

## معدنکاری در چشم انداز اقتصاد دانش بنیان ایران

"شمس الدین سیاسی راد مدیر آموزش، پژوهش و فناوری سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران"

سند چشم انداز بیست ساله، راهبرد اصلی توسعه کشور را «توسعه دانش بنیان اقتصاد ملی» قرار داده به طوری که با پیگیری این راهبرد اقتصاد ایران باید در سال ۱۴۰۴ شمسی به یک اقتصاد دانش بنیان تبدیل شود.

همچنین پیشسازی اقتصاد دانش بنیان، پیاده سازی و اجرای نقشه جامع علمی کشور و ساماندهی نظام ملی نوآوری به منظور ارتقای جایگاه جهانی کشور و افزایش سهم تولید و صادرات محصولات و خدمات دانش بنیان و دستیابی به رتبه اول اقتصاد دانش بنیان در منطقه یکی از مهمترین محورهایی است که در سیاست های اقتصاد مقاومتی به آن توجه شده است.

بر اساس تعریف سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD)، اقتصاد دانش بنیان اقتصادی است که بر اساس تولید و توزیع و کاربرد دانش و اطلاعات شکل گرفته و در آن سرمایه گذاری در دانش و صنایع دانش پایه (Knowledge Based) مورد توجه ویژه قرار می گیرد. اقتصاد دانش بنیان اقتصادی است که در آن میزان بالایی از سرمایه گذاری به توسعه خلاقیت و نوآوری اختصاص می یابد. در این گونه از اقتصاد، منابع انسانی متخصص و فناوری های پیشرفته با شدت بالایی به کار گرفته می شوند.

گذار ایران از اقتصاد مبتنی بر کارایی به اقتصاد مبتنی بر نوآوری، نیازمند افزایش میزان تولید محصولات و خدمات دانش بنیان بر پایه صنایع پیشرفته و فناوری های نوین از قبیل فناوری های نانو، زیست فناوری و فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) است.

شاخص دانش (Knowledge Index) یک شاخص اقتصادی است که توسط موسسه بانک جهانی پیشنهاد شده تا بتوان میزان تولید، یادگیری و انتشار دانش کشورها را تعیین و باهم مقایسه کرد. از لحاظ روش شناختی، شاخص دانش میانگین میانگین نمرات عملکرد نرمال یک کشور یا منطقه بر مبنای متغیرهای کلیدی در سه رکن آموزش و منابع انسانی، سیستم نوآوری و فناوری اطلاعات و ارتباطات است.

توسعه فناوری اطلاعات از جمله پیش نیازهای اصلی توسعه اقتصاد دانش بنیان است. دسترسی آسان به ابزارهای فناوری اطلاعات و ارتباطات منجر به تسهیل در آموزش، اشتراک گذاری دستاوردهای دانشی و تسریع در انتقال و جذب فناوری خواهد شد.

در اقتصادهای دانش بنیان، سهم ارزش افزوده حاصل از تولیدات صنایع برخوردار از فناوری های بالا (Hi-Tech) به صورت فزاینده ای در حال افزایش است. ویژگی های اصلی صنایع یاد شده بهره گیری حداکثری از روش های تولید خود کار، بالا بودن هزینه های تحقیق و توسعه (R&D)، سرعت بالای نوآوری و نسبت بالای به کارگیری منابع انسانی (حداقل ۲۰ درصد از کل کارکنان) دانشور و متخصص (لیسانس و بالاتر) در این گونه صنایع است. بر اساس ویژگی های یاد شده، صنایع تولید مواد نو، صنایع الکترونیک و کامپیوتر، اتوماسیون صنعتی و سامانه های هوشمند از قبیل سامانه ها و تجهیزات کنترل فرایند، ابزار دقیق، کنترل گر ها، حسگرها، روبات ها، فناوری نانو، فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)، صنایع هوافضا و فناوری های ماهواره ای، صنایع فناوری زیستی و صنایع انرژی های نو و تجدید پذیر از جمله صنایع پیشرفته می باشند.

