارماکوژنومیک) طی یک دهه اخیر با رشد نمایی به بین سالهای ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰ دو برابر شده است. تعداد این داروها ۴۲ درصد از تأییدیه داروهای جدید را در سال ۲۰۱۸ به خود اختصاص داده‌اند. این اعداد نسبت به سال ۲۰۰۵ که حدود ۵ درصد بوده، افزایش چشمگیری داشته است. این امر نشان می‌دهد که داروهای با رویکرد شخصی شده در حال جایگزینی با داروهای معمولی هستند. متعاقباً، حجم بازار این حوزه نیز در حال رشد است و پیش بینی می‌شود در ۷ سال آتی به بالای ۵۰۰ میلیارد دلار برسد.

اهمیت حوزه شخصی‌سازی درمان باعث شده تا مراکز تحلیلی مختلف از جمله مجمع جهانی اقتصاد (۲۰۱۲ و ۲۰۱۸)، موسسه تحقیقات صنعتی (ایتری ۲۰۱۸) و MIT Technology Review (۲۰۲۰ و ۲۰۲۳) این حوزه را به عنوان یکی از حوزه‌های آینده‌ساز معرفی کنند.

رویکرد شخصی‌سازی واقعی (دارو برای هر فرد به جای گروه و یا تولید دارو در محل) هنوز در اول راه است. به همین منظور استفاده از تکنیک‌هایی مانند اندام روی تراشه یا استفاده از سلول‌های بنیادی برای ساخت سلول‌های هدف هر فرد و سپس تعیین بهترین دارو برای بیمار در حال ظهور هستند. حوزه‌های دارای اولویت عبارتند از:

✓ درمان انواع سرطان با اولویت سرطانهای سینه، معده، روده بزرگ، پروستات

✓ بیماریهای قلبی عروقی

✓ بیماری‌های مزمن انسدادی ریوی

✓ ام اس و آلزایمر

#### ۴- گوشت‌های مصنوعی

تولید گوشت مصنوعی، یکی از فناوری‌های نوظهور و در حال توسعه بوده است. کارشناسان معتقدند که تا ۱۰ سال آینده، گوشت مصنوعی با قیمتی رقابتی و در بازه ۳۵۰۰ تا ۵۵۰۰ دلار به ازای هر تن، روانه بازار خواهد شد. بر اساس پیش‌بینی‌ها، جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰، قریب به ۹/۸ میلیارد نفر خواهد بود، همچنین در آن تاریخ، انسان ۷۰٪ گوشت بیشتری نسبت به سال ۲۰۰۵ مصرف خواهد کرد. روند رو به رشد جمعیت، در کنار حجم عظیم منابع مصرفی، مانند آب و زمین و همچنین آلودگی‌های زیست‌محیطی، از جمله انتشار گازهای گلخانه‌ای که در نتیجه دامپروری ایجاد می‌شود، بر اهمیت این فناوری نویدبخش می‌افزاید. برآوردها حاکی از آن است که برای تولید یک کیلوگرم گوشت، بیش از ۱۳ هزار لیتر آب مورد نیاز بوده که شاید در سال ۲۰۵۰، این میزان آب برای تولید گوشت مورد نیاز قریب به ۱۰ میلیارد نفر، در دسترس نباشد، در صورتیکه برای تولید ۱ کیلوگرم گوشت در آزمایشگاه حداکثر ۱۸۰ لیتر آب مصرف می‌شود. حوزه‌های اولویت دار عبارتند از: محصولات با طعم و مزه مشابه گوشت گاو، گوسفند و مرغ.

#### ۵- کوانتوم

محاسبات و همچنین ارتباطات کوانتومی یکی از حوزه‌های تحول آفرین و مورد توجه کشورهای پیشرفته مانند آلمان، آمریکا، چین و هند است به طوری که این کشورها بودجه‌های سنگینی برای حوزه کوانتوم در نظر گرفته اند (به عنوان مثال آلمان ۳ میلیارد دلار برای این حوزه در نظر گرفته است). اتحادیه اروپا نیز اخیراً این حوزه را به حوزه‌های ذیل برنامه پرچمدار اروپا (FET flagship) اضافه کرده است. به همین دلیل توجه به این حوزه و حمایت از پژوهشگران فعال در حوزه ارتباطات و محاسبات کوانتومی اهمیت راهبردی دارد.

#### ۶- هوش مصنوعی

هوش مصنوعی مهم‌ترین فناوری نوظهور است که منجر به تحول بسیاری از حوزه‌ها خواهد شد. حتی با استفاده از هوش مصنوعی محصولات و بازارهای جدیدی نیز در حال خلق هستند. اگر چنانچه انقلاب صنعتی چهارم به خوبی شکافته شود، آنگاه میتوان مشاهده کرد که مغز هر سیستم خودران از قبیل یک خودروی خودران، پرنده بدون سرنشین و رباتهای خدماتی و صنعتی،

ترکیب هوش مصنوعی به همراه تراشه است. حتی هوش مصنوعی منجر به ظهور سریعتر دیگر المانهای انقلاب صنعتی چهارم از قبیل اینترنتهای نسل جدید میشود. در نتیجه میتوان گفت همگرایی فعالیتهای پژوهشی مختلف با هوش مصنوعی، باعث افزایش عملکرد به خصوص دقت، دامنه کاربرد و سرعت می شود. حوزه های دارای اولویت عبارتند از:

- ✓ کشف مواد با استفاده از هوش مصنوعی (محوری که ذیل نانو انفورماتیک نیز تعریف شده است)
- ✓ توسعه محصولات تقویت شده با هوش مصنوعی (محوری که ذیل نانو انفورماتیک تعریف نشده است)

## ۷- آزمون های تشخیصی بر بالین (Point Of Care Test)

آزمون های تشخیصی بر بالین روند بسیار پرشتابی در دنیا دارند و در بسیاری از موارد جایگزین آزمون های مرسوم و سنتی در آزمایشگاه های تشخیص طبی شده اند. از این رو ضروری ست با رویکرد تشخیصی بر بالین بر توسعه فناوری ها، پلفرم ها و ابزارهای تشخیصی سریع، زود هنگام و کم هزینه بیماری ها متمرکز شد. که در این برنامه نشانگرهای تشخیصی برای چهار گروه دسته بندی می شوند:

- بیماری های عفونی
- نشانگرهای قلبی
- فاکتورهای خونی و ادراری
- شمارش سلول های خونی

فناوری ها، پلفرم ها و نشانگرهای مورد نظر با توجه به سازگاری و در ترکیب با یکدیگر در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۱- فناوری ها، پلفرم ها و نشانگرهای پیشنهادی با توجه به سازگاری در ترکیب با یکدیگر

| پلفرم           | فناوری                                    | نشانگر                                    |
|-----------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Centrifugal     | PCR                                       | بیماری های عفونی                          |
| Pressure-driven |                                           |                                           |
| paper-based     | Isothermal Amplification                  | بیماری های عفونی                          |
| Centrifugal     |                                           |                                           |
| Pressure-driven |                                           |                                           |
| paper-based     | Chromatographic Immunoassay               | بیماری های عفونی                          |
|                 |                                           | فاکتورهای خونی و ادراری (مانند هورمون ها) |
| Centrifugal     | Fluorescent/Chemiluminescence Immunoassay | بیماری های عفونی                          |
| Pressure-driven |                                           | نشانگرهای قلبی                            |

جدول ۱- فناوری‌ها، پلتفرم‌ها و نشانگرهای پیشنهادی با توجه به سازگاری در ترکیب با یکدیگر

| پلتفرم          | فناوری                     | نشانگر                                    |
|-----------------|----------------------------|-------------------------------------------|
| paper-based     | Electrochemical Biosensors | فاکتورهای خونی و ادراری (مولکول‌های کوچک) |
| Pressure-driven |                            |                                           |
| Centrifugal     | Enzyme assay               | فاکتورهای خونی و ادراری (مولکول‌های کوچک) |
| Pressure-driven |                            |                                           |
| paper-based     |                            |                                           |
| Centrifugal     | Imaging                    | شمارش سلول‌های خونی                       |
| Pressure-driven |                            |                                           |

مشروح موارد آورده در جدول فوق به قرار زیر است:

- ابزارهای تشخیص بیماری‌های عفونی بر پایه فناوری PCR بر بستر پلتفرم‌های میکروسیالات سانتریفوژی و جریان آرام تحت فشار
- ابزارهای تشخیص بیماری‌های عفونی بر پایه فناوری Isothermal Amplification بر بستر پلتفرم‌های برپایه کاغذ، میکروسیالات سانتریفوژی و جریان آرام تحت فشار
- ابزارهای تشخیص بیماری‌های عفونی بر پایه فناوری Chromatographic Immunoassay بر بستر پلتفرم برپایه کاغذ
- ابزارهای تشخیص بیماری‌های عفونی بر پایه فناوری Fluorescent/Chemiluminescence Immunoassay بر بستر پلتفرم‌های میکروسیالات سانتریفوژی و جریان آرام تحت فشار
- ابزارهای تشخیص بیماری‌های عفونی بر پایه فناوری Isothermal Amplification بر بستر پلتفرم‌های برپایه کاغذ، میکروسیالات سانتریفوژی و جریان آرام تحت فشار
- ابزارهای تشخیص فاکتوری‌های خونی و ادراری بر پایه فناوری Chromatographic Immunoassay بر بستر پلتفرم برپایه کاغذ
- ابزارهای تشخیص فاکتوری‌های خونی و ادراری بر پایه فناوری Isothermal Amplification بر بستر پلتفرم‌های برپایه کاغذ، میکروسیالات سانتریفوژی و جریان آرام تحت فشار
- ابزارهای تشخیص فاکتوری‌های خونی و ادراری بر پایه فناوری Electrochemical Biosensors بر بستر پلتفرم‌های برپایه کاغذ و جریان آرام تحت فشار
- ابزارهای تشخیص فاکتوری‌های خونی و ادراری بر پایه فناوری Enzyme assay بر بستر پلتفرم‌های برپایه کاغذ، میکروسیالات سانتریفوژی و جریان آرام تحت فشار

- ابزارهای تشخیص نشانگرهای قلبی بر پایه فناوری Fluorescent/Chemiluminescence Immunoassay بر بستر پلتفرم‌های میکروسیالات سانتریفوژی و جریان آرام تحت فشار
- ابزارهای شمارش سلول‌های خونی بر پایه فناوری Imaging بر بستر پلتفرم‌های میکروسیالات سانتریفوژی و جریان آرام تحت فشار

## ۸- فناوری طراحی مدارهای مجتمع با کاربرد خاص (ASIC)

زنجیره ارزش جهانی میکروالکترونیک که شامل، مواد و گازهای مصرفی، تجهیزات و ماشین‌آلات تولید و بسته‌بندی، طراحی قطعات، پردازنده‌ها و مدارهای مجتمع، زیرساخت‌های طراحی و تولید (Fab-Laboratory و Fab-Factory) و تحقیقات فناوریانه است. اجزا این زنجیره هم اکنون در دنیا گسترده شده و حتی بخش‌هایی از آن به صورت نیمه انحصاری فعال هستند (تولید انبوه پردازنده‌های زیر ۱۰ نانومتری). ورود به زنجیره ارزش جهانی این بخش‌های نیاز به الزامات و زیر ساخت‌هایی دارد که بعضاً سرمایه‌گذاری‌های بسیار زیادی را مطالبه می‌کند. طراحی بدون فاب (Fabless Design) یکی از رویکردهای است که امکان ورود بازیگران جدید با زنجیره ارزش جهانی را با موانع کمتر و سرمایه‌گذاری پایین‌تر فراهم می‌کند. جامعه دانشگاهی کشور ظرفیت خوبی برای ورود به این حوزه دارد. از این رو موارد زیر به عنوان حوزه‌های کاربردی خاص مدارهای مجتمع در اولویت قرار گرفته‌اند.

### خودرو و حمل‌ونقل

به عنوان مثال:

- ✓ سامانه‌های مدیریت قدرت و برق خودرو و وسایل حمل‌ونقل
- ✓ سامانه‌های تنظیم سوخت‌رسانی، تنظیم کارکرد موتور احتراقی و الکتریکی
- ✓ سامانه‌های انتقال قدرت و تعلیق خودرو و وسایل حمل‌ونقل
- ✓ سامانه‌های تعیین وضعیت و عملکردی کلاچ، پدال‌ها، فنرها، پایداری و تعادل،
- ✓ سامانه‌های ناوبری و موقعیت‌یابی خودرو و وسایل حمل‌ونقل
- ✓ درایورها و کنترلرهای نور و روشنایی خودرو و وسایل حمل‌ونقل
- ✓ آشکارسازهای حرارتی و نوری

### ابزارهای پزشکی

به عنوان مثال:

- ✓ ابزارهای ثبت و تحریک سطحی و عمیق مغزی
- ✓ سامانه‌های کاشتنی فعال پایش در بدن
- ✓ سامانه‌ها و ابزارهای پوشیدنی پایش و مراقبت علائم حیاتی افراد در معرض خطر
- ✓ سامانه‌های شارژ باتری بدون سیم
- ✓ سامانه‌های انتقال اطلاعات بدون سیم

## ابزارها و تجهیزات عمومی صنعتی

به عنوان مثال:

- ✓ کنترلرها و مبدل‌ها DC-DC ولتاژ بالا و ولتاژ پایین
- ✓ سنسورهای شناسایی انواع گازها
- ✓ سنسورهای ابزار دقیق،
- ✓ قطعات مخابراتی،
- ✓ انواع کانکتورهای مخابراتی RF

## الکترونیک مصرفی

به عنوان مثال:

- ✓ بلندگوی دیجیتال ولتاژ بالا
- ✓ قطب نمای مغناطیسی ۳ محوره
- ✓ ژيروسکوپ‌های دیجیتال با فناوری MEMS
- ✓ رابط شتاب سنج
- ✓ رابط سنسور هال
- ✓ ابزارهای تأمین توان از اترنت
- ✓ ابزارهای تأمین، کنترل و تبدیل توان AC به DC
- ✓ درایورها و تقویت‌کننده‌های صوتی
- ✓ درایورهای FET

## ۱۰- سامانه‌ها و ابزارهای پایش خود توان (Self-Power)

گسترش رویکرد IoT با توجه به توسعه شتابدار فناوری‌های زیرساختی مورد استفاده در این رویکرد، ضرورت توسعه باتری‌ها کوچک با توان بالا را بسیار پرنگ کرده است. از سویی دیگر نوآوری‌هایی که در توسعه فناوری ابزارهای و قطعات خودتوان انجام شده است، نشان از ظهور نسل جدیدی از گسترش رویکرد IoT است. از این رو، توسعه فناوری‌های خود توان برای بکارگیری از ابزارها و قطعات پایش در اولویت قرار گرفته است. فناوری‌های مورد نظر در برداشت انرژی (Energy Harvesting) به قرار زیر است:

- فناوری برداشت انرژی مکانیکی به دو روش تریبوالکتریک و پیزوالکتریک
- فناوری برداشت انرژی حرارتی به روش پیروالکتریک و ترموالکتریک
- فناوری برداشت انرژی القا مغناطیسی و الکترومغناطیسی
- فناوری برداشت انرژی فرکانس‌های رادیویی

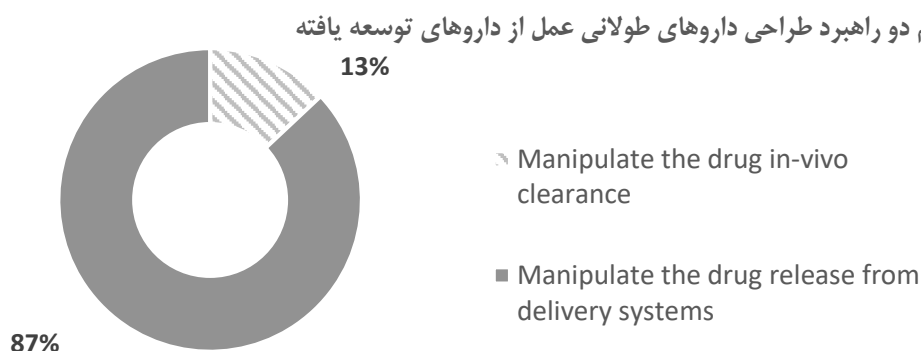
## ۱۱- داروهای طولانی عمل (Long Acting)

توسعه دارو و مکمل‌های پیشرفته و فناورانه با توجه به ظرفیت‌های علمی و زیرساختی در کشور، امکان پیشرو بودن را برای صنعت دارویی کشور فراهم می‌کند. این در حالی است که بسیاری از داروهای ارزشمند با کارایی و عملکرد بالا به دلیل تحریم وارد کشور نشده و بیماران از مزایای این داروها بهره‌مند نخواهند شد. این در حالی‌ست که رویکرد جدید توجه به دارورسانی هدفمند، آهسته رهش و شخصی‌سازی شده توجه به فرم‌ها و داروهای جدید که در حال انجام آزمون‌های بالینی هستند را نیز الزامی می‌کند. یکی از حوزه‌های تمرکز برنامه توسعه فناوری دارویی تا سال ۱۴۰۴ داروهای Long Acting پایه پلیمری است. نیاز به درمان‌های طولانی‌مدت بیماری‌های مزمن، انگیزه توسعه گسترده فرمول‌های تزریقی طولانی‌مدت (LAPFs) با هدف بهبود فارماکوکینتیک دارو و اثربخشی درمانی شده است. ثابت شده است که LAPF ها نیمه عمر درمان ها را افزایش می دهند و همچنین پایداری بیمار به مسیر درمان را بهبود می بخشد. در طول دهه‌های گذشته، پیشرفت قابل توجهی در طراحی LAPF های موثر در هر دو محیط Preclinical و Clinical صورت گرفته است. داروها و روش‌های درمانی متنوعی توسعه یافته که از منظر راهبرد به دو دسته اصلی ایجاد تغییرات در فارماکوکینتیک درون تنی و دستکاری آزادسازی دارو از سیستم‌های تحویل تقسیم می‌شوند.

جدول ۲ - راهبردهای طراحی داروهای طولانی عمل به همراه نمونه‌ای از داروهای تولید و مورد تأیید با فناوری مربوطه

| Manipulate the drug release from delivery systems | Product name example         | Manipulate the drug in-vivo clearance     | Product name example |
|---------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|----------------------|
| Micro-encapsulation                               | Trelstar<br>Zilretta         | PEGylation and alternatives to PEGylation | Pegasys<br>Rebinyn   |
| Multivesicular liposomes                          | Exparel<br>Depocyt           | Lipidation                                | Victoza<br>Levemir   |
| Oil-based LAPFs                                   | Androcur Depo<br>Delatestryl | Nucleic acid modification                 | Givlaari<br>Oxlumo   |
| Nanocrystal suspensions                           | Zyprexa<br>Agofollin Depot   | Fc/HSA fusion                             | Idelvion<br>Zaltrap  |
| Long-acting biodegradable polymeric systems       | Arestin<br>Signifor LAR      |                                           |                      |
| Long-acting implantable systems                   | CiproScrew<br>Scenese        |                                           |                      |





از بین این دو راهبرد برای طراحی داروهای طولانی عمل، سامانه‌های دارورسانی بیشتر مورد توجه قرار گرفته و سهم بیشتر از داروهای توسعه یافته را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین ذیل راهبرد سامانه‌های دارورسانی، فناوری‌های میکروانکپسولیشن، سامانه‌های پلیمری زیست تخریب پذیر تزریقی و کاشتنی کاربرد بیشتری داشته و محصولات بیشتری بر پایه این فناوری‌های وارد بازار خواهند شد. این در حالی است که اندازه بازار دارورسانی تزریقی شاهد CAGR در حدود ۵٫۸ درصدی خواهد بود که ارزش آن به ۵۳۱٫۸ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۲ می‌رسد و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۳۲ افزایش یابد و به ۹۳۷ میلیارد دلار برسد.

## ۱۲- مواد و مصالح نوین

یکی از مهم ترین و کلیدی ترین بخش های پیشرفت در حوزه های مختلف شکل گیری مرکزهای تحقیق و توسعه و تمرکز بر معرفی نوآوری ها بر مبنای نیاز جامعه بوده است. امروزه در کشورهای پیشرفته ثابت شده است که توسعه در گرو نوآوری می باشد و سرمایه گذاری های هنگفتی نیز در راستای پیشبرد این اهداف انجام می شود. ساخت و ساز یکی از با اهمیت ترین حوزه ها می باشد که توجه ویژه به آن می تواند کشور را به شکل چشم گیری توسعه دهد.

### • نانوبتن های سبز چاپ سه بعدی

فناوری چاپ سه بعدی یکی از انقلاب های اخیر در حوزه ساخت و ساز بوده است که امروزه توجه بسیاری از محققان و فعالان صنعتی را به خود جلب کرده است. در همین راستا توسعه بتن های سبز و دوستدار محیط زیست که قابلیت چاپ سه بعدی باشد یکی از موضوعات تحقیقاتی جذاب می باشد که در حوزه ساخت و ساز می تواند مورد استقبال زیاد قرار گیرد.

### • نانو سیمان سبز پایه رس کلسینه شده (LC3)

سیمان LC3 از مواد اولیه ای که به وفور در سراسر جهان موجود است یعنی رس کلسینه شده، سنگ آهک و گچ ساخته می شود. هدف از ساخت این نوع سیمان کمک به محیط زیست است چون سیمان عادی مقادیر بسیار زیادی گاز CO2

تولید می کند که سبب آلودگی محیط زیست می شود، این در حالی است که LC3 حدود ۳۰ درصد کمتر نسبت به سیمان پرتلند گاز CO2 تولید می کند و به همین دلیل دوست دار محیط زیست می باشد. در LC3 از رس کلسینه شده و سنگ آهک جایگزین بخشی از کلینکر استفاده می شود و مقاومت های مکانیکی و دوام نسبت به سیمان معمولی که تماماً حاوی کلینکر است تغییر نمی کند. بهره گیری از LC3 یک راه حل مناسب برای تولید سیمان کم کربن و دوستدار محیط زیست در مقیاس بزرگ می باشد.

### • نانو بتن متخلخل

بتن های متخلخل یکی از انواع کامپوزیت های سیمانی جذابی هستند که کاربرد بسیاری در حوزه روسازی های بتنی دارند. از این نوع بتن می توان در راستای ذخیره سازی آب در هنگام جاری شدن باران در سطح روسازی بهره برد و با ایجاد کانال های متعدد در قسمت تحتانی روسازی از آب ذخیره شده برای مصارف گوناگون بهره برد. از طرف دیگر، با جذب و عبور آب توسط این نوع روسازی ها، به راحتی می توان از انباشت آب در سطح و وقوع سیل و آبرگرفتگی که مشکل اساسی این روزهای جامعه می باشد جلوگیری کرد.

### • نانو بتن سبز سرباره ای

نانو بتن سبز سرباره ای راه حل های ساختمانی خلاقانه و کم هزینه ای را توسعه می دهد که نه تنها به کاهش گازهای گلخانه ای کمک می کند بلکه موجب کاهش هزینه نهایی و مصرف منابع طبیعی نیز می شود. این فناوری امکان تولید بتن بدون سیمان و کربن منفی را با استفاده از ضایعات معدنی و گاز کربن دی اکسید (CO2) به عنوان مواد خام فراهم می کند.

### • نانو بتن ضد آب

یکی از عوامل خرابی بتن نفوذ آب به درون آن می باشد. بنابراین، نفوذناپذیر کردن بتن از طریق ضد آب کردن آن می تواند یکی از راهکارهای مفید و کاربردی در جهت بهبود خصوصیات دوامی بتن باشد. این نوع بتن ها به خصوص برای سازه های بتنی واقع در حوزه خلیج فارس که در معرض شدید حمله یون های شیمیایی درون آب مانند کلراید هستند بسیار لازم و ضروری است.

## ۱۳- رنگ های نانویی

### ۱-۱۳- رنگ های مغناطیسی (Magnetic Paints)

رنگ های مغناطیسی، برای تثبیت یا تعلیق پایدار یک شی بر روی دیوار استفاده می شود. فناوری نانو باعث افزایش پراکندگی - بهبود خاصیت مغناطیسی محصول می شود. تولید رنگ های مغناطیسی بر افزودن ذرات آهن به رنگ مبتنی است. پتنت های اخیر در این حوزه عمدتاً چینی هستند. اما به نظر می رسد که تحولات در این زمینه از تحقیق و توسعه به تولید و عرضه در بازار انتقال یافته است. البته مشکلاتی فنی وجود دارند که نیاز به تحقیق و توسعه را کماکان باز باقی می گذارند. با توجه به اینکه ذرات

اکسید آهن در این فناوری به کار گرفته می شوند، محصول نهایی تیره رنگ می شود و معمولاً به صورت سیاه یا خاکستری تیره عرضه می شود. همچنین، ذرات آهن در بخش پایینی قوطی رنگ جمع می شوند و باید پیش از مصرف آن را به خوبی تکان داد و مخلوط کرد. علاوه بر این، به دلیل مصرف ذرات آهن، هنگامی که رنگ روی سطح کشیده می شود، سطح نهایی نسبتاً زبر است.

## ۲-۱۳- رنگ های خنک کننده تابشی (Radiative Cooling Paints)

مکانیسم خنک کنندگی این رنگ ها شامل انعکاس نور خورشید در محدوده طول موج  $0.3-3$  میکرومتر و دفع حرارت با نشر امواج بلند مادون قرمز (LWIR) در طول موج های بزرگتر از  $3$  میکرومتر به فضای بیرونی است. به عبارت دیگر یک ضریب بازتاب نور خورشید بالا ( $TSR > 95\%$ ) برای به حداقل رساندن گرمایش خورشیدی و یک ضریب صدور ( $\epsilon$ , emissivity) بالا برای به حداکثر رساندن اتلاف گرمای تابشی به فضا مورد نیاز است. پوشش های دارای چنین رفتار انتخابی بر اساس طول موج را اصطلاحاً پوشش های طیفی انتخابی (spectrally selective coatings) می نامند. نشر امواج بلند مادون قرمز توسط گسیل کننده های پهن باند و انتخابی انجام می شود. فناوری نانو، افزایش کارایی (بهبود خواص نوری) به شکل بهبود خاصیت انعکاس نور خورشید یا افزایش قدرت گسیل امواج بلند مادون قرمز را موجب می شود. از نانوذرات  $Al_2O_3$ ،  $ZnO$ ،  $TiO_2$ ،  $Fe_2O_3$ ،  $Cr_2O_3$ ،  $CuO$ ،  $BaSO_4$ ،  $SiC$ ،  $SiO_2$  و ... در تولید رنگ های خنک استفاده می شود. همچنین از phase inversion method برای تولید پوشش های مبتنی بر پلیمرهای متخلخل استفاده می شود.

با توجه به اطلاعات موجود، به نظر می رسد که نمونه های کاراتری از رنگ های خنک کننده تابشی در سال های آتی توسعه پیدا کنند. روند گرم شدن جهانی به همراه افزایش هزینه های انرژی و همچنین، نیاز به کاهش مصرف سوخت های فسیلی موجب خواهند شد که تقاضا برای این محصول رو به افزایش باشد. با توجه به تداوم روند تحقیق و توسعه و همچنین، عرضه کنونی محصول در بازار، به نظر می رسد که این محصول در سال های آتی، بیشتر شناخته خواهد شد و فناوری رنگ های خنک کننده تابشی بیش از امروز توسعه خواهد یافت.

در صورتی که بحران انرژی و افزایش قیمت سوخت، نیاز به کاهش مصرف انرژی در سطح ملی و افزایش هزینه های انرژی در سطح مصرف کنندگان منفرد، خانواده ها و نهادهای بیشتری را به استفاده از رنگ های خنک کننده برای رنگ کردن خانه ها و ساختمان ها ترغیب خواهد کرد.

## ۳-۱۳- رنگ های ترافیکی لیتیمی

رنگ مبتنی بر نانولیتیم (این ماده سیلیکات لیتیم مهندسی شده است که دارای لیتیم کیفیت و خلوص بالا است) است که برای استفاده به عنوان کاربرد داخلی و یا خارجی صنعتی طراحی شده است. این فرمول شیمیایی لیتیم-سیلیکات با ابعاد جامد و با کارایی بالا، برای استفاده به عنوان رنگ ترافیکی و خطوط نشانگر رنگ برای بتن، آسفالت و سنگ مرمر طراحی شده است. این رنگ در مسیرهای راه آهن، پیاده روها، طبقه کارخانه، پارکینگ ها و باند فرودگاه ها مورد استفاده قرار می گیرد. افزایش طول عمر رنگ های ترافیکی، خشک شدن سریع، مقاومت سایشی بالا و غیره از جمله مزیت های این رنگ می باشد. مکانیزم به کارگیری فناوری به شکل ذیل است: گام اول مربوط به ساخت ذرات نانولیتیم است که به صورت سیلیکات لیتیم به کار گرفته می شوند. گام دوم با عنوان پلیمر هیبریدی سیلیکونی واکنشگر است. این فناوری کمک می کند که ذرات لیتیم درون رنگ نفوذ کنند و

به خوبی در رنگ پخش شوند. گام سوم با عنوان جداسازی سریع (Rapid Separation Technology) به تشکیل لایه‌ای از رنگ باثبات پس از خشک شدن کمک می‌کند. این سه فناوری در کنار یکدیگر در محصولات شرکت مذکور به کار گرفته می‌شوند.

فناوری‌های پایه‌ای تولید این محصول بر اساس تولید سیلیکات لیتیم و فناوری‌های مورد نیاز به افزودن این ذرات به رنگ و دست یافتن به رنگی باثبات توسعه یافته و محصول در بازار عرضه می‌شود. به نظر نمی‌رسد که مشکلات فنی مهمی پیش رو باشد و فناوری به ثبات نسبی رسیده است. بازار رنگ‌های ترافیکی محدود اما باثبات است. اما انواع مختلفی از رنگ‌های ترافیکی وجود دارد و رنگ‌های ترافیکی لیتیمی باید با سایر رنگ‌های ترافیکی رقابت کنند. این موضوع خصوصاً در کشورهایی که رنگ لیتیمی در آنها تا کنون به کار گرفته نشده، می‌تواند یک چالش مهم باشد.

#### ۴-۱۳- رنگ‌های ترموکرومیک

ویژگی ترموکرومیک شامل تغییرات در طیف رنگ بسته به تغییرات دمایی محیطی است. این ویژگی شامل حالت تغییر رنگ برگشت‌پذیر یا غیربرگشت‌پذیر یا دایمی است. فناوری ترموکرومیک منجر به ایجاد تغییر رنگ به واسطه تغییر دما می‌شود. این تغییر رنگ گاهی به صورت دایمی باقی می‌ماند یعنی در صورتی که دما به حالت اولیه برگردد، دیگر رنگ به حالت اولیه خود بر نمی‌گردد. گاهی نیز تغییر رنگ حالت برگشت‌پذیر داشته و با تغییر دما و برگشت دما به حالت قبل، رنگ تغییر می‌کند. فرآیند کروماتیزه شدن در یک دامنه دمایی یا یک دمای مشخص می‌تواند ایجاد شود. بسته به نوع فناوری تغییر رنگ می‌تواند فقط در یک دما یا چند دما و یا فقط بین دو طیف رنگ مشخص یا چندین رنگ در دامنه‌های دمایی مختلف ایجاد شود. به دماهای تغییر دهنده رنگ، دماها یا دمای فعال‌سازی گفته می‌شود. در حوزه صنعتی رنگ‌های هشدار دهنده دمایی، برای کنترل و پایش فرآیندها در صنایع مختلف استفاده می‌شوند در صنایع نفت و گاز برای علائم هشدار دهنده افزایش دما در مخازن یا لوله‌ها و همچنین برچسب‌ها یا علائم هشدار دهنده استفاده می‌شود.

به‌طور کلی از دو رویکرد در تولید محصولات ترموکرومیک استفاده می‌شود: کریستال مایع و leuco dyes. کریستال مایع در کاربردهای دقیق استفاده می‌شوند زیرا می‌توانند برای پاسخ‌دهی در دمای دقیق مهندسی شوند ولی دامنه دمایی آنها به سبب اساس کاری آنها، محدود است. Leuco dyes امکان استفاده از طیف وسیع‌تر از رنگ‌ها را می‌دهد ولی پاسخ دمایی آنها دقیق نیست و نمی‌توان دقت بالایی در پاسخ دمایی آنها بدست آورد.

#### ۵-۱۳- رنگ‌های مقاوم به حرارت بالا

مقاومت در برابر حرارت بالا و تغییرات دمایی در تجهیزات یا محیط کاری یکی از ویژگی‌هایی است که رنگ مورد نظر باید داشته باشد. رنگ‌ها و پوشش‌های مقاوم در برابر حرارت مواد شیمیایی هستند که از زیرلایه و تجهیز یا قطعه در برابر حرارت بالا و یا تغییرات دمایی شدید محافظت می‌کنند. این رنگ‌ها از سطح در برابر شکستن، خوردگی و یا آسیب در دماهای بالا به عنوان مثال تا ۷۰۰ یا ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد محافظت می‌کنند. میزان دمای محیط کاری تجهیزات و وسایل در محیط‌های مختلف متفاوت است. معمولاً دسته‌بندی رنگ‌ها و پوشش‌ها تا دماهای مشخصی مثلاً تا ۳۰۰ یا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و یا ۷۰۰ یا ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد است.

نکته مهم توجه به تفاوت بین رنگ‌های مقاوم در حرارت بالا و رنگ‌های ضد آتش یا مانع آتش است. رنگ‌های ضد آتش با نام Fire retardant خاصیت تغییر ماهیت و تولید گازهای خاصی برای جلوگیری از گسترش آتش در دماهای خاصی دارند و لذا با رنگ‌های مقاوم به حرارت که اصولاً در دماهای بالا بدون تغییر ماهیت و شکل باقی می‌مانند، متفاوت هستند. رنگ‌های ضد آتش نقش فداشونده داشته و با تغییر ماهیت مانند فومی شدن از انتشار آتش و انتقال حرارت جلوگیری می‌کنند. این پوشش‌ها در صنایع نفت و گاز، پالایش و پتروشیمی و نیروگاهی در خطوط لوله، بویلرها، مخازن تحت فشار و سیستم‌های اگزاست نیروگاهی، پوسته‌های توربین و تجهیزات آن، پوسته‌های پمپ‌های دمای بالا، تاسیسات استخراج گاز و سوختن گاز flare کاربرد دارند. نانو اکسید آلومینیم (آلومینا)، ابروژل سیلیکاتی، نانودی اکسید تیتانیوم (پتنت)، نانو اکسید منیزیم، نانو اکسید روی (پتنت) از جمله نانوذرات به کار رفته در این رنگ‌هاست.

کاربرد این رنگ‌ها به صورت صنعتی است. این رنگ‌ها می‌تواند منجر به کاهش اتلاف انرژی و همچنین کاهش هزینه‌های مربوط به از بین رفتن تجهیزات در اثر دمای بالا و خوردگی و ... شود.

#### ۱۴- منسوجات هوشمند

منسوجات هوشمند یا Smart Textiles به منسوجاتی گفته می‌شود که قابلیت تعامل با محیط را دارند. این نوع پارچه‌ها می‌توانند به صورت پوشاک هوشمند، الکترونیک‌های پوشیدنی، منسوجات ورزشی و ... طراحی شوند. از مزایای استفاده از منسوجات هوشمند می‌توان به افزایش راحتی و سلامت کاربر، کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات، افزایش امنیت و راحتی کاربر در محیط‌های خطرناک و غیره اشاره کرد. آمار جهانی منسوجات هوشمند نشان می‌دهد که با افزایش توسعه فناوری‌های جدید، بازار منسوجات هوشمند در سال‌های آینده به طور چشمگیری رشد خواهد کرد. بر اساس اعلام برخی گزارشات، بازار منسوجات هوشمند تا سال ۲۰۲۵ به بیش از ۵۰ میلیارد دلار رشد خواهد کرد. محورهای دارای اولویت عبارتند از:

- فناوری توسعه دستگاه پوشش دهی الیاف متداول نساجی به منظور تولید الیاف/ نخ‌های رسانا با قابلیت حفظ خاصیت ذاتی الیاف نظیر انعطاف و استحکام و ... و مقاومت پوشش ایجاد شده در برابر سایش، شستشو و تماس با بدن و ...
- تولید پارچه‌های با خاصیت دریافت و انتقال سیگنال‌های حیاتی بدن به منظور پایش سلامت با استفاده از فناوری الکترونیک چاپی یا استفاده از نخ‌های رسانا و حسگرهای منعطف.
- فناوری توسعه‌های پارچه‌های پیزوالکتریک به منظور تولید انرژی الکتریکی مورد نیاز برای منسوجات هوشمند پوشیدنی.
- فناوری تولید پنبه با خواص مناسب (طول و رنگ) به روش هیدروپونیک عمودی (روش توجیه پذیر از نظر میزان تولید در مقایسه با حجم آب و فضای مصرفی).