



نشریه علمی - ترویجی



مرکز منطقه‌ای اطلاع‌رسانی علوم و فناوری



پایگاه استنادی علوم جهان اسلام



fast-Iran

بنیاد پیشبرد علم و فناوری

- سخن نخست: سواد یک حقیقت است نه فقط مدرک تحصیلی
- بررسی اسناد علمی ایران در سال ۲۰۲۰
- بررسی طرح آمایش آموزش عالی با تأکید بر آسیب-شناسی گروه آموزشی علوم پایه
- طرح شوک: الزامات و چالش‌ها
- مروری بر تاریخچه فعالیت شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی کشور
- انقلاب صنعتی چهارم و تغییرات بنیادین پیش‌رو
- آینده‌پژوهی عوامل فناورانه که آینده مهندسی را شکل خواهند داد
- نگاهی به زندگی علمی دانشمندان ایران و جهان (بخش دوم)
- تاریخچه واکسن‌سازی در ایران
- بررسی گونه‌های ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹ و واکسن‌ها
- ۷۰ سال دسته‌بندی و نامگذاری آنزیم‌ها: معرفی دسته هفتم واکنش‌های آنزیمی
- کیتوزان، بیوپلیمر زیست‌الگو: منابع، ویژگی‌ها و کاربردهای آن در زیست‌پزشکی
- نگاه جدید به سرو ۴۰۰۰ ساله ابرکوه

نشاء علم

نشریه فرهنگ سازی و سیاست‌گذاری علم، نوآوری و فناوری
سال یازدهم، شماره دوم- خرداد ماه ۱۴۰۰، قیمت ۱۵۰۰۰ ریال

بِسْمِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



صاحب امتیاز: بنیاد علم و فناوری در ایران
سر دبیر: علی اکبر موسوی موحدی
مدیر مسئول: عباسعلی زالی
مدیر اجرایی: ابوالفضل کیانی بختیاری

هیات تحریریه:

حسین احمدی نوبری، محسن بهرامی، مهدی بهزاد، ناصر پارسا، جعفر توفیقی، غلامرضا حبیبی، عباسعلی زالی، محمد علی زلفی گل، سعید سهراب پور، عباس شکروی، مجتبی شمس پور، علی اکبر صیوری، نصرت ا...، ضرغام، محمدرضا عارف، محمد فرهادی، کیوان گوشا، مهدی محقق، عباس مصلی نژاد، رضا ملک زاده، حمید میرزاده، جعفر مهران، صادق واعظزاده، بهمن یزدی صمدی.

نشریه نشاء علم، بر اساس مجوز شماره ۱۲۴۹۹۵ مورخ ۹۱/۶/۱۵ وزارت علوم، تحقیقات و فناوری از نخستین شماره دارای اعتبار علمی-ترویجی است.

❖ فصلنامه "نشاء علم" توسط بنیاد پیشبرد علم و فناوری در ایران با همکاری انجمن بیوشیمی بیوفیزیک ایران منتشر می شود.
❖ هدف از انتشار این فصلنامه، فرهنگ سازی و کمک در راستای سیاست گذاری علم، پژوهش و فناوری، اطلاع رسانی، ترویج علم، کمک به مدیران مراکز تصمیم ساز و تصمیم گیر علمی و همچنین جهت دهی به نخبگان، پژوهشگران و علاقه مندان به نوآوری های علمی، پژوهشی و فناوری در کشور می باشد.
❖ آرا و نقطه نظرهای مندرج در مقالات و گزارش های منتشر شده در این فصلنامه، لزوماً بازگوکننده رای و نظر بنیاد پیشبرد علم و فناوری در ایران نمی باشد.
❖ فصلنامه در ویرایش و حذف مطالب آزاد است.
❖ نشریه نشاء علم از حمایت های معنوی و مادی بنیاد فرهنگی مصلی نژاد سپاسگزار است.
❖ نشریه نشاء علم از حمایت های معنوی و مادی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور تقدیر و تشکر می نماید.

ISSN: X8003539

ناشر: بنیاد پیشبرد علم و فناوری در ایران

مسئول وبگاه: زهرا موسوی موحدی

نشانی: تهران، خیابان قریب، قبل از فرصت شیرازی، پلاک ۷

تلفکس: ۶۶۵۷۷۸۸۴ (+۹۸۲۱)

وبگاه بنیاد:

<http://fast-iran.ir>

<http://sciencecultivation.ir>

info@sciencecultivation.ir

وبگاه نشریه نشاء علم:

نشانی الکترونیک نشریه نشاء علم:

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
• سخن نخست : سواد یک حقیقت است نه فقط مدرک تحصیلی.....	۱۱۴
• بررسی اسناد علمی ایران در سال ۲۰۲۰ / علی اکبر صبوری.....	۱۱۵
• بررسی طرح آمایش آموزش عالی با تأکید بر آسیب‌شناسی گروه آموزشی علوم پایه / احمد شعبانی.....	۱۲۴
• طرح شوک الزامات و چالش‌ها / اسماعیل وزیری، علی اکبر صبوری.....	۱۳۴
• مروری بر تاریخچه فعالیت شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی کشور / محمد صادق علیائی.....	۱۴۴
• انقلاب صنعتی چهارم و تغییرات بنیادین پیش‌رو / ابوالفضل کیانی بختیاری، علی اکبر موسوی موحدی.....	۱۵۵
• آینده‌پژوهی عوامل فناورانه که آینده مهندسی را شکل خواهند داد / مرتضی شریفی، محمود محصل فقهی.....	۱۶۴
• نگاهی به زندگی علمی دانشمندان ایران و جهان (بخش دوم) / الناز حسینی، مهرناز ابراهیمی، پرویز نوروزی، علی اکبر موسوی موحدی.....	۱۷۱
• تاریخچه واکسن‌سازی در ایران / عظیم اکبرزاده خیاوی.....	۱۸۱
• بررسی گونه‌های ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹ و واکسن‌ها / سمیرا عبدی خانی، شکوه رضائی، یحیی سفیدبخت، ساره ارجمند.....	۱۸۹
• ۷۰ سال دسته‌بندی و نامگذاری آنزیم‌ها: معرفی دسته هفتم واکنش‌های آنزیمی / مهران حبیبی رضائی.....	۲۰۰
• کیتوزان، بیوپلیمر زیست الگو: منابع، ویژگی‌ها و کاربردهای آن در زیست پزشکی / مهدی ضرابی، نرگس خسروی، مهران حبیبی رضایی.....	۲۰۹
• نگاه جدید به سرو ۴۰۰۰ ساله ابرکوه / سید کاظم علوی پناه.....	۲۲۰

سواد یک حقیقت است نه فقط مدرک تحصیلی

گستره سواد را می باید برای جامعه تعریف نمود و زیرساخت های آن را فراهم کرد. سواد را می توان در سه رده دسته بندی نمود: (۱) سواد عمومی شامل خواندن و نوشتن و محاسبه کردن، استفاده از کامپیوتر و اینترنت، آشنایی به زبان اینترنت، استفاده از وسائل فنی - رفاهی روزآمد، ادب اجتماعی. (۲) سواد علمی شامل دانستن نظریه های علمی در رشته مورد نظر، بکار گیری نظریه ها برای تعریف فرضیه برای حل یک مسئله، آشنایی به روش و تکنیک های اندازه گیری، ایجاد داده و اطلاعات علمی و مصرف بهینه علمی و نوآوری از اطلاعات ایجاد شده و تحلیل عمیق از اطلاعات علمی. (۳) سواد عقلی و یا حکمت درک حقیقت اشياء و پی بردن به نورحقیقی عالم و شکرگزاری خالق و پیروی از علوم و ادب الهی در شناخت عوالم دنیا و آخرت. برای تعلیم و پرورش انسان در هر کدام از موارد بالا نیاز به زیرساخت ها می باشد:

الف) خانواده منسجم و مودب. ب) مدرسه با فضا و امکانات استاندارد با حضور معلمان و مربیان دانشمدار. ج) دانشگاه و مراکز علمی با برج و بارو با حضور استادان مبرز و دانشجویان مستعد و کارشناسان عالی رتبه، امکانات به روز آموزشی، پژوهشی شامل آزمایشگاه ها و دستگاه های تحقیقاتی با وضوح بالا و ریز بین برای اندازه گیری های دقیق و امکانات پشتیبانی از آنها، سرور های عظیم برای ایجاد دادگان های بزرگ اطلاعات علمی و آنالیز آنها، امکانات ارتباط علمی ملی، فرا ملی و فرا زمینی. د) فرهنگستان ها و آکادمی های علوم با حضور استادان مجرب علمی برای ترسیم سیاست های کلان علمی و تعیین خط مشی پیشروی دانش و ادب در سطح ملی و فرا ملی. ه) مراکز غیر رسمی و خصوصی در جامعه برای پشتیبانی و پیشروی دانش و خلاقیت امروز دانشجویان و دانش آموزان در مسیر موارد بالا تعلیم و تربیت نمی یابند و بیشتر آنها مدرک تحصیلی را دریافت می نمایند و آنطور هم رضایت ندارند. با داشتن اینهمه امکانات شایسته است مدیریت صحیح در بهره برداری هم افزا از توان موجود برای تعلیم و تربیت و رضایت فرزندانمان را داشته باشیم. البته این موضوع همت دولت و ملت را می طلبد تا به موفقیت دست یابیم.

علی اکبر موسوی موحدی

سر دبیر

بررسی اسناد علمی ایران در سال ۲۰۲۰

علی اکبر صبوری^{۱*}

چکیده

تعداد کل اسناد علمی نمایه شده ایران در وبگاه علم مؤسسه اطلاعات علمی کلاریویت آنالیتیکس، در سال ۲۰۲۰ میلادی، از رشد حدود ده درصدی نسبت به سال قبل برخوردار بوده و با یک رتبه صعود و پشت سر گذاشتن کشور روسیه، کشورمان توانست در جایگاه پانزدهم جهان از نظر کمیت تولید اسناد علمی قرار بگیرد. در طول یک دهه اخیر، نه تنها سهم مشارکت ما در تولید اسناد علمی جهان از یک درصد به دو درصد ارتقا پیدا کرده است، بلکه جایگاه ایران از نظر کیفیت اسناد علمی، نسبت به جایگاه ما از نظر کمیت اسناد علمی پیشی گرفته است. در جزئیات، تعداد اسناد علمی منتشر شده ایران در علوم ۵۲۵۱۲ (۲/۲۲ درصد مقدار جهانی و رتبه پانزدهم، یک رتبه رشد نسبت به سال قبل)، در علوم اجتماعی ۴۲۲۸ (۰/۹۵ درصد مقدار جهانی و رتبه بیست و نهم جهان، سه رتبه رشد نسبت به سال قبل) و در علوم انسانی و هنر ۲۹۴ (۰/۲۹ درصد مقدار جهانی و رتبه سی و هفتم جهان، سه رتبه رشد نسبت به سال قبل) و در مجموع ۵۳۹۰۲ (۲/۰۲ درصد مقدار جهانی و رتبه پانزدهم، یک رتبه رشد نسبت به سال قبل) می باشد. کشورهای امریکا، چین و انگلستان به ترتیب با ۲۵/۷، ۲۱/۷ و ۶/۸ درصد سهم از تولید اسناد علمی جهان در رده های یک تا سه قرار داشته اند. دانشگاه های تهران، علوم پزشکی تهران، علوم پزشکی شهید بهشتی، تربیت مدرس و علوم پزشکی ایران، به ترتیب، پنج دانشگاه برتر دولتی اسناد تولید علم در سال ۲۰۲۰ بوده اند. همانند سال قبل، مجموعه واحدهای دانشگاه آزاد اسلامی در پانزده درصد تولید اسناد علمی در سال ۲۰۲۰ نقش داشته اند. در نمایه استنادی نشریات نوظهور (ESCI)، با ثبت ۱۲۸۷۷ نمایه و سهم ۳/۳ درصدی جهان، همانند سال قبل ایران در رتبه نهم تولید این اسناد قرار گرفته است. از نظر کیفیت تولید اسناد علمی منتشر شده، تعداد مقالات منتشر شده در چارک اول (Q1) و نشریات برتر، تعداد مقالات پرارجاع و داغ و همچنین تعداد ارجاعات به مقالات کشور از رشد خوبی برخوردار بوده است و این نشانه توجه خاص دانشگاه ها به انتشار با کیفیت بالاست.

واژگان کلیدی: کمیت اسناد علمی، کیفیت اسناد علمی، همکاری علمی، مشارکت دانشگاهی، وبگاه علم، کلاریویت آنالیتیکس

* عهده دار مکاتبات، استاد ممتاز، تلفن ۰۰۲۱ ۶۶۹۵۶۹۸۴، دورنگار ۰۰۲۱ ۶۶۴۰۴۶۸۰، آدرس الکترونیکی saboury@ut.ac.ir

^۱ مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران

مقدمه

در طول سه دهه هفتاد تا نود هجری کمیت تولید اسناد علمی ایران رشد قابل تحسینی داشته باشد به طوری که تعداد اسناد علمی ایران نمایه شده در وبگاه علم، در مجموع سه نمایه حوزه علوم، علوم اجتماعی و مجموعه علوم انسانی و هنر، در سال ۱۳۶۴ (معادل ۱۹۸۵)، برابر ۱۳۴ با میزان مشارکت جهانی پانزده هزارم درصد بود. با گذشت سی و پنج سال از شروع دوره های تحصیلات تکمیلی، اکنون، در سال ۲۰۲۰ میلادی، ایران با نمایه کردن ۵۳۹۰۲ سند علمی (۲/۰۲ درصد مقدار جهانی) در رتبه پانزدهم جهان قرار دارد. رشد کمیت اسناد علمی در دو دهه اول و تشویق آن، اگرچه موجب ناهنجاری هایی از جمله انتشار مقالات در نشریات بی اعتبار و کم اعتبار و بی اخلاقی های پژوهشی از جمله تکرار مطالب انتشار یافته، قطعه قطعه کردن انتشارات و کذب علمی شد، اما در طول یک دهه اخیر کیفیت انتشارات بیش از کمیت مورد توجه قرار گرفت و نشریات برتر هدف محققان ما قرار گرفت. لازم به تذکر است که در نمایه های مورد بحث این مقاله، اسناد علمی بی اعتبار و کم اعتبار قابل اغماض بوده و به دور از این آمارها است. نویسنده معتقد است که رشد کمیت تولیدات علمی، لازمه عبور از دوران کمی گرایی به کیفی گرایی بوده و تا کمیتی نباشد، بررسی کیفیت مطلوب نخواهد بود. همین رشد کمیت موجب آموزش و نحوه حضور ما در عرصه بین المللی شد و رقابت پژوهشی در دانشگاه های ما شکل گرفت و در نهایت برتری در کیفیت به جای برتری در کمیت مطرح شد. طبیعی است که در عرصه رقابت خطاهایی هم به وجود می آید و بخشی از آن مربوط به رشد بی اندازه دوره های تحصیلات تکمیلی و توقعات و فشارهای اضافی در دانشگاه ها برای انتشار اسناد علمی، بدون ایجاد بسترها و آموزش های لازم بوده است. به هر حال، امروز دانشگاه های ما در عرصه بین المللی حضور خوبی پیدا نموده اند و با همه کاستی ها، ناملایمات، بی توجهی ها و واحد نبودن نظر مسئولان ما در ارزش انتشارات بین المللی از یک طرف و همچنین، فشارهای سیاسی و تحریم های ظالمانه وارد بر کشور از طرف

ارزیابی سالانه اسناد علمی^۱ منتشر شده کشور از سال ۱۳۸۲ هجری شمسی (مطابق با سال ۲۰۰۲ میلادی)، بر اساس نمایه های ثبت شده در پایگاه اطلاعات علمی وبگاه علم^۲ (WOS) مؤسسه کلاریویت آنالیتیکس^۳ آغاز شده و گزارش هر سال به طور جداگانه منتشر شده است [۱-۲۰]. اکنون با سپری شدن قریب به پنج ماه از سال ۲۰۲۱ میلادی، نوبت به تجزیه و تحلیل داده های مربوط به اسناد علمی کشور که در سال ۲۰۲۰ منتشر شده است، می باشد. در طول این سال ها، همواره تأکید بر استفاده از داده های پایگاه وبگاه علم مؤسسه کلاریویت آنالیتیکس، به جای اسکوپوس بوده است زیرا از سابقه طولانی تری برخوردار بوده و در گزینش نشریات برای نمایه سازی از استانداردهای بالاتر استفاده کرده است. وبگاه علم شامل سه نمایه اصلی (هسته اصلی) علوم بسط داده شده^۴ (SCI-E) با پوشش ۹۳۷۰ نشریه، علوم اجتماعی^۵ (SSCI) با پوشش ۳۴۸۵ نشریه و علوم انسانی و هنر^۶ (A&HCI) با پوشش ۱۸۴۳ نشریه می باشد. تعداد نشریات که در اسکوپوس نمایه می شود، تقریباً دو برابر نشریات نمایه شده در وبگاه علم مؤسسه کلاریویت آنالیتیکس است که از گستردگی بیشتری برخوردار بوده و صدها مورد آن از اعتبار کافی هم برخوردار نیستند و مورد بازبینی مجدد قرار گرفته اند [۲۱-۲۲]. در فاصله سه سال، ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷، ۳۲۴ نشریه بی اعتبار نمایه شده در اسکوپوس، ۱۶۴۰۰ مقاله منتشر نموده اند که ۲/۸ درصد نمایه های این پایگاه را در این دوره زمانی نمایه شامل شده است [۲۲]. از سال ۲۰۱۵ میلادی، نمایه جدیدی تحت عنوان نمایه استنادی نشریات نوظهور^۷ (ESCI) به مجموعه وبگاه علم افزوده شده است که در حال حاضر ۷۷۲۸ نشریه را تحت پوشش دارد. اینها نشریات جدیدی هستند که مورد ارزیابی برای تحت پوشش قرار گرفتن در نمایه های اصلی هستند. ایجاد و گسترش دوره های تحصیلات تکمیلی در دانشگاه های ایران که از اواسط دهه شصت هجری آغاز شد، موجب شد که

^۱ Scientific Documents (Article, Review, Letter, proceeding paper, Meeting abstract, News item, Editorial, ...)

^۲ Web of Science (WOS)

^۳ Clarivate Analytics

^۴ Science Citation Index-Expanded (SCI-E)

^۵ Social Science Citation Index (SSCI)

^۶ Art & Humanities Citation Index (A&HCI)

^۷ Emerging Sources Citation Index (ESCI)

قبل رشد حدود پانزده درصدی را تجربه کرده بودیم. در شکل (۱) روند تغییرات رو به رشد تعداد کل اسناد علمی کشور در طول بیست سال گذشته، در هر یک از سه حوزه علوم، علوم اجتماعی و علوم انسانی به علاوه هنر به تفکیک و در مجموع سه حوزه نشان داده شده است. در ضمن، در نمایه استنادی نشریات نوظهور (ESCI)، با ثبت ۱۲۸۷۷ نمایه و سهم ۳/۳ درصدی جهان، همانند سال قبل ایران در رتبه نهم تولید این اسناد قرار گرفته است.

در شکل (۲)، رتبه‌بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد اسناد علمی نمایه شده در سال ۲۰۲۰ در مجموع سه حوزه (هسته اصلی: علوم، علوم اجتماعی، علوم انسانی و هنر) وبگاه علم، نشان داده شده و با دو سال قبل آن مقایسه شده است. همچون سال گذشته، کشورهای آمریکا، چین و انگلستان به ترتیب با ۲۵/۷، ۲۱/۷ و ۶/۸ درصد سهم از تولید اسناد علمی جهان در رده‌های یک تا سه قرار داشته‌اند. کاهش درصد مشارکت کشورهای مختلف آمریکا، انگلیس، آلمان، ژاپن و فرانسه مشهود است. افزایش درصد مشارکت کشورهای چین، هند، ایتالیا، اسپانیا، ایران، ترکیه، برزیل و عربستان سعودی نیز مشهود است. سایر کشورها، تغییر چندانی در مشارکت جهانی آنها در طول سه سال اخیر مشاهده نمی‌شود. عربستان سعودی توانسته است میزان مشارکت خود را در انتشار اسناد علمی به بیش از یک درصد ارتقا دهد. بیشترین کاهش مربوط به آمریکا و بیشترین افزایش مربوط به کشور چین است. اگرچه کشور چین در سال‌های اخیر توانسته است سهم خود در تولید اسناد علمی علوم را بسیار نزدیک به آمریکا نماید و در رتبه دوم قرار بگیرد، اما در حوزه علوم اجتماعی جایگاه سوم (انگلستان جایگاه دوم را دارد) و در حوزه علوم انسانی و هنر جایگاه هشتم (بعد از کشورهای آمریکا، انگلستان، آلمان، کانادا، اسپانیا، استرالیا و فرانسه، به ترتیب) قرار بگیرد. در شکل (۲)، درصد مشارکت کشورهای پیشرو در تولید اسناد علمی در سه حوزه مختلف با هم مقایسه شده‌اند. در غالب کشورهای آسیایی تفاوت زیادی در مشارکت حوزه علوم انسانی و هنر با دو حوزه دیگر علم وجود دارد. در مورد کشور روسیه نیز یک استثنا دیده می‌شود و آن مشارکت بیشتر این کشور در حوزه علوم انسانی و هنر نسبت به حوزه علوم اجتماعی است.

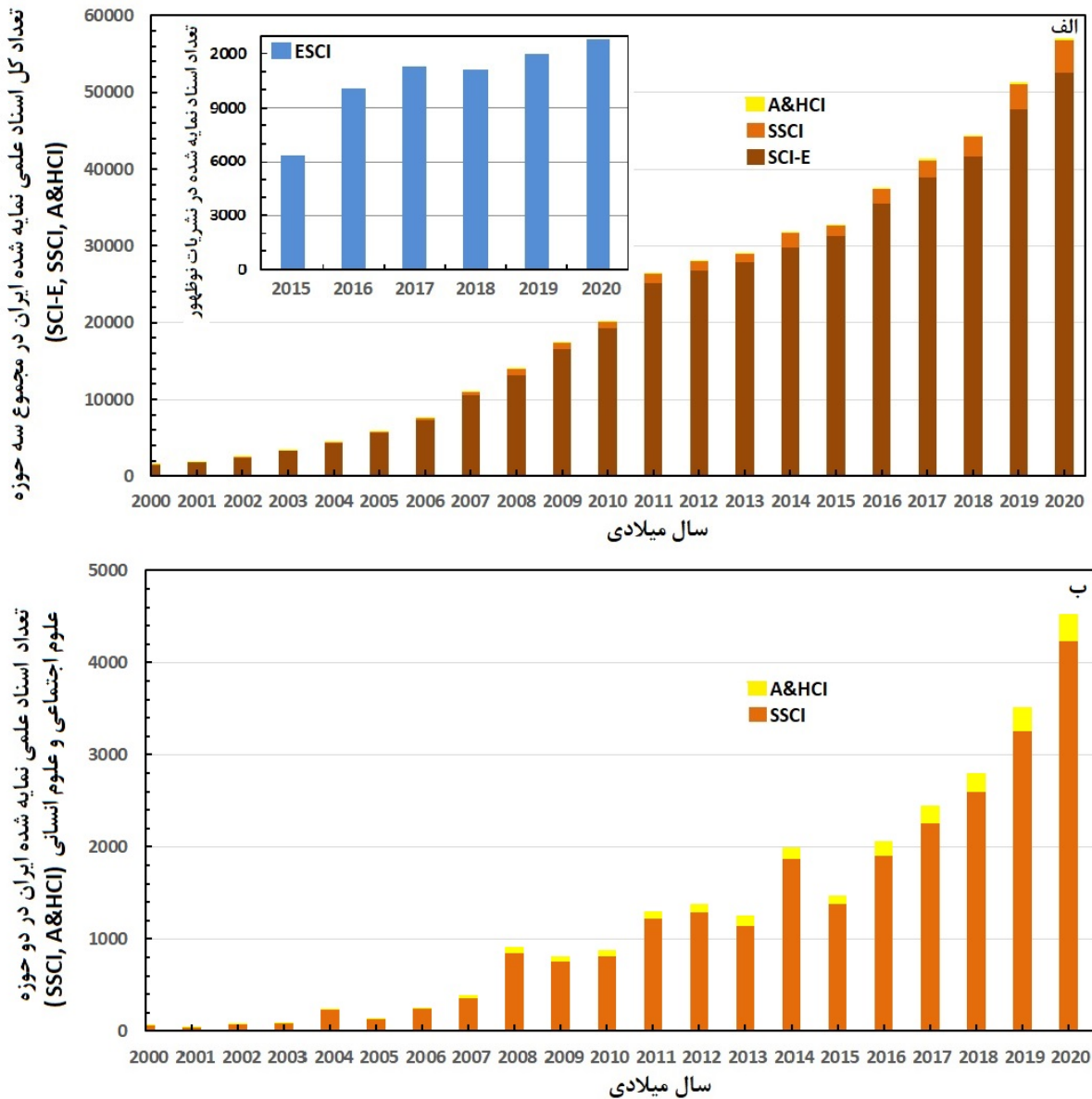
دیگر، محققان ما زیرساخت‌های خوبی در دانشگاه برای رشد و شکوفایی علم فراهم نموده‌اند که می‌تواند با برنامه‌ریزی مناسب از آنها استفاده مطلوب بشود.

در استخراج داده‌های اطلاعات علمی از پایگاه وبگاه علم، با نوشتن کلمه CU=Iran در عنوان بخش جستجوی پیشرفته مؤسسه و انتخاب همه سال‌ها و انتخاب یکی از بانک‌های علوم (SCIE)، علوم اجتماعی (SSCI) و علوم انسانی و هنر (A&HSCI) و یا همه بانک‌ها، نمایه‌های ایران استخراج و سپس تجزیه و تحلیل آنها با نرم‌افزار مؤسسه، در خصوص رده‌بندی موضوعات، مؤسسات، نوع سند و سال انتشار سند انجام و تدوین شد. در این مقاله، تنها به سال انتشار اسناد علمی (چاپ شده بر روی نشریات) و نه سال نمایه‌شدن، توجه شده است. در شمارش تعداد نمایه‌ها در هر حوزه، تمامی اسناد علمی نمایه شده (مقاله، مقاله مروری، نامه، مقاله کنفرانسی، چکیده همایشی، اخبار علمی، موارد هیئت تحریریه‌ای، خلاصه کتاب، اصلاحات و ...) مورد هدف قرار گرفته است. استخراج داده‌ها در بیست و دوم ماه پنجم میلادی (می) سال ۲۰۲۱ صورت گرفت تا داده‌های سال قبل میلادی تقریباً کامل باشد. با این حال، در آمارها تغییراتی در ماه‌های بعد اتفاق می‌افتد که در تجزیه و تحلیل‌های ما زیاد تأثیرگذار نخواهد بود.

روند رشد کمیت اسناد علمی ایران

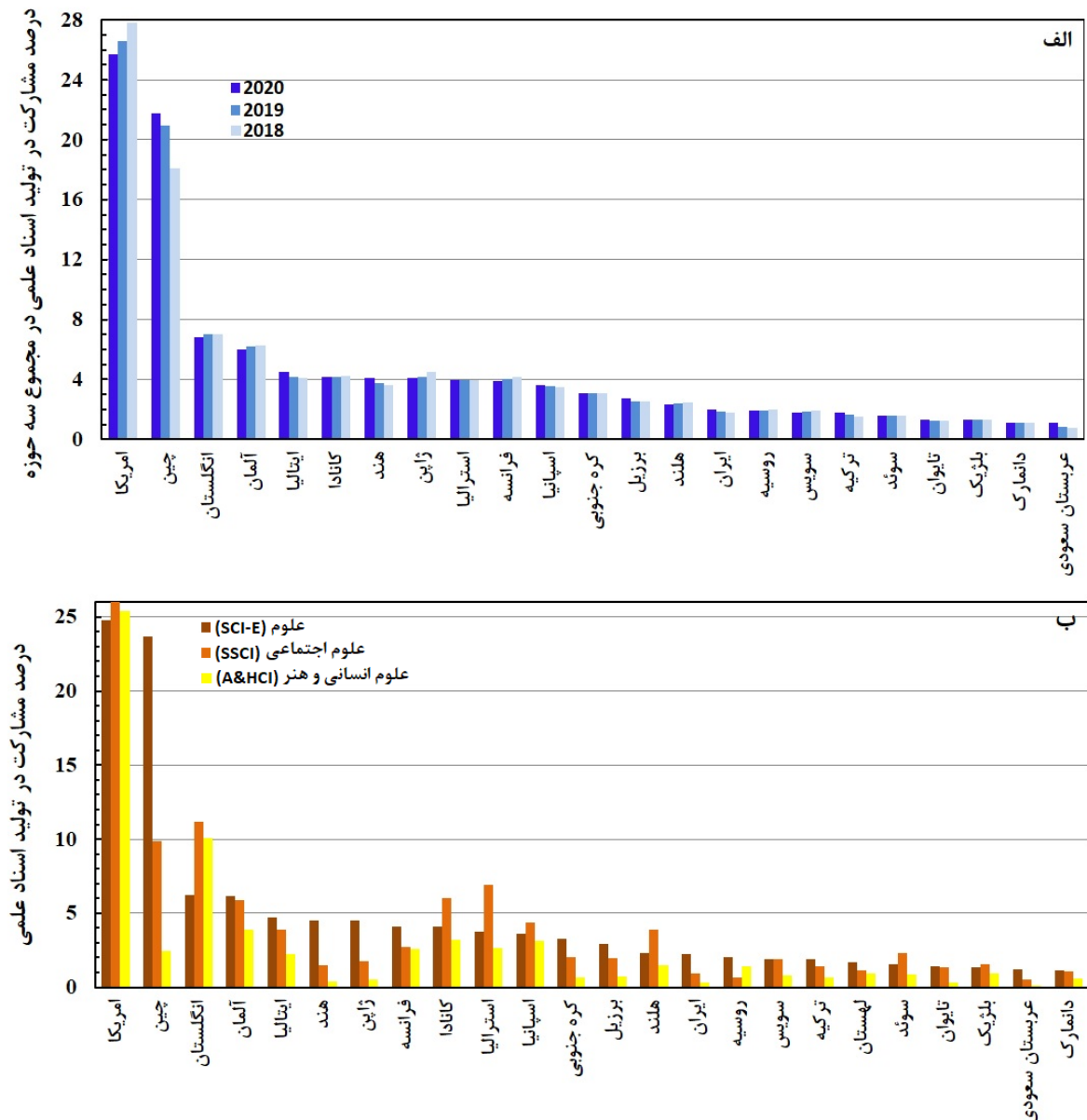
در سال ۲۰۲۰، تعداد اسناد علمی منتشر شده ایران در علوم ۵۲۵۱۲ (۲/۲۲ درصد مقدار جهانی و رتبه پانزدهم جهان)، در علوم اجتماعی ۴۲۲۸ (۰/۹۵ درصد مقدار جهانی و رتبه بیست و نهم جهان) و در علوم انسانی و هنر ۲۹۴ (۰/۲۹ درصد مقدار جهانی و رتبه سی و هفتم جهان) و در مجموع ۵۳۹۰۲ (۲/۰۲ درصد مقدار جهانی و رتبه پانزدهم) می‌باشد. نسبت به سال قبل میلادی (۲۰۱۹)، رتبه ایران در حوزه علوم یک واحد و در هر کدام از دو حوزه علوم اجتماعی و علوم انسانی به علاوه هنر سه واحد رشد داشته و این منجر به پشت سر گذاشتن کشور روسیه در مجموع سه حوزه و صعود از رتبه شانزدهم به پانزدهم شده است. سال قبل، کشور سوئیس پشت سر گذاشته شده بود. میزان رشد تعداد اسناد علمی کشور در مجموع سه حوزه نسبت به سال قبل ده و نیم درصد بوده است و این در حالی است که سال

بررسی اسناد علمی ایران در سال ۲۰۲۰



شکل ۱: (الف) روند افزایش تعداد کل اسناد علمی ایران نمایه شده در بیست سال اخیر، در مجموع سه حوزه علوم (SCI-E)، علوم اجتماعی (SSCI) و علوم انسانی به علاوه هنر (A&HCI)، به صورت هم افزایی در سال های مختلف به همراه رشد تعداد نمایه های ایران در نشریات نوظهور (ESCI). (ب) روند افزایش تعداد کل اسناد علمی ایران نمایه شده در بیست سال اخیر، در دو حوزه علوم اجتماعی (SSCI) و علوم انسانی به علاوه هنر (A&HCI)، به صورت هم افزایی در سال های مختلف، در واقع، نمودار (ب)، با حذف رشد نمایه های حوزه علوم (SCI-E) در قسمت (الف) به دست آمده است تا به دلیل تعداد بسیار کمتر نمایه های این دو حوزه، از طریق تغییر مقیاس محور عمودی نمودار قابل ردیابی باشد.

بررسی اسناد علمی ایران در سال ۲۰۲۰



شکل ۲: (الف) رتبه‌بندی کشورها از نظر درصد مشارکت جهانی آنها در مجموع سه حوزه علوم، علوم اجتماعی، علوم انسانی به‌علاوه هنر در سال ۲۰۲۰ و مقایسه مقدار آن با دو سال قبل (۲۰۱۹ و ۲۰۱۸). (ب) درصد مشارکت هر کشور به تفکیک در علوم، علوم اجتماعی، علوم انسانی به‌علاوه هنر در سال ۲۰۲۰. ترتیب کشورها در شکل (ب)، بر اساس رتبه آنها فقط در حوزه علوم (SCI-E) می‌باشد. همانطور که شکل نشان می‌دهد، دانمارک از نظر مجموع نمایه‌های سه حوزه از عربستان یک رتبه بالاتر است (شکل الف)، اما بر اساس تعداد نمایه‌های علوم، عربستان جلوتر از دانمارک است.

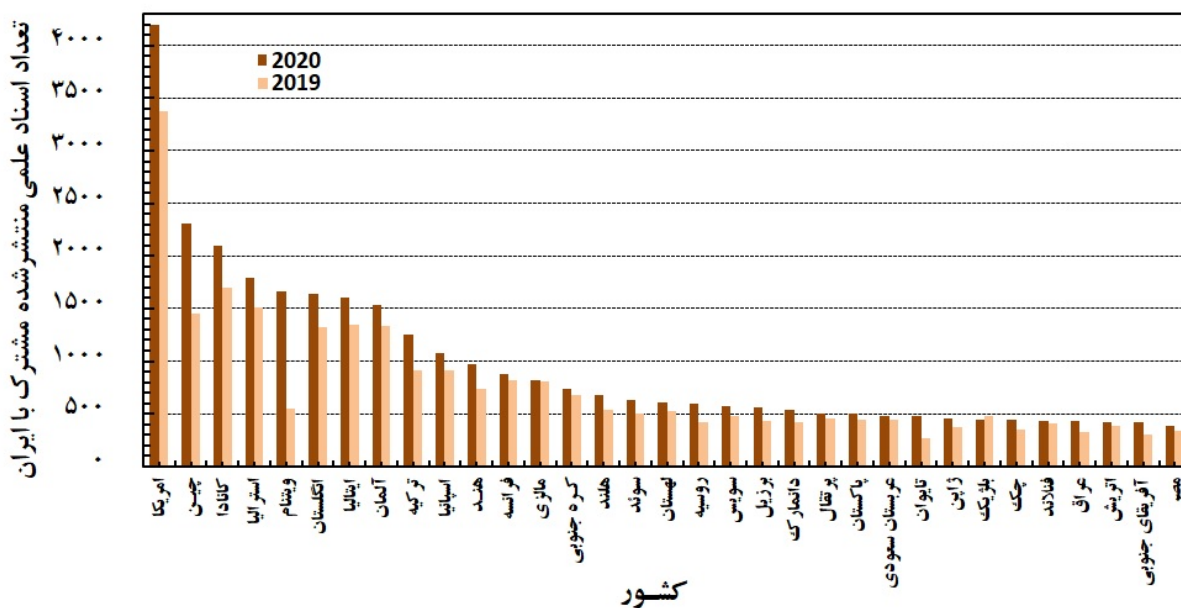
علمی ایران در حوزه‌های علوم اجتماعی و علوم انسانی به‌علاوه هنر، غالباً داخلی است. ایجاد توازن در ورود همه رشته‌ها به عرصه‌های بین‌المللی یک ضرورت مهم است. چه بسا که ضرورت حضور ما در حوزه‌های علوم اجتماعی و علوم انسانی به‌علاوه هنر بیشتر بوده و کمک بیشتری به دیپلماسی علمی و سیاسی خواهد کرد.

به ازای هر سند علمی در حوزه علوم انسانی و هنر در ایران، ۱۴ مقاله در حوزه علوم اجتماعی و ۱۷۹ مقاله در حوزه علوم در سال ۲۰۲۰ نوشته شده است. در همین سال، در جهان به ازای هر مقاله در حوزه علوم انسانی و هنر، ۴ مقاله در حوزه علوم اجتماعی و ۲۲ مقاله در حوزه علوم نوشته می‌شود. این آمارها نشان می‌دهد که رشد علم در ایران متوازن نبوده است. تولیدات

مشارکت ایران با کشورهای مختلف در تولید اسناد علمی در دو سال اخیر (۲۰۱۹-۲۰۲۰)

توسعه کشور قرار بگیرد. دیپلماسی علمی، سهم مهمی در سیاست خارجی کشورها داشته و به‌عنوان یک مؤلفه قدرت محسوب می‌شود. گسترش همکاری های علمی ایران با کشورهای مختلف در طول دو دهه اخیر نشان از رشد علمی کشور داشته و حکایت از یک توان علمی خوب و کارآمد در دانشگاه‌های ما دارد. تعداد اسناد علمی نمایه شده ایران در هسته اصلی وبگاه علم (علوم، علوم اجتماعی، علوم انسانی به‌علاوه هنر) که با مشارکت دیگر کشورها در سال ۲۰۲۰ حاصل شده است، در شکل (۳) نشان داده شده و با مقدار آن در سال قبل میلادی مقایسه شده است. ایران همواره بیشترین همکاری علمی را با کشور ایالات متحده آمریکا داشته است. در ۴۲۰۱ سند علمی ایران (مثل سال قبل، نزدیک به هشت درصد) آدرس آمریکا هم به‌عنوان شریک اول علمی در سال ۲۰۲۰ آورده شده است. چین، کانادا، استرالیا، ویتنام، انگلستان، ایتالیا و آلمان شرکای علمی بعدی ایران هستند که نام هر یک در بیش از دو و نیم درصد اسناد علمی کشور قید شده است. میزان همکاری‌های علمی بین‌المللی ما نسبت به سال قبل از رشد خوبی برخوردار بوده است. بیشترین رشد همکاری، نسبت به سال قبل، با کشورهای آمریکا، چین، کانادا، ویتنام بوده است.

علم موضوعی جهانی است و با توجه به زبان مشترک در جلوه علم (زبان انگلیسی)، پژوهشگران در تعاملات و همکاری‌های علمی خود، موجبات برخورد با معضلات جهانی را فراهم نموده و با تشریک مساعی به حل آنها می‌پردازند. معضلات جهانی نیازمند همکاری همه پژوهشگران درگیر کشورهای معضل هستند. همکاری پژوهشگران کشورهای مختلف در روابط سیاسی و بین‌المللی کشورها تاثیرگذار است. دیپلماسی علمی از جمله راهکارهای کشورهای مختلف در رقابت و تسلط بر سهم بیشتری از امکانات و منابع جهان محسوب می‌شود زیرا علم مؤلفه اصلی قدرت و ثروت می‌باشد. از همین روست که کشورها به دنبال رقابت در همکاری برای توسعه علمی خود هستند. کشورهای پیشرفته، به منظور گسترش همکاری‌های علمی با کشورهای مختلف و استفاده از توان علمی کشورهای مختلف و بکارگیری نخبگان سراسر جهان در جهت گسترش علم خود، در حوزه سیاست خارجی خود دارای نقشه راه بوده و برای آن سرمایه‌گذاری می‌کنند. از همین‌روست که کارهای علمی مشترک مورد تشویق قرار می‌گیرد تا در خدمت زیربنای



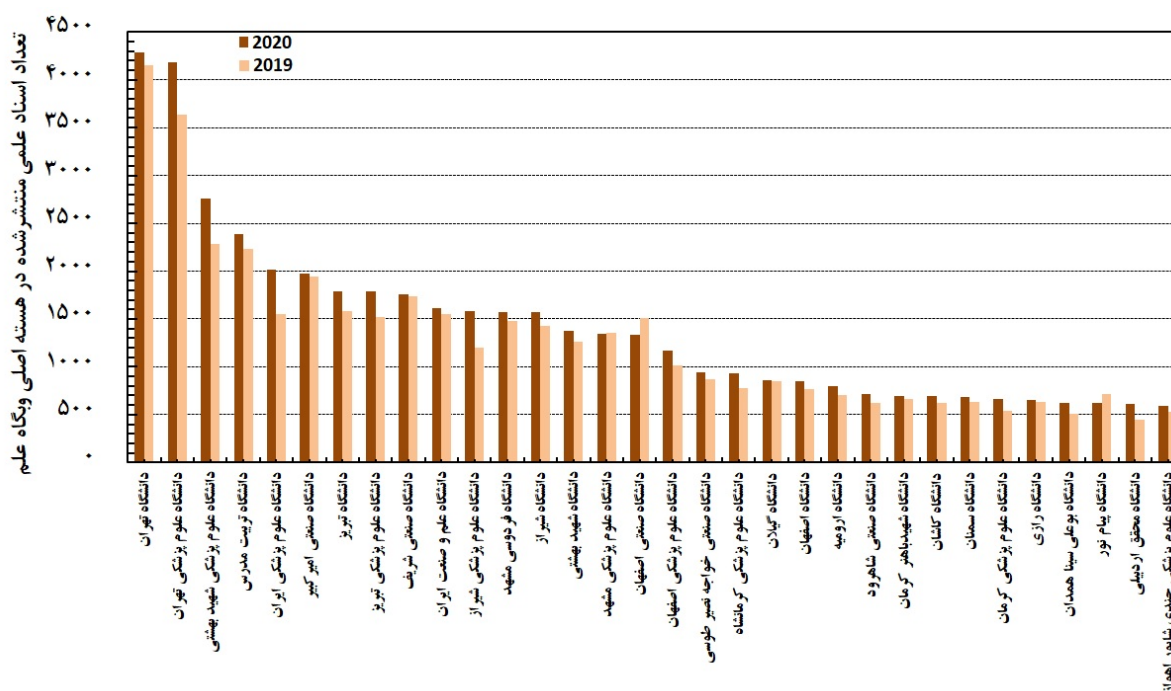
شکل ۳: تعداد اسناد علمی منتشر شده مشترک ایران با دیگر کشورها در سال ۲۰۲۰ (ستون قهوه‌ای) که با مقدار سال ۲۰۱۹ (ستون نارنجی) مقایسه شده است.

بررسی اسناد علمی ایران در سال ۲۰۲۰

رشد خوبی برخوردار بوده است. دانشگاه‌های علوم پزشکی تهران، شهید بهشتی، ایران، شیراز و تبریز نسبت به سال قبل، از رشد انتشار اسناد علمی خوبی برخوردار بوده‌اند به‌طوری‌که دانشگاه علوم پزشکی ایران توانسته است جایگاه خود را از هشتم به پنجم ارتقا دهد. دانشگاه‌های تبریز و علوم پزشکی تبریز نیز جایگاه‌های هفتم و نهم سال قبل را به ترتیب به جایگاه‌های ششم و هفتم ارتقا داده‌اند. دانشگاه صنعتی اصفهان و دانشگاه پیام نور، نسبت به سال قبل از نظر کمیت تولید اسناد علمی افت داشته‌اند. مجموعه کل دانشگاه‌های آزاد اسلامی کشور، با انتشار ۸۱۱۵ سند علمی در سال ۲۰۲۰ میلادی توانسته است همانند سال قبل پانزده درصد اسناد علمی کشور را تولید نماید.

میزان مشارکت دانشگاه‌های ایران در تولید اسناد علمی منتشر شده در سال ۲۰۲۰

دانشگاه تهران با انتشار ۴۲۹۰ (۸/۰ درصد کشور) و دانشگاه علوم پزشکی تهران با انتشار ۴۱۸۸ (۷/۸ درصد کشور) سند علمی به ترتیب در مقام اول و دوم دانشگاه‌های کشور از نظر کمیت تولید اسناد علمی قرار گرفته‌اند. دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی با انتشار ۲۷۵۷ (۵/۱ درصد کشور)، دانشگاه تربیت مدرس با انتشار ۲۳۹۱ (۴/۴ درصد کشور) و دانشگاه علوم پزشکی ایران با انتشار ۲۰۱۷ (۳/۷ درصد کشور) سند علمی، به ترتیب در رتبه‌های سوم تا پنجم قرار دارند. همانطور که شکل (۴) نشان می‌دهد، تعداد اسناد علمی منتشر شده دانشگاه‌های ایران در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال میلادی قبل (سال ۲۰۱۹) از



شکل ۴: سهم دانشگاه‌های مختلف ایران در انتشار اسناد علمی در مجموع سه نمایه علوم، علوم اجتماعی و علوم انسانی به‌علاوه هنر (هسته اصلی) و یگانه علم در سال ۲۰۲۰ (ستونهای قهوه‌ای) در مقایسه با سال ۲۰۱۹ (ستونهای نارنجی). نام دانشگاه‌های دارای کمتر از ۶۰۰ سند علمی در سال ۲۰۲۰ حذف شده است.

به سال قبل)، شیمی فیزیک ۲۶۹۰ (۵ درصد اسناد کشور، مشابه سال قبل)، شیمی عمومی ۲۳۷۲ (۴/۴ درصد اسناد کشور، مشابه سال قبل) و بیوشیمی و زیست‌شناسی مولکولی ۲۱۵۰ (چهار درصد اسناد کشور، مشابه سال قبل) سند علمی منتشر شده و شش رشته (کتگوری) برتر کشور بوده‌اند. بیوشیمی و

پراکندگی موضوعی و انتشار اسناد علمی منتشر شده ایران در سال ۲۰۲۰ در مهندسی برق و الکترونیک ۳۶۳۵ (۶/۷ درصد اسناد کشور، همانند سال قبل)، علم مواد عمومی ۳۱۸۸ (۵/۹ درصد اسناد کشور، ۰/۶ درصد کمتر از سال قبل)، علوم محیطی ۲۸۸۹ (۵/۴ درصد اسناد کشور، حدود یک درصد افزایش نسبت

بررسی اسناد علمی ایران در سال ۲۰۲۰

جدول ۱: پانزده نشریه که هر کدام بیش از ۱۷۰ مقاله دارای نویسنده ایرانی را در سال ۲۰۲۰ منتشر کرده‌اند. سه نشریه ایرانی است که با علامت * مشخص شده‌اند.

نام نشریه	تعداد مقاله	Q
SCIENTIFIC REPORTS	387	Q1
JOURNAL OF MOLECULAR LIQUIDS	370	Q1
JOURNAL OF THERMAL ANALYSIS AND CALORIMETRY	363	Q2
INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOLOGICAL MACROMOLECULES	333	Q1
ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH	277	Q2
JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	242	Q1
CERAMICS INTERNATIONAL	216	Q1
APPLIED ORGANOMETALLIC CHEMISTRY	214	Q1
INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ANALYTICAL CHEMISTRY	195	Q4
IRANIAN JOURNAL OF PUBLIC HEALTH *	187	Q4
IEEE ACCESS	186	Q1
CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS	184	Q1
SCIENTIA IRANICA *	179	Q3
JOURNAL OF THE IRANIAN CHEMICAL SOCIETY *	176	Q3
RSC ADVANCES	176	Q2

تعداد مقالات پراچاع ثبت‌شده در انتهای ماه چهارم سال ۲۰۲۱ جهان برابر ۲۱۴۱۹ مورد بوده است که کشورهای چین، امریکا، انگلستان، آلمان و ایتالیا، به ترتیب، پنج مکان نخست را کسب نموده و کشور ما با ۸۴۵ مقاله پراچاع (سهیم چهار درصدی از کل مقالات داغ جهان) در مکان سیزدهم قرار دارد. به‌علاوه، تعداد مقالات داغ جهان نیز ۱۹۳۰ مورد ثبت شده است که کشورهای چین، امریکا، انگلستان، آلمان و استرالیا، به ترتیب، پنج مکان نخست را کسب نموده و کشور ما با ۷۴ مقاله داغ (سهیم سه و هشت دهم درصدی از کل مقالات داغ جهان) در مکان پانزدهم قرار دارد. به عبارت دیگر، از نظر کیفیت انتشارات، با در نظر گرفتن سهم مقالات پراچاع و داغ، رتبه ایران از نظر کیفیت بالاتر از کمیت تولیدات علمی است و این نشانه توجه بیشتر به کیفیت انتشارات در طول یک دهه اخیر است.

سخن آخر

در طول یک دهه اخیر فعالیت پژوهشی دانشگاه‌ها، سهم کشورمان از کمیت تولید اسناد علمی جهان از یک درصد به دو درصد رسید. این در حالی است که سهم مقالات پراستناد و داغ جمهوری اسلامی ایران چهار درصد مقدار جهانی است و از نظر

زیست‌شناسی مولکولی در سال قبل هشتمین رشته بوده است و توانسته است دو رتبه جایگاه خود را در سال ۲۰۲۰ بهبود ببخشد.

از نظر موضوعی در سال ۲۰۲۰، مشابه رتبه‌بندی سال قبل، مهندسی (با ۱۱۸۵۱ سند، ۲۲/۰ درصد اسناد کشور)، شیمی (با ۷۸۷۱ سند، ۱۴/۶ درصد اسناد کشور)، علم مواد (با ۴۹۳۳ سند، ۹/۲ درصد اسناد کشور)، فیزیک (با ۴۲۵۱ سند، ۷/۹ درصد اسناد کشور) و علوم کامپیوتر (با ۳۱۹۹ سند، ۵/۹ درصد اسناد کشور) پیش‌تاز بوده‌اند. البته دقت شود که مهندسی مجموعه‌ای از رشته‌هاست، در حالی که شیمی مجموعه‌ای از گرایش‌هاست. تعداد مقالات مروری ایران در سال ۲۰۲۰ برابر ۴۱۷۳ بوده است که در برگیرنده ۷/۷ درصد اسناد علمی تولید شده کشور بوده است و در مقایسه با سال قبل (۶/۳ درصد) از رشد خوبی برخوردار بوده است. نوشتن مقاله مروری توسط متخصصین توانمند و غالباً به صورت دعوت از سوی نشریات انجام می‌شود و موجب افزایش ارجاعات به مقالات کشور می‌شود و لذا قابل تقدیر است.

کیفیت نشریات منتشرکننده اسناد علمی ایران در سال ۲۰۲۰

اسناد علمی ایران در مجموعه‌ای شامل ۶۰۴۷ نشریه علمی مختلف منتشر شده است. در ۵۸ نشریه، هر کدام بیش از یکصد مقاله چاپ شده است. در پانزده نشریه بیش از یکصد و هفتاد مقاله در سال ۲۰۲۰ توسط نویسندگان ایرانی منتشر شده است. در جدول شماره (۱) این نشریات و تعداد مقالات ایرانی منتشر شده در آنها به همراه چارک (Q) آنها داده شده است. صرف نظر از سه نشریه ایرانی، غالب این نشریات در چارک اول (Q1) قرار دارند که دلالت بر رشد کیفیت مقالات ایران است. البته، صرف بالاتر بودن چارک نشریه، نمی‌تواند گویای برتری نشریه باشد. چارک نشریه، یکی از معیارهای اعتبار و کیفیت نشریه است و در کنار آن باید به دیگر معیارهای سنجش کیفیت نشریات توجه نمود. گاهی ممکن است یک نشریه Q2 دارای معیارهای ارزشی والاتری از یک نشریه Q1 باشد. اما به‌طور قاطع می‌توان بیان کرد که مجموعه نشریات Q1 و Q2 قطعاً ارزشمندتر از مجموعه نشریات Q3 و Q4 می‌باشد.

- [۵]. صبوری، علی اکبر. (۱۳۸۶) تولید علم ایران در سال ۲۰۰۶، رهیافت، شماره ۳۸، صفحات ۴۵-۴۰.
- [۶]. صبوری، علی اکبر. (۱۳۸۶) تولید علم ایران در سال ۲۰۰۷، رهیافت، شماره ۴۱، صفحات ۴۰-۳۵.
- [۷]. صبوری، علی اکبر. (۱۳۸۷) تولید علم ایران در سال ۲۰۰۸، رهیافت، شماره ۴۳، صفحات ۳۱-۲۱.
- [۸]. صبوری، علی اکبر. (۱۳۸۹) تولید علم ایران در سال ۲۰۰۹، نشاء علم، مجلد ۱، صفحات ۱۰-۶.
- [۹]. صبوری، علی اکبر. (۱۳۹۰) تولید علم ایران در سال ۲۰۱۰، نشاء علم، مجلد ۲، صفحات ۲۳-۱۶.
- [۱۰]. صبوری، علی اکبر. (۱۳۹۱) تولید علم ایران در سال ۲۰۱۱، نشاء علم، مجلد ۲، صفحات ۱۳-۶.
- [۱۱]. صبوری، علی اکبر. (۱۳۹۲) تولید اسناد علمی ایران در سال ۲۰۱۲، نشاء علم، مجلد ۳، صفحات ۱۰۳-۹۶.
- [۱۲]. صبوری، علی اکبر. (۱۳۹۳) تولید اسناد علمی ایران در سال ۲۰۱۳، نشاء علم، مجلد ۴، صفحات ۱۰۰-۹۴.
- [۱۳]. پیرحقی، میترا و صبوری، علی اکبر. (۱۳۹۲) تولید علم در حوزه علوم زیستی: مقایسه ایران با جهان و قدرت‌های برتر منطقه، نشاء علم، مجلد ۴، صفحات ۱۸-۱۰.
- [۱۴]. صبوری، علی اکبر. (۱۳۹۴) اسناد علمی ایران در سال ۲۰۱۴، نشاء علم، مجلد ۵، صفحات ۱۷-۶.
- [۱۵]. صبوری، علی اکبر. (۱۳۹۵) اسناد علمی ایران در سال ۲۰۱۵، نشاء علم، مجلد ۶، صفحات ۱۰۲-۹۲.
- [۱۶]. صبوری، علی اکبر. (۱۳۹۶) اسناد علمی ایران در سال ۲۰۱۶، نشاء علم، مجلد ۷، صفحات ۷۹-۷۲.
- [۱۷]. صبوری، علی اکبر. (۱۳۹۷) اسناد علمی ایران در سال ۲۰۱۷، نشاء علم، مجلد ۸، صفحات ۱۳-۱.
- [۱۸]. صبوری، علی اکبر. (۱۳۹۸) ارزیابی اسناد علمی ایران در سال ۲۰۱۸، نشاء علم، مجلد ۹، صفحات ۱۳-۲.
- [۱۹]. صبوری، علی اکبر. (۱۳۹۹) ارزیابی اسناد علمی ایران در سال ۲۰۱۹، نشاء علم، مجلد ۱۰، صفحات ۹۹-۶۸.
- [۲۰]. صبوری، علی اکبر. (۱۳۹۹) چند ضرورت مهم برای پیشرفت علم در ایران، نشاء علم، مجلد ۱۱، صفحات ۴۶-۳۷.

[21]. Chawla, D. S. (2021). Hundreds of predatory journals indexed on leading scholarly database. Nature. <https://doi.org/10.1038/d41586-021-00239-0>.

[22]. Macháček, V., & Srholec, M. (2021). Predatory publishing in Scopus: evidence on cross-country differences. *Scientometrics*, 126(3), 1897-1921

کیفیت جایگاه ما در رتبه بهتری قرار دارد. بنابراین، سهم کیفیت انتشارات از سهم کمیّت انتشارات کشورمان پیشی گرفته است. این در حالی است که همراه با تحریم‌های ظالمانه و کمبود بودجه‌های پژوهشی دانشگاه‌ها، نظام تحقیقاتی کشور از برنامه واحدی تبعیت نکرده و دولتمردان ما سخن و سیاست واحدی در انتشارات علمی کشور نداشته‌اند. حتی، سیاستگذاران اجرایی کشور و دولتمردان ما، گاهی به بهانه‌های مختلف در مقابل انتشارات جهانی کشور، حرف‌های نومیدانه زده و پژوهشگران کشور را متهم به ناکارآمدی نموده و کار آنها را برای اجنبی‌ها منتصب دانسته‌اند. گروهی هم در درون دانشگاه‌ها که از ضعف بنیادی آموزش و پژوهش برخوردارند، مرتب صدای خود را بلند کرده و رشد کمیّت و کیفیت انتشارات علمی کشور را انکار نموده و تیشه به ریشه فعالیت نشر بین‌المللی می‌زنند و فریاد تحقیق کاربردی و کار برای جامعه و اثرگذاری اجتماعی می‌زنند. آنها در واقع نمی‌دانند که رشد کمیّت و کیفیت انتشارات کشور، نه تنها ترمزی برای فعالیت در پژوهش‌های کاربردی نیست، بلکه محققان ما با تکیه بر دانش ایجاد شده خود و کسب قدرت علمی بیشتر در عرصه بین‌المللی قادر خواهند بود با دیپلماسی علمی، جایگاه دیپلماسی سیاسی کشور را ارتقا داده و با جلب همکاری‌های مختلف در سطح جهان، اثرگذاری بهتری در جامعه خود داشته باشند. ضروری است که افراد مخالف تشویق به نشر بین‌المللی توجیه شوند که انتشارات بین‌المللی موجب افزایش توان ملی در عرصه علم، نوآوری، فناوری و صنعت و اثرگذاری اجتماعی بهتر می‌شود. پیشنهاد می‌گردد نظام تحقیقات کشور و سخن مسئولان ذیربط هماهنگ شده و محققان ما در حوزه علوم انسانی و هنر، در صحنه انتشارات بین‌المللی، حضور فعالتری داشته باشند.

منابع و مؤاخذ

- [۱]. صبوری، علی اکبر. (۱۳۸۱) بررسی کارنامه پژوهشی ایران در سال ۲۰۰۲، رهیافت، شماره ۲۸، صفحات ۹۵-۷۸.
- [۲]. صبوری، علی اکبر. (۱۳۸۲) مروری بر تولید علم در سال ۲۰۰۳، رهیافت، شماره ۳۱، صفحات ۲۳-۲۱.
- [۳]. صبوری، علی اکبر و پورساسان، نجمه. (۱۳۸۳) تولید علم ایران در سال ۲۰۰۴، رهیافت، شماره ۳۴، صفحات ۶۶-۶۰.
- [۴]. صبوری، علی اکبر و پورساسان، نجمه. (۱۳۸۵) تولید علم ایران در سال ۲۰۰۵، رهیافت، شماره ۳۷، صفحات ۵۲-۴۹.

بررسی طرح آمایش آموزش عالی با تأکید بر آسیب‌شناسی گروه آموزشی علوم پایه

احمد شعبانی^{۱،*}

چکیده

پیشرفت هیچ حوزه‌ای بدون برنامه‌ریزی ممکن نبوده و پیشرفت در حوزه علم و دانش و فناوری نیز از این امر مستثنی نیست. پیش‌نیاز هر نوع برنامه‌ریزی، ترسیم وضعیت موجود، توصیف وضعیت مطلوب و تبیین راهکارها، راهبردها، سیاست‌های اجرایی و برنامه‌های اجرایی-عملیاتی رسیدن از وضعیت موجود به وضعیت مطلوب است. طرح آمایش آموزش عالی وضعیت موجود آموزش عالی کشور را، در سال ۱۳۹۴، از جنبه‌های مختلف به تصویر می‌کشد و شناخت کافی از زیرنظامها، توزیع دانشجویی و اعضای هیأت علمی در سطح استانی و ملی ارائه می‌دهد. این گزارش یکی از جامع‌ترین گزارش‌ها در حوزه آموزش عالی کشور است که در چارچوب نقشه جامع علمی کشور تدوین شده است، اما مستلزم اصلاح به‌روزرسانی داده‌ها و اطلاعات و از همه مهمتر رصد میزان پیشرفت در شاخص‌های کمی و به‌ویژه کیفی و اهداف طرح می‌باشد. این سند می‌تواند مبنای خوبی برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در حوزه‌های مختلف آموزش عالی باشد، اما سیر تاریخی تدوین تا تصویب و اجرای آن- پایان عمر چهار دولت- بیانگر عدم اعتقاد و باور دست اندرکاران آموزش عالی کشور به اسنادی از این دست می‌باشد. معضلات مدیریتی، نظارتی و محدودیت منابع مالی از جمله عوامل مهم در اجرای ناموفق این طرح می‌باشد. در این مقاله طرح آمایش آموزش عالی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته و در پایان با ترسیم جایگاه علوم پایه، پیشنهاداتی در جهت تقویت و ارتقای کیفی علوم پایه ارائه شده است.

واژگان کلیدی: دانشگاه، آموزش عالی، نقشه جامع علمی، دانشجو، علوم پایه

* عهده‌دار مکاتبات: استاد. تلفن: ۰۲۱۲۹۹۰۲۸۰۰، دورنگار: ۰۲۱۲۲۴۳۱۶۷۱، نشانی الکترونیکی: a-shaabani@sbu.ac.ir

^۱ دانشکده شیمی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

مقدمه

التحصیلان در کسب شغل و ایجاد شغل، و بالاخره و-نظم‌یابی مجدد حجم آموزش عالی در توازن با رشد اقتصادی کشور، تأکید شده است (۱-۳).

برای تحقق و اجرایی شدن این سیاست‌ها و راهبردها، اقداماتی پیشنهاد شده است. به طوری‌که در جهت اجرای سیاست‌های پیشنهادی و ایجاد بسترهای اجرایی لازم، مصوبات قانونی به شرح: ۱- به منظور ساماندهی واحدهای آموزش عالی، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری نسبت به تجمیع، ادغام و یا انحلال مؤسسات آموزش عالی دارای کمتر از ۲۰۰۰ نفر دانشجو به نحوی که پاسخگوی نیازهای منطقه‌ای بوده و مقیاس فعالیت آنها به کاهش هزینه‌های سربار و ارتقای کیفی خدمات منجر شود، اقدام نماید. ۲- به منظور تمرکززدایی و بهبود ساختار مدیریت و تصمیم‌گیری در نظام آموزش عالی، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری نسبت به تفویض و تقویت اختیارات مراکز در قالب طرح مدیریت منطقه‌ای اقدام لازم به عمل آورد. ۳- به منظور مأموریت‌گرا کردن مؤسسات آموزش عالی و پاسخگویی به نیازهای محلی، استانی، منطقه‌ای، ملی و یا فراملی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری طرح رتبه‌بندی دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی را با توجه به رویکرد برنامه توسعه کشور در حمایت ویژه از دانشگاه‌های برتر کشور، تدوین و به‌اجرا گذارد. ۴- به منظور هماهنگی و ایجاد روند یکسان جذب دانشجو در تمامی مراکز آموزش عالی کشور وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، طرح یکپارچه‌سازی نظام پذیرش و سنجش آموزش عالی را در کلیه زیرنظام‌های آموزشی بررسی و اجرا نماید. ۵- به منظور کاهش هزینه‌های دولت در بخش آموزش عالی، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری نسبت به ایجاد و تقویت سازوکار لازم برای ترغیب بخش غیردولتی به ورود به عرصه توسعه کمی و کیفی مراکز آموزشی و پژوهشی کشور اقدام لازم به عمل آورد. ۶- به‌منظور توجه ویژه به آموزش‌های مهارتی و تجهیز و تأمین زیرساخت‌های مورد نیاز، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در خصوص تجمیع مراکز فنی حرفه‌ای و علمی کاربردی مطالعه و اقدام لازم را انجام دهد ۷- به منظور ارتقای سطح اشتغال‌پذیری و تناسب تحصیل با نیازهای جامعه و تطابق محتوای دروس و دوره‌های آموزش عالی با نیازهای شغلی، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری از دانشگاه‌های مجری طرح پیگیری وضعیت اشتغال دانش‌آموختگان حمایت ویژه به عمل

طرح آمایش آموزش عالی بر مبنای سند نقشه جامع علمی کشور با هدف به تصویر کشیدن وضعیت موجود و آینده گسترش آموزش عالی، شناسایی مزیت‌های نسبی هر استان و منطقه و استفاده بهتر از امکانات موجود، نقشه راه و راهنمایی مطمئن و عاملی برای جذب سرمایه‌گذاری‌های داخلی و خارجی از یک‌سو و توسعه هدفمند نظام آموزش عالی متناسب با آن از سوی دیگر تعریف شده است. اهداف برنامه‌ریزی آمایشی تلفیقی از دو موضوع اساسی الف-توجه و شناخت دقیق از وضعیت موجود، و ب-ارائه تصویری روشن و پایدار از وضعیت مطلوب در آینده می‌باشد. در فصل اول این سند، برخی از شاخص‌های کیفی و کمی نقشه جامع علمی کشور در افق ۱۴۰۴، که طرح آمایش آموزش عالی بر اساس آنها هدف‌گذاری شده است به شرح: کل جمعیت دانشجویی آموزش عالی حدود ۴.۶ میلیون نفر، جمعیت دانشجویی از جمعیت ۱۸-۲۴ سال کشور ۶۰ درصد، جمعیت تحصیلات تکمیلی ۳۰ درصد، جمعیت دکتری ۳.۵ درصد، تعداد سالیانه فارغ التحصیلان یک میلیون دویست هزار نفر، تعداد اعضاء هیأت علمی یک صد و پنجاه هزار نفر پیش‌بینی و ارائه شده است. در ضمن سهم هزینه‌های تحقیقات از تولید ناخالص داخلی در افق ۱۴۰۴ چهار درصد و بر اساس برنامه پنجم توسعه تا پایان سال ۱۳۹۴ سه درصد پیش‌بینی شده است. در فصل دوم این طرح، با نگاهی آمایشی و با الهام از وضعیت اقتصادی استان‌های مختلف کشور، به راهبردها، سیاست‌ها و راهنمای عملی گسترش آموزش عالی در آینده به شرح: الف- تمرکززدایی و انتقال قدرت تصمیم‌گیری دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی در قالب شکل‌گیری مدیریت منطقه‌ای در آموزش عالی، ب- افزایش اختیارات دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی در تولید برنامه‌ها و محتواهای آموزشی مورد نیاز مناطق مختلف کشور و توجه به مزیت‌های منطقه‌ای در برنامه‌ریزی‌های آموزشی و تنظیم ظرفیت‌های پذیرش دانشجو و انواع گسترش‌ها، ج- ساماندهی و متوازن‌سازی گسترش آموزش عالی به‌منظور توزیع عادلانه منابع، ایجاد فرصت‌های برابر و جلوگیری از فعالیت‌های تکراری، و د- ارتقاء کیفیت و استاندارد شدن به مثابه شرط اساسی هویت آموزش عالی، اشتغال‌پذیری و توانمندی فارغ

آورد. در انتها درخواست شده است، مسئولین امر با حمایت از تصویب موارد فوق مسیر تحقق توسعه بهینه و متوازن آموزش عالی کشور را هموار سازند (۱،۲).

پیشرفت در اجرای اهداف و مصوبات طرح تا سال ۱۴۰۰

تدوین این سند در دولت نهم و از سال ۱۳۸۷ آغاز و در یک دوره بسیار طولانی در دولت یازدهم و در سال ۱۳۹۴ به تصویب شورای انقلاب فرهنگی رسید. سیر تاریخی تدوین تا تصویب و اجرای این سند بیانگر عدم باور و اعتقاد به آن و کلا نشانگر معضل مدیریتی و نظارتی در آموزش عالی کشور می‌باشد. به جامعه فهیم دانشگاهی مسجل شده است بسیاری از برنامه‌ها، مقررات، آیین‌نامه‌ها و مصوبات و تصمیمات اتخاذ شده با تغییر دولت‌ها دستخوش تغییر و بعضاً از دولتی به دولت دیگر دست به دست می‌شود. معظلات فوق و عدم تأمین منابع مالی لازم توسط دولت‌ها، بویژه در اجرای شاخص‌های کیفی از دیگر عوامل در اجرای ناموفق اسناد بالا دستی می‌باشد.

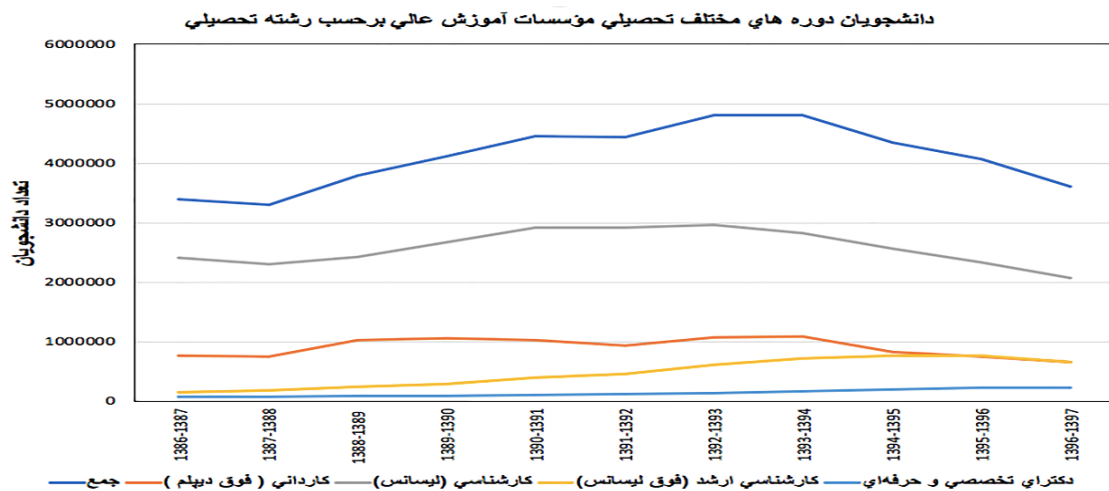
نتایج بررسی شاخص‌های کمی بر اساس آخرین آمار در دسترس، سال تحصیلی ۱۳۹۹-۱۳۹۸، نسبت به زمان تصویب طرح در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳ نشان می‌دهد، تعداد کل جمعیت دانشجویی از ۴۸ میلیون نفر به ۳۰۲ میلیون نفر (۶۰۷ درصد کاهش)، جمعیت دانشجویی کاردانی از ۲۲۸ به ۱۳۰۷ درصد کاهش (۶ درصد)، کارشناسی از ۵۸۰۷ به ۶۲۰۵ درصد (۳۸ درصد افزایش)، کارشناسی ارشد از ۱۵ به ۱۶۰۱ درصد (۱۰۱ درصد افزایش)، دکتری حرفه‌ای از ۱۰۵ به ۳ درصد (۱۰۵ درصد افزایش) و دکتری تخصصی از ۲ به ۴۰۶ درصد (۲۰۶ درصد افزایش) تغییر یافته است [۱]. به عبارتی تعداد دانشجویان کاردانی از حدود ۱۰۱ میلیون نفر به ۰۰۴۴ میلیون نفر، کارشناسی از ۲۸ میلیون نفر به ۲ میلیون نفر، کارشناسی ارشد از ۷۲۱ هزار نفر به ۵۱۳ هزار نفر کاهش یافته است و دکتری حرفه‌ای از ۷۲ هزار به ۹۵ هزار و دکتری تخصصی از ۹۴ هزار به ۱۴۷ هزار نفر افزایش یافته است. این نتایج نشان می‌دهد عمده کاهش در کاردانی و سپس در کارشناسی و کارشناسی ارشد می‌باشد، و افزایش‌ها در دکتری حرفه‌ای به‌ویژه در دکتری تخصصی است. لازم به ذکر است بر اساس قانون برنامه ششم توسعه پیش‌بینی شده است، در سال ۱۳۹۹ تعداد کل دانشجویان ۴۰۳ میلیون نفر،

دانشجویان کاردانی ۲۲ درصد و تحصیلات تکمیلی ۳۰ درصد از کل جمعیت دانشجویی باشد که در هر سه مورد از برنامه عقب می‌باشد.

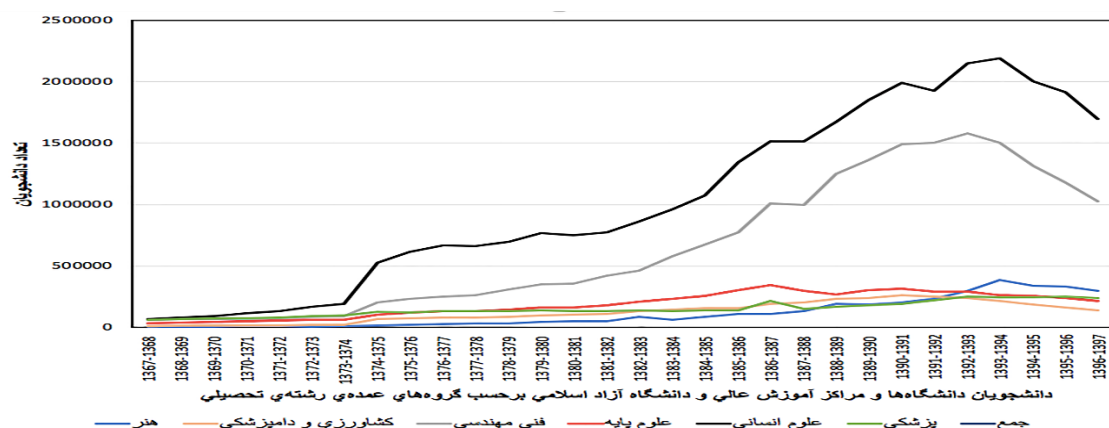
در شاخص‌های کیفی از قبیل تعداد اعضاء هیأت علمی و سهم بودجه تحقیق و پژوهش از تولید ناخالص داخلی، در زمان تصویب طرح آمایش در سال ۱۳۹۴، تعداد اعضای هیأت علمی حدود ۷۶ هزار نفر بوده که پیش‌بینی شده در افق ۱۴۰۴ به ۱۵۰ هزار نفر افزایش یابد. بر اساس آمار ۱۳۹۹-۱۳۹۸ تعداد اعضای هیأت علمی به حدود ۸۷ هزار نفر افزایش یافته است که حدود ۷۵ درصد آنها با رتبه استادیار و بالاتر می‌باشند. با توجه به کاهش جمعیت دانشجویی، نسبت استاد به دانشجو از ۱ به ۶۳ به ۱ به ۳۷ بهبود یافته است. سهم پژوهش از تولید ناخالص داخلی در برنامه پنجم توسعه یعنی تا پایان سال ۱۳۹۴، مقرر بوده به ۳ درصد افزایش یابد (۳)، اما در سال ۱۳۹۹ کمتر از یک سوم سهم پیش‌بینی شده در برنامه تأمین شده است [۲].

نکته بسیار مهم و نگران‌کننده، کاهش کل جمعیت دانشجویی در سال‌های اخیر می‌باشد (شکل ۱ و ۲) (۱،۴). بر اساس آخرین آمار و اطلاعات، جمعیت دانشجویی کشور از ۴۸ میلیون نفر در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳ به کمتر از ۳۰۲ میلیون نفر در سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸ کاهش یافته است. اگرچه دو عامل اصلی یعنی الف- کاهش نرخ رشد جمعیت در کشور، و ب- بیکاری ۴۰ درصدی دانش‌آموختگان دانشگاهی (۵)، نقش مهمی در این کاهش می‌تواند داشته باشد، اما عوامل دیگری از قبیل سیاست‌های انقباضی آموزش عالی در پذیرش دانشجو شاید به دلیل محدودیت منابع مالی و سوق دادن بخشی از ظرفیت‌های دانشگاه‌های دولتی به سمت پذیرش دانشجویان پردیسی را باید به آن افزود. لازم به ذکر است تصمیم دوم یعنی پذیرش دانشجوی پردیسی یا به اصطلاح خودگردان به شدت به افت کیفی آموزشی در دانشگاه‌های شاخص و برخوردار، به دلیل ادغام دانشجویان پردیسی با دانشجویان غیرپردیسی در برخی از دانشگاه‌ها، لطمه زده است. در ضمن نتایج اولین اقدامات عملی پس از تصویب مواد قانونی لازم، ساماندهی و تجمیع دانشگاه‌ها بوده که گزارشی از اقدامات انجام شده در اواخر سال ۱۳۹۹ ارائه شد. اما در بهار ۱۴۰۰ توقف این اقدام اعلام و در عوض برنامه تجمیع دانشگاه‌ها به الحاق و یا به تجمیع رشته‌ها تغییر نام پیدا کرد [۳-۶].

بررسی طرح آمایش آموزش عالی با تأکید آسیب‌شناسی گروه آموزشی علوم پایه



شکل ۱: روند رشد کل جمعیت دانشجویی مقاطع تحصیلی کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی و حرفه‌ای در فاصله زمانی ۱۳۸۶ الی ۱۳۹۷.



شکل ۲: روند رشد جمعیت دانشجویی گروه‌های آموزشی در سال تحصیلی ۱۳۶۸-۱۳۶۷ الی ۱۳۹۶-۱۳۹۷.

نقد و بررسی مواد و مصوب قانونی و اجرایی طرح

در بند یک مصوبه اجرای سیاست‌های پیشنهادی طرح تأکید می‌شود «به منظور ساماندهی واحدهای آموزش عالی، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری نسبت به تجمیع، ادغام و یا انحلال مؤسسات آموزش عالی دارای کمتر از ۲۰۰۰ نفر دانشجو به نحوی که پاسخگوی نیازهای منطقه‌ای بوده و مقیاس فعالیت آنها به کاهش هزینه‌های سربار و ارتقای کیفی خدمات منجر شود، اقدام نماید (۲)». در قرن حاضر، همگرایی دانش و فناوری در جهت بهره‌مندی و منتفع ساختن جامعه، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر برای پیشرفت جوامع محسوب می‌شود. همگرایی به مثابه نقش موتور انقلاب صنعتی در پیشرفت و توسعه دانش‌بنیان آتی جامعه ضروری است و پیشرفت علمی و فناوری

مبتنی بر اتحاد و یکپارچگی دانش، علم و فناوری در حوزه‌های مختلف علوم بدست می‌آید. اساس و مبنای حیات و طبیعت نیز مبتنی بر همگرایی است. به عنوان مثال دو فرایند و پدیده بسیار مهم حیات در طبیعت یعنی فتوسنتز و تنفس سلولی در چرخه اتحاد و همگرایی تبدیل به فرایند کیمیایی و حیات می‌شود، اما فعالیت واگرایی آن دو، میرایی هر یک و بالطبع میرایی حیات را به دنبال خواهد داشت. پیشرفت دانش و پیشرف علمی، آفرینش‌ها و کشفیات بزرگ طی یک فرآیند خلاق «همگرایی - واگرایی» که در عین تنوع و واگرایی کاملاً همگراست انجام می‌شود. به طوری که از تجمیع و همگرایی زمینه‌های دانشی مختلف سیستم جدیدی سنتز و ایجاد می‌شود که به نوبه خود با ترکیب و تلفیق با برنامه‌ها و دیگر عناصر منجر به نوآوری و

دانش جدید (واگرایی) می‌شود. شاید به توان گفت یکی از اهداف اصلی در همگرایی فعالیت‌های دانشگاهی ارتقای کیفی فعالیت‌های آموزشی، پژوهشی و فناوری در هم‌افزایی توانمندی‌های نیروی انسانی و امکانات و تجهیزاتی آزمایشگاهی و بالطبع در حل مسائل و معضله‌های بزرگ و پیچیده متناوبه جامعه امروزی باشد. یک نمونه از تجربه‌های موفق در همگرایی در فعالیت دانشگاه‌ها تا انشقاق و واگرایی، سیستم مدیریتی در ایالت یا استان کالیفرنیا در آمریکا می‌باشد. این ایالت که ده دانشگاه کالیفرنیا را در خود جای داده دارای یک رئیس و یا مدیر اجرایی واحد همانند یک وزیر، استاندار و یا شهردار می‌باشد. البته هر یک از این ده دانشگاه مستقلاً دارای یک رئیس در بالاترین تراز علمی دارند. به‌عنوان مثال یکی از سیاست‌های کلان ایالت کالیفرنیا دستیابی به استفاده از انرژی صد درصد پاک تا سال ۲۰۴۵ میلادی است [۷]. دستیابی به این هدف بزرگ با تأمین منابع مالی لازم توسط دولت به این ده دانشگاه واگذار شده است. از این دست مسائل بزرگ که عمدتاً فرادانشگاهی و بعضاً فرااستانی‌اند در ایران کم نیست و ضرورت همگرایی در فعالیت دانشگاه‌ها با سازماندهی و مدیریت همگرا، به‌طوری‌که هر دانشگاه استقلال کامل خود را داشته باشند، دو چندان احساس می‌شود. اما به‌نظر می‌رسد اهداف تجمیع دانشگاه‌ها در طرح آمایش آموزش عالی با شیوه‌ای که اجرا می‌شود متفاوت با موضوع همگرایی در فعالیت‌ها بوده و بیشتر به تأکید بر کاهش هزینه می‌باشد. به هر حال شواهد نشان می‌دهد، ادغام دانشگاه‌ها به دلایل مسائل فرهنگی و سیاسی و شاید هم عدم موفقیت در اغنای جامعه هدف امکان‌پذیر نبوده، به‌طوری‌که در کمتر از سه ماه از اجرای این بند، از طرف وزارت علوم اعلام توقف می‌شود. این توقف قبل از اجرا نیز، به دلایل چندگانگی در دیدگاه‌ها که ناشی از برداشت‌های متفاوت در تبیین و تفسیر اهداف طرح برای دست‌اندرکاران آموزش عالی است شاید قابل پیش‌بینی بود. چرا که برخی از دست‌اندرکاران با اجرای این قانون، از کشف دانشگاه‌هایی با پنج عضو هیأت علمی پرده برداشتند [۸]، و برخی نیز مشکل را در تعداد ۲۷۰۰ دانشگاه تلقی می‌کردند. به‌طوری‌که بعضاً نسخه‌ای، بدون دست

زدن به هر گونه عملیات و اقدام میدانی و در اطاق‌های درسته، برای کاهش تعداد دانشگاه‌ها ارائه شد. در این شیوه تعداد دانشگاه‌ها به طور معجزه‌آسایی به کمتر از ۱۰۰ دانشگاه کاهش می‌یابد. به عنوان مثال ۴۰۰ واحد دانشگاه پیام نور و یا دانشگاه آزاد اسلامی دو دانشگاه، و ۱۳۰ تا ۱۴۰ واحد دانشگاه فنی و حرفه‌ای یک دانشگاه و ۵۰۰ تا ۶۰۰ واحد دانشگاه علمی کاربردی نیز یک واحد در نظر گرفته می‌شود. در شمارش تعداد دانشگاه‌های کشور به این شیوه نتیجه‌گیری می‌شود تعداد دانشگاه‌های کشور به کمتر از ۱۰۰ واحد تقلیل می‌یابد [۹].

البته از هم‌اکنون قابل پیش‌بینی است، اجرای برخی از راهبردهای دیگر نیز در طرح عملی نبوده و در صورت اجرا آموزش عالی کشور در بعد کیفی با مشکل مواجه خواهد شد. به عنوان مثال در بند «۵- به منظور کاهش هزینه‌های دولت در بخش آموزش عالی، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری نسبت به ایجاد و تقویت سازوکار لازم برای ترغیب بخش غیردولتی به ورود به عرصه توسعه کمی و کیفی مراکز آموزشی و پژوهشی کشور اقدام لازم به عمل آورد (۲)». اولاً باید متذکر شد در وضعیت کنونی کمتر از ۱۸ درصد مجموعه دانشجویی ۳۲ و یا ۴۸ میلیونی کشور، بدون پرداخت هزینه در آموزش عالی و در دو وزارت خانه علوم و بهداشت به تحصیل اشتغال دارند (۲)، ثانیاً فقط حدود ۷ درصد دانشگاه‌ها از میان ۲۷۰۰ دانشگاه در وزارت علوم و بهداشت جای می‌گیرد (۲)، ثالثاً سهم بودجه چهار دانشگاه بزرگ در دو وزارت خانه علوم و بهداشت از لایحه بودجه ۱۴۰۰، حدوداً ۱۸۵ هزار میلیارد ریال و کمتر از یک میلیارد دلار در سال می‌باشد [۱۰]. در ضمن ۱۸ درصد دانشجویان شاغل در دانشگاه‌های دولتی با بیش از ۵۶ درصد اعضای هیأت علمی راهبری می‌شود و با احتساب اعضای هیأت علمی با رتبه‌های استادیاری، و بالاتر این عدد به ۷۰ درصد افزایش می‌یابد (۲). به عبارتی ۸۲ درصد جمعیت دانشجویی الباقی با ۳۰ درصد از اعضای هیأت علمی با رتبه استادیاری و بالاتر آموزش می‌بینند. لذا با توجه به سهم بسیار اندک آموزش عالی دولتی در تربیت دانشجو، و کیفیت نه چندان مناسب تحصیل در دانشگاه‌های غیردولتی و از همه مهمتر افزایش سهم اقتصادهای دانش‌بنیان در

^۱ اعتبارات هزینه ای ۲۰ دانشگاه وابسته به وزارت علوم حدود ۱۱۰ هزار میلیارد دلار و اعتبارات هزینه‌ای ۲۰ دانشگاه علوم پزشکی حدود ۷۵ هزار میلیارد دلار می‌باشد.

آینده که مستلزم دانش آموختگان کیفی است، اجرای این بند از راهبرد قابل تبیین نمی‌باشد.

همچنین در بخش راهبردها، سیاست‌ها و راهنمای عمل گسترش آموزش عالی در آینده در بند «ب» افزایش اختیارات دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی در تولید برنامه‌ها و محتواهای آموزشی مورد نیاز مناطق مختلف کشور و توجه به مزیت‌های منطقه‌ای در برنامه‌ریزی‌های آموزشی و تنظیم ظرفیت‌های پذیرش دانشجو و انواع گسترش‌ها (۲)، با توجه به خوان‌کنکور که به نوعی جهت و سطح آموزش در دانشگاه‌های کشور را هدایت و رهبری می‌کند و عملاً هر نوع تغییر باید مبتنی بر گذر دانشجویان از این خوان همسان‌ساز شود، لذا در بعد تولید برنامه‌ها و محتوای آموزشی موفقیتی چندانی حاصل نخواهد شد.

البته باید متذکر شد، این سند که جایگاه آموزش عالی کشور را از جنبه‌های مختلف به تصویر می‌کشد و شناخت کافی و نافی از آموزش عالی کشور در سطح استانی و کشوری ارائه می‌دهد، یکی از اسناد بسیار مهم برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در حوزه‌های مختلف آموزش عالی در کشور می‌باشد. اما مستلزم ارزیابی و به‌روز رسانی شاخص‌های کمی و کیفی، اصلاح در هدف‌گذاری‌ها و به‌روز رسانی داده‌ها و اطلاعات این سند می‌باشد.

وضعیت علوم پایه در طرح

قطعا توسعه هیچ حوزه‌ای بدون برنامه‌ریزی ممکن نبوده و توسعه علوم پایه نیز از این امر مستثنی نیست. پیش‌نیاز هر نوع برنامه‌ریزی، ترسیم وضعیت موجود، توصیف وضعیت مطلوب و تبیین راهکارها، راهبردها، سیاست‌های اجرایی و برنامه‌های اجرایی-عملیاتی رسیدن از وضعیت موجود به وضعیت مطلوب است. فعالیت‌های علمی فرایندی سازمان‌یافته و هدایت‌شده است. با سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و تخصیص منابع مالی لازم و کافی در آموزش و پژوهش در علوم پایه، نه تنها دستیابی به تولید علم به معنای مقاله، کتاب امکان‌پذیر است، بلکه از این طریق فرهنگ علمی در جامعه نیز نهادینه می‌شود. علوم و نقش آن در تحولات فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، نظامی و بین‌المللی بر همگان مبرهن است، به‌طوری‌که یکی از ارکان اصلی توسعه و پیشرفت هر کشوری را تشکیل می‌دهد.

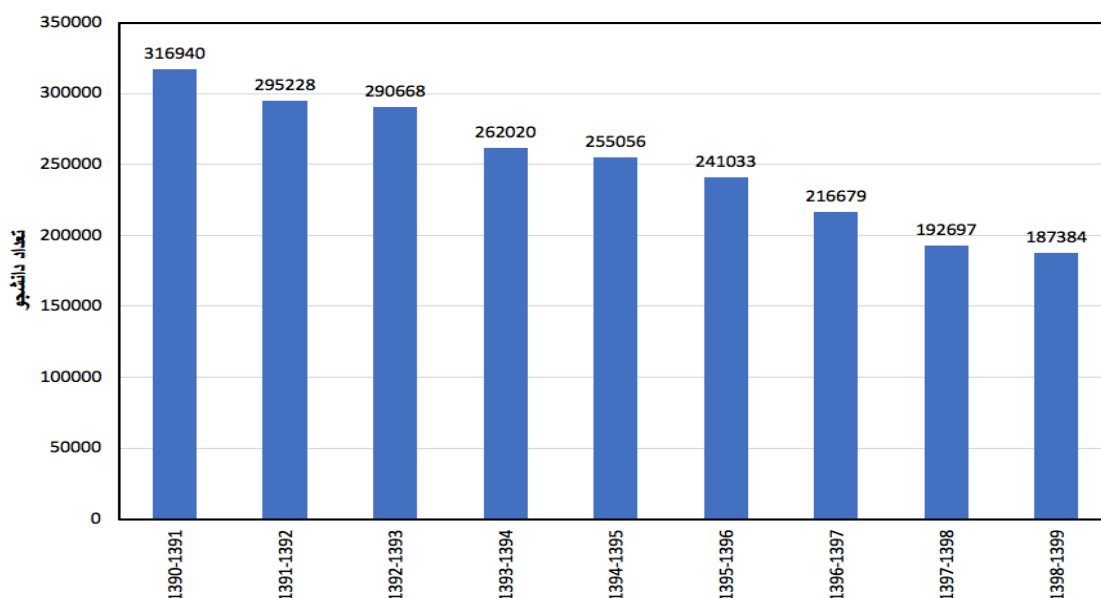
کشورهایی که ظرفیت‌های کارآمد و مؤثر در پژوهش‌های علوم پایه ندارند، قطعاً از چرخه جهتی و تأثیرگذاری در علوم آینده و یا آینده علم نقش نداشته و حذف خواهند شد. به عبارت دیگر توانمندی در استفاده و انتقال دانش مستلزم فهم مبانی نظری و عملی علم است. کشورهایی که دانش مورد نیاز را (دانش بومی)، خود تولید نمی‌کنند، باید بدانند دانش تولید شده در سایر کشورها پاسخگوی حل مسائل آنها نخواهد بود. دانش چیزی نیست که مانند داده و اطلاعات از طریق اینترنت و یا کپی‌برداری به آن دست یافت و یا آن را مثل کالا وارد کرد. دانش نوعی اکتشاف است و باید آن را کشف کرد. گرچه ارتباط علوم و فناوری یکی از مباحث فلسفی همیشه تاریخ بوده است، اما قاطبه دانشمندان و جامعه دانشگاهی علوم پایه را پایه فناوری قلمداد می‌کنند. به عبارت دیگر ممکن است فناوری در پیشرفت علوم نقش داشته باشد، اما بدون علوم پایه قوی دسترسی به فناوری غیرممکن است. علوم پایه در کشف قوانین و شناخت نظم طبیعت و تعمیم آن در ایجاد فناوری‌های صنعتی، نهادینه کردن تفکر منطقی و ارتقاء عقلانیت، فرهنگ و اخلاق نقش اساسی و پایه‌ای دارد. علوم پایه و علوم کاربردی در طول هم و به هم پیوسته‌اند و برآیند آن دو سبب نوآوری، حل مسائل و تولید را سبب می‌شود. نوآوری‌های بزرگ بدون دانش علوم پایه بندرت اتفاق می‌افتد. نباید انتظار کاربرد سریع و یا کاربردی بدون پژوهش‌های نظری و عملی در علوم پایه را داشت. نگاه به علوم پایه باید راهبردی و صندوق‌ذخیره برای سایر علوم و فنون باشد تا نگاه رویکردی و پول‌جیبی. لذا با توجه به اهمیت علوم پایه که پایه علوم است نگاهی به ترسیم وضعیت علوم پایه در طرح آمایش آموزش عالی و پیشرفت‌های که در دستیابی به شاخص‌های کمی و کیفی در این طرح پیش‌بینی شده است اشاره می‌شود.

توزیع دانشجویان در مؤسسات آموزش عالی کشور بر اساس آمار ارائه شده در طرح آمایش آموزش عالی بر حسب گروه‌های آموزشی در سال تحصیلی ۱۳۹۴-۱۳۹۳، دانشجویان گروه علوم پایه را ۵۵ درصد و با ۲۶۲۰۲۰ تعداد دانشجو نشان می‌دهد که توزیع آنها در مقاطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی به ترتیب ۷۰، ۲۴ و ۶ درصد می‌باشد (۲). بر اساس آمار مربوط به سال تحصیلی ۹۹-۹۸، تعداد دانشجویان علوم پایه ۱۸۷ هزار نفر می‌باشد که توزیع آنها در مقاطع کارشناسی،

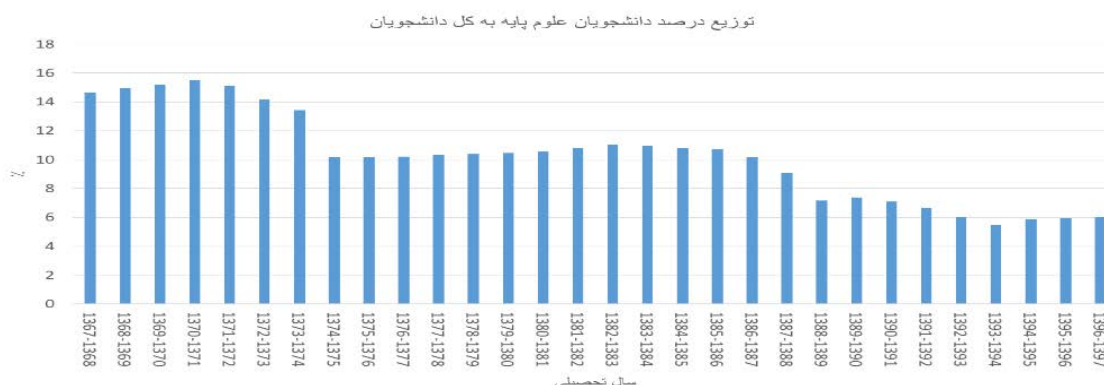
بررسی طرح آمایش آموزش عالی با تأکید آسیب‌شناسی گروه آموزشی علوم پایه

نتایج نشان می‌دهد وضعیت علوم پایه در شاخص‌های کمی دانشجویی از قبیل جمعیت دانشجویی سیر نزولی دارد (شکل‌های ۳ و ۴). اما در توزیع شاخص جمعیت دانشجویی تحصیلات تکمیلی و دکتری از وضعیت نسبتاً خوبی برخوردار می‌باشد. البته با توجه به ماهیت علوم پایه که تحصیل در مقاطع تحصیلات تکمیلی از اهمیت به سزایی برخوردار می‌باشد، این وضعیت امری بدیهی و دور از انتظار نمی‌باشد. دانشجویان علوم پایه عمدتاً در سه زیر نظام آموزشی شامل وزارت علوم، پیام نور و دانشگاه آزاد به تحصیل اشتغال دارند. در سال تحصیلی ۹۹- ۹۸ سهم هریک از این زیر نظام‌ها از دانشجویان علوم پایه به ترتیب ۵۲.۵، ۱۰ و ۳۷.۵ درصد می‌باشد.

کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی به ترتیب ۷۱، ۲۰ و ۹ درصد می‌باشد^۱. تعداد کل دانشجویان علوم پایه نسبت به سال تحصیلی ۹۳-۹۴ به میزان ۶.۶ درصد کاهش (شکل ۳)، تعداد دانشجویان کارشناسی ارشد ۴ درصد کاهش و خوشبختانه تعداد دانشجویان دکتری ۳ درصد افزایش نشان می‌دهد. به عبارتی دانشجویان کارشناسی از ۱۸۲ هزار به ۱۳۳ هزار کاهش، ارشد از ۶۲.۹ هزار به ۳۷.۷ هزار کاهش و دکتری تخصصی از ۱۴.۹ هزار به ۱۶.۴ هزار افزایش یافته است. لازم به ذکر است، در قانون برنامه ششم توسعه پیش‌بینی شده است در سال ۱۳۹۹ تعداد دانشجویان علوم پایه از کل دانشجویان ۳۷۰ هزار نفر که ۱۳۵ هزار نفر از آنها در دوره‌های تحصیلات تکمیلی اشتغال به تحصیل داشته باشند. این



شکل ۳: تعداد دانشجویان علوم پایه طی سال‌های تحصیلی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ الی ۱۳۹۸-۱۳۹۷



شکل ۴: درصد دانشجویان علوم پایه از کل دانشجویان طی سال‌های تحصیلی ۱۳۶۸-۱۳۶۷ الی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ (۴)

^۱ بر اساس آمار ارائه شده از طرف وزارت علوم در پاسخ به نامه رئیس محترم گروه علوم پایه فرهنگستان علوم پایه.

بررسی طرح آمایش آموزش عالی با تأکید آسیب‌شناسی گروه آموزشی علوم پایه

درصد شده است، کاهش دانشجویان پیام نور و افزایش سهم وزارت علوم از دانشجویان علوم پایه اقدامی مثبت تلقی می‌شود.

جدول ۱: نرخ رشد دانشجویان سه سال اخیر سال تحصیلی ۹۶-۹۷ الی ۹۸-۹۹ علوم پایه در رشته‌های پنج‌گانه ریاضی، فیزیک، شیمی، زمین‌شناسی و زیست‌شناسی.

رشته	کارشناسی	کارشناسی ارشد	دکتری تخصصی (PhD)	کل
ریاضی	۳.۰۵	-۱۶.۰۵	-۵.۱۷	-۴.۴۴
فیزیک	-۴.۷۲	-۱۰.۷۰	-۲.۴۴	-۶.۱۸
شیمی	-۶.۳۶	-۹.۹۹	-۳.۹۰	-۶.۸۸
زمین‌شناسی	-۲.۴۱	-۱۴.۴۶	-۴.۶۵	-۷.۰۹
زیست‌شناسی	۲.۸۷	-۱۰.۳۴	۵.۲۶	۰.۶۵

تعداد اعضای هیأت علمی علوم پایه در سال تحصیلی ۹۸-۹۹ با احتساب مربیان و آموزشیاران جمعاً ۱۰۵۱۴ نفر می‌باشد که با کسر مربیان و آموزشیاران به ۷۹۹۷ نفر تقلیل می‌یابد. توزیع اعضای هیأت علمی در سه زیر نظام آموزشی با احتساب و بدون احتساب مربیان و آموزشیاران به ترتیب در وزارت علوم ۵۰.۳ و ۶۴.۵ درصد، در پیام نور ۶.۸ و ۶.۱ درصد و در دانشگاه آزاد ۴۲.۹ و ۲۹.۴ درصد می‌باشد. به‌طوری‌که نسبت استاد به دانشجو بدون احتساب مربیان و آموزشیاران در وزارت علوم ۱ به ۱۷.۶، دانشگاه پیام نور ۱ به ۳۴.۷ و در دانشگاه آزاد اسلامی ۱ به ۲۷ می‌باشد. البته با توجه به سیستم آموزشی نیمه‌حضور دانشگاه پیام نور و بیش از ۸۹ درصد دانشجویان اشتغال به تحصیل در مقطع کارشناسی تا حدودی قابل قبول می‌باشد، اما انتظار می‌رود بر اساس استانداردها این نسبت به ۱ به ۲۰ افزایش یابد. در دانشگاه آزاد ۸۰ درصد دانشجویان در مقطع کارشناسی و تعداد قابل ملاحظه‌ای عضو هیأت علمی با رتبه مربی دارد (۲۱۵۵ نفر مربی و آموزشیار در کنار ۲۳۵۳ نفر عضو هیأت علمی استادیار و بالاتر)، پیشنهاد می‌شود با کاهش مربیان و استخدام اعضای هیأت علمی با رتبه استادیاری و بالاتر، شاخص نسبت استاد به دانشجو اصلاح و به ۱ به ۲۰ ارتقاء یابد. با توجه به اینکه در وزارت علوم بیش از ۴۰ درصد دانشجویان در دوره‌های

توزیع دانشجویان علوم پایه در سه زیر نظام آموزشی شامل وزارت علوم، دانشگاه پیام نور و دانشگاه آزاد اسلامی در مقطع کارشناسی به ترتیب ۴۴، ۱۳ و ۴۳ درصد، در مقطع کارشناسی ارشد به ترتیب ۷۳، ۴ و ۲۳ درصد و در مقطع دکتری تخصصی به ترتیب ۶۹، ۳ و ۲۸ درصد می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد ۴۴ درصد از کل دانشجویان علوم پایه در مقطع کارشناسی، ۷۳ درصد دانشجویان ارشد و ۶۹ درصد دانشجویان دکتری در زیر نظام وزارت علوم تحصیل می‌کنند. با توجه به اهمیت مقطع کارشناسی در گروه آموزشی علوم پایه، انتظار می‌رود تعداد دانشجویان این مقطع نیز همانند دو مقطع دیگر در زیر نظام وزارت علوم اصلاح و به ۷۰ درصد افزایش یابد. لازم به ذکر است توزیع دانشجویان علوم پایه در سال تحصیلی ۹۸-۹۹ در وزارت علوم در مقاطع مختلف کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری به ترتیب ۵۹، ۲۹ و ۱۲ درصد، در دانشگاه پیام نور به ترتیب ۸۹.۵، ۸ و ۲.۵ درصد و در دانشگاه آزاد به ترتیب ۱۳ و ۷ درصد می‌باشد.^۱

نرخ رشد دانشجویان سه سال اخیر سال تحصیلی، یعنی ۹۶-۹۷ الی ۹۸-۹۹، در علوم پایه در رشته‌های پنج‌گانه ریاضی، فیزیک، شیمی، زمین‌شناسی و زیست‌شناسی در جدول (۱) ارائه شده است. در همه رشته‌ها به غیر از زیست‌شناسی، نرخ رشد منفی نشان می‌دهد و بزرگترین نرخ رشد با رقم ۷ منفی مربوط به زمین‌شناسی است. نرخ رشد در همه رشته‌ها در مقطع کارشناسی ارشد نیز منفی و در رشته ریاضی با رقم منفی ۱۶، بالاترین را به خود اختصاص داده است.

در سند آمایش آموزش عالی به توزیع دانشجویی هر گروه آموزشی در زیر نظام‌های مختلف اشاره‌ای نمی‌شود، اما بر اساس سند راهبردی علوم پایه که در سال ۱۳۹۰ تدوین شده است، دانشجویان علوم پایه عمدتاً در سه زیر نظام آموزشی وزارت علوم، پیام نور و دانشگاه آزاد به تحصیل اشتغال داشتند (۶). سهم هر یک از این زیر نظام‌ها از دانشجویان به ترتیب ۷۳، ۹۴ و ۷۸ هزار دانشجو و یا به ترتیب ۳۸، ۳۰ و ۳۲ درصد می‌باشد. با توجه به اینکه در سال تحصیلی ۹۸-۹۹ سهم هریک از این زیر نظام‌ها از دانشجویان علوم پایه به ترتیب ۵۲.۵، ۱۰ و ۳۷.۵

^۱ بر اساس آمار ارائه شده از طرف وزارت علوم در پاسخ به نامه رئیس محترم گروه علوم پایه فرهنگستان علوم پایه.

بررسی طرح آمایش آموزش عالی با تأکید آسیب‌شناسی گروه آموزشی علوم پایه

می‌کنند، اما فقط ۴۴ درصد از دانشجویان کارشناسی گروه علوم پایه در دانشگاه‌های دولتی روزانه یا نوبت اول به تحصیل اشتغال دارند و ضروری است با توجه به اهمیت سرمایه‌گذاری در علوم پایه، دانشجویان این مقطع نیز به بیش از ۷۰ درصد افزایش یابد. از طرفی از حدود ۱۸۰ هزار دانشجوی علوم پایه حدود ۹۰ هزار در دانشگاه‌های دولتی و الباقی در دانشگاه‌های آزاد اسلامی و پیام نور به تحصیل اشتغال دارند که جای تأمل دارد. تعداد اعضای هیأت علمی در هر سه زیر نظام علوم پایه نامناسب و در دانشگاه‌های پیام نور و آزاد اسلامی