مهندسی معدن یک رشته مهندسی است که علوم و فناوری های مختلفی را برای استخراج مواد معدنی از زمین به کار می گیرد. مهندسی معدن با بسیاری از تخصص های دیگر مانند زمین شناسی، فرآوری مواد معدنی و متالورژی، مهندسی ژئوتکنیک و مهندسی نقشه برداری ارتباط دارد. امروزه مواد و محصولات معدنی ستون فقرات بیشتر صنایع متعارف و صنایع پیشرفته برخوردار از فناوری های بالا (Hi-Tech) است.

روند فزاینده ماشینی شدن ( مکانیزاسیون) و خودکار شدن ( اتوماسیون) عملیات استخراج و فرآوری مواد معدنی در کشورهای پیشرفته منجر به کاهش سهم نیروی انسانی و افزایش سهم ماشین آلات و تجهیزات مدرن در استخراج و تولید معادن شده است. امروزه معدن دیگر یک کارفرمای عمده نیست. معدنکاری با ۳۰ میلیون نفر اشتغال، حدود یک درصد از نیروی کار جهان را به خود اختصاص می دهد که از این تعداد حدود ۱۰ میلیون نفر در معادن زغال سنگ با تولید ۷/۶۴ میلیارد تن مشغول به کار هستند.

اقتصادهای دانش بنیان، به طور فزاینده ای صنایع و فناوری های پیشرفته را در تمامی حلقه های زنجیره معدنکاری از اکتشاف تا فرآوری به کار گرفته اند. به کارگیری صنایع مرتبط با فناوری اطلاعات و ارتباطات، سامانه های خودکار، اتوماسیون صنعتی و سامانه های هوشمند، سامانه ها و تجهیزات کنترل فرآیند، ابزار دقیق، سنسورها، روبات ها، تجهیزات الکترونیکی و ارتباطی پیشرفته، فناوری های پیشرفته نانو و ماهره ای، فناوری های نانو و زیستی تحولات شگرفی را در ابعاد نرم افزاری و سخت افزاری معدنکاری و به تبع آن در آموزش های تخصصی و مهارتی منابع انسانی مورد نیاز رقم زده است.

بررسی اجمالی روند تحولات فناوریانه معدنکاری در جهان از ابتدا تا کنون، بیانگر مراحل و نقاط عطفی در تحولات مهندسی معدن در طراح، تجهیز و انجام عملیات استخراج مواد معدنی از معادن سطحی و زیر زمینی به شرح ذیل است.

- ✓ معدنکاری ابتدایی و استخراج و بهره برداری از مواد معدنی با استفاده از ابزار دستی و نیروی حیوانات
- ✓ از ۱۹۵۰ میلادی شروع استفاده از ماشین آلات بزرگ و سنگین حفاری، بارگیری و باربری مواد معدنی
- ✓ از ۱۹۸۰ میلادی توسعه و با استفاده از سامانه های کنترل از دور و عملیات از دور مبتنی بر ارتباطات رادیویی و تجهیزات پیشرفته مخابراتی و فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)

✓ از ۱۹۹۰ میلادی توسعه و به کارگیری سامانه‌های نیمه خودکار و خودکارسازی ماشین‌آلات و تجهیزات موجود معادن

✓ از سال ۲۰۰۰ میلادی استفاده از ماشین‌آلات و تجهیزات نیمه خودکار جدید ساخته شده ویژه سامانه‌های خودکار

✓ از سال ۲۰۱۰ میلادی توسعه سامانه‌های کاملاً خودکار و رباتیک

در روش کنترل از راه دور، ماشین‌آلات و تجهیزات بدون اپراتور، از راه دور و به صورت دستی کنترل می‌شوند. فناوری کنترل از راه دور برای به کارگیری ماشین‌آلات و تجهیزات معدنی در شرایط خطرناک مانند زمین‌های ناپایدار، مناطق انفجاری یا معادن زیرزمینی استفاده می‌شود.

در روش عملیات از دور (تله عملیات تحت وب)، کنترل و هدایت ماشین‌آلات توسط یک اپراتور از راه دور با دوربین‌ها، حسگرها، و نرم افزار موقعیت مکانی (GPS) صورت می‌پذیرد. تله عملیات به اپراتورها اجازه می‌دهد تا به طور کامل خود را از محل عملیات حذف کرده و ماشین‌آلات را از یک محیط محافظت شده بهتر کنترل و هدایت کنند. سامانه‌های نیمه خودکار به کنترل بخشی از ماشین‌آلات معدن به صورت خودکار و بخش دیگر با مداخله اپراتور اشاره دارد. در سامانه‌های تمام خودکار اجزای رباتیک تمام کارکردهای مهم، از جمله احتراق، فرمان، انتقال، شتاب، ترمز، و کنترل بدون نیاز به دخالت اپراتور را مدیریت می‌کنند. در این سامانه‌ها استخراج معادن کاملاً مستقل از اپراتور و با بهره‌وری بیشتر صورت پذیرفته و سامانه‌های نرم افزاری یک یا چند وسیله نقلیه معدنکاری را کنترل و اپراتورها را قادر می‌سازد تا نقش نظارتی و تسهیل کننده را برای رفع خطاها و نظارت بر کارایی ایفا کنند.

علاوه بر این به کارگیری صنایع و فناوری‌های پیشرفته امکان سرمایه‌گذاری برخی کشورهای توسعه‌یافته نظیر ژاپن و آمریکا را برای اکتشاف مواد معدنی در محیط‌های غیرمتعارف در قالب پروژه‌های معدنکاری درون اقیانوسی و برون‌جوی رباتیک فراهم ساخته است.

تحولات پیش‌گفته به‌خصوص استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی پیشرفته خودکارسازی عملیات استخراج و فرآوری مواد معدنی، علاوه بر تغییر ترکیب تخصصی منابع انسانی شاغل در معادن، منجر به افزایش سرعت، دقت و پیوستگی عملیات، ایمنی و بهره‌وری بیشتر، کارایی بهتر سوخت و کاهش مصارف آب و انرژی، کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری برنامه‌ریزی نشده و استفاده بهتر از وسایل نقلیه و بهبود شرایط کار شده است.

شدت رقابت میان تولیدکنندگان بزرگ معدنی، نوسان قیمت کالاهای معدنی، افزایش عمق ذخایر معدنی، کاهش عیار مواد معدنی، هزینه‌های فزاینده مدیریت اثرات منفی زیست‌محیطی، خصوصی‌سازی و افزایش دستمزدها و هزینه‌های بازسازی معادن هر یک باعث فشار بر شرکت‌های معدنی برای کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری شده است.

عقب‌ماندگی مزمن و فزاینده معدنکاری کشور در حوزه‌های مختلف فناورانه لزوم به‌روزرسانی شیوه‌های سازماندهی و مدیریتی، دانش فنی طراحی عملیات و نوسازی ماشین‌آلات و تجهیزات عملیات استخراج و فرآوری مواد معدنی کشور را دوچندان ساخته است.

از جمله پیامدهای عقب‌ماندگی فناورانه بنگاه‌های معدنی می‌توان به قیمت تمام‌شده بالا، بهره‌وری پایین و ازدست رفتن بخشی از عیار کانسنگ در مرحله استخراج و کانه‌آرایی به دلیل استفاده از روش‌های غیرفنی و تجهیزات و ماشین‌آلات قدیمی اشاره کرد.

به‌روزرسانی سطح فناوریانه عملیات استخراج و فرآوری مواد معدنی نیازمند بهبود کیفیت آموزش‌های رسمی (دانشگاهی) و غیررسمی منابع انسانی متخصص متناسب با نیازهای جدید فناوریانه و تسهیل در یادگیری و تسریع در انتقال دانش فنی مستتر در فناوری‌های مدرن به‌کاررفته در زنجیره‌های اصلی و پشتیبان معدنکاری است.

در شرایط کنونی تمرکز بر تحولات فناوریانه در حلقه‌های استخراج و فرآوری‌های متصل به آن درطول زنجیره ارزش مواد معدنی در مقیاس‌های مختلف معدنکاری اعم از کوچک مقیاس (SSM) و بزرگ مقیاس (LSM) به‌دلایل ذیل حایز اهمیت و اولویت است:

پایین بودن سهم معدنکاری در تولید ناخالص داخلی (GDP) کشور که معادل کمتر از یک درصد برآورد و گزارش شده‌است، ناشی از توان و ظرفیت‌های محدود استخراجی ناشی از محدودیت تقاضا برای مواد و فرآورده‌های معدنی در بازار داخلی، توسعه‌نیافتگی زیرساخت‌های لازم برای صادرات مازاد محصولات صنایع معدنی و سهم بالای تعداد معادن کوچک مقیاس و استخراج مواد معدنی با ارزش افزوده پایین نظیر مواد اولیه مصالح ساختمانی در سبد معادن و تولیدات معدنی کشور است. بر اساس آخرین گزارش مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۳ از ۶۴۰۰ معدن دارای پروانه بهره‌برداری، تعداد ۵۳۵۵ معدن در حال بهره‌برداری در کشور وجود داشته که از این تعداد، معادن شن و ماسه، سنگ تزئینی و سنگ لاشه به ترتیب با ۱۳۴۳، ۸۰۸ و ۸۰۸ معدن بیشترین تعداد را دارا بوده‌اند. ارزش کل تولیدات معادن در حال بهره‌برداری کشور در سال ۱۳۹۳ بالغ بر ۱۳۹۲۰۶ میلیارد ریال بوده که ۸۶/۱ درصد آن مربوط به معادن سنگ آهن، سنگ مس، سنگ‌های ساختمانی (تزیینی و لاشه)، سنگ آهک و شن و ماسه است.

در مقایسه با عملکرد بازیگران بزرگ معدنکاری در جهان، کوچکی اندازه بازار داخلی مواد و فرآورده‌های معدنی و ظرفیت‌های پایین استخراجی معادن موجود منجر به عدم تناسب میان قابلیت‌های زمین‌شناختی و فلزایی و تنوع مواد معدنی ایران با ظرفیت‌های استخراجی معادن موجود شده است. تقاضای محدود صنایع پایین‌دستی باعث کوچک بودن مقیاس استخراج مواد خام و تولید فرآورده‌های معدنی از معادن کشور شده است. به‌طور مثال سهم استخراج زغالسنگ متالورژیکی (کک‌شو) و حرارتی ایران با تولید ۲/۷ میلیون تن در سال ۲۰۱۶ میلادی نسبت به تولید جهانی آن با میزان ۷/۶ میلیارد تن در همان سال بیانگر ظرفیت‌های ناچیز استخراجی معادن زغال‌سنگ ایران در شرایط کنونی است. بر همین اساس پیش‌بینی طرح جامع فولاد کشور، افزایش ظرفیت تولید فولاد به‌روش کوره بلند در افق ۱۴۰۴ شمسی، تقاضا برای زغال‌سنگ خام را به بیش از ۸ میلیون تن افزایش خواهد داد.

ارزش افزوده و قیمت فروش خارجی مواد و فرآورده‌های معدنی کشور به دلیل هزینه‌های بالای زیرساختی به ویژه هزینه حمل و نقل ریلی و دریایی بار و توسعه نیافتگی صنعت فرآوری فاقد توان رقابتی و حصول ارزش افزوده واقعی مواد معدنی استخراج شده از معادن است.

نوسازی فناوریانه حلقه استخراج و فرآوری مواد معدنی از طریق افزایش ظرفیت‌های تولید و بهینه‌سازی مراحل مختلف عملیات معدنی نظیر حفاری، آتشیاری، بارگیری، باربری و فرآوری و ارتقای سطح بهره‌وری نیروی کار، ماشین‌آلات، سرمایه و به‌ویژه بهره‌وری کل عوامل تولید در معادن منجر به بازدهی سرمایه‌گذاری‌های اکتشافی و افزایش ظرفیت‌های کمی و کیفی صادراتی و تامین فرآورده‌های معدنی مورد نیاز صنایع معدنی داخلی خواهد شد. تحول فناوریانه پیش‌گفته منجر به تغییر کیفی نظام آموزش‌های رسمی و غیررسمی کشور و گرایش بیشتر نخبگان تحصیلی به رشته‌ها و گرایش‌های دانشگاهی مرتبط با علوم و فنون معدنی و جذب و اشتغال متخصصان تراز جهانی در مشاغل معدنی و در نتیجه تغییر تدریجی ترکیب شاغلین معادن و افزایش بهره‌وری منابع انسانی خواهد شد.

تعمیق مشکلات ایمنی، بهداشت و زیست‌محیطی ناشی از تداوم معدنکاری سنتی و فرسودگی ماشین‌آلات و تجهیزات در کنار افزایش فزاینده حساسیت‌های ملی و بین‌المللی در زمینه‌های ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست از یک سو و بحران کمبود منابع آب و میزان و شدت بالای مصرف انرژی در عملیات فرآوری مواد معدنی و تولید محصولات صنایع معدنی از سوی دیگر، لزوم نوسازی فناوریانه معدنکاری و صنایع پایین‌دستی آن را دوچندان ساخته است.

در فضای پس از برجام، مهمترین راه‌کارهای گذار از معدنکاری سنتی به معدنکاری پیشرفته برای کاهش شکاف فناوریانه موجود میان معدنکاری سنتی داخلی با معدنکاری پیشرفته خارجی به شرح ذیل پیشنهاد می‌شود:

✓ بازنگری و به‌روزرسانی سرفصل‌ها و محتوای آموزش‌های رسمی و غیررسمی علوم و مهندسی‌های مرتبط با شناسایی، اکتشاف، استخراج و فرآوری مواد معدنی

✓ تأسیس صندوق حمایت از برنامه نوسازی فناوریانه معدنکاری کشور برای پشتیبانی مالی از برنامه جامع نوسازی حلقه‌های مختلف زنجیره معدنکاری

✓ توسعه و حمایت از شکل‌گیری و فعالیت شرکت‌های دانش‌بنیان و شرکت‌های خدمات تخصصی فنی و مهندسی در بخش معدن و صنایع معدنی

✓ استفاده از فرصت‌های آموزشی خارجی و بین‌المللی از طریق دعوت از مدرسین با کیفیت خارجی و اعزام کارشناسان داخلی به دوره‌های آموزشی خارج از کشور

✓ گسترش ارتباطات تعاملات فناوریانه با مراکز توسعه فناوری‌های مرتبط شامل دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی و توسعه فناوری روزآمد معدنی و صنایع معدنی

✓ دعوت از نخبگان و متخصصین ایرانی شاغل در مراکز علمی، پژوهشی و شرکت‌های معتبر معدنی خارج از کشور برای کمک به برنامه نوسازی فناوریانه معدنکاری کشور



✓ ترغیب و تسهیل سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) شرکت‌های معتبر خارجی در اکتشافات و معادن

کشور و تبدیل معادن مشترک با شرکای خارجی به پایلوت آموزش و انتقال دانش فنی و فناوری‌های

پیشرفته

نوسازی فناوریانه و استفاده از دانش فنی جدید و سامانه‌های پیشرفته نرم‌افزاری و سخت‌افزاری به‌ویژه توسعه موفق سامانه‌های خودکار در عملیات استخراج معادن نیازمند مدیریت ریسک، ارزیابی هزینه فرصت و توجه به موازین و ملاحظات توسعه پایدار در محاسبات مهندسی است. انجام موفق این مهم نیازمند تمرکز بر مدیریت ریسک و مهندسی سیستم و طراحی یک روش جامع برای اجرای موفقیت‌آمیز توسعه سامانه‌های خودکار در صنعت معدنکاری ایران است.

بر این اساس تعریف چشم‌اندازی فناوریانه و ابلاغ ماموریتی معطوف به نوسازی نرم‌افزاری و سخت‌افزاری ابعاد مختلف فعالیت‌های معدنی در برنامه راهبردی توسعه بخش معدن و صنایع معدنی کشور پیشنهاد می‌شود.

همچنین برای نیل به چشم‌انداز پیش‌گفته، پایش مستمر تحولات فناوریانه معدنکاری در کشورهای پیشرو و تدوین برنامه توسعه توانمندی‌های فناوریانه و مهندسی بخش معدن و صنایع معدنی الزامی است. این برنامه متضمن تبیین وضع موجود معدنکاری کشور از منظر فناوری، تعیین نیازها و اولویت‌های یادگیری و انتقال فناوری و انجام مطالعات ترازیابی و بررسی‌های تطبیقی شرایط موجود با وضعیت مطلوب آتی خواهد بود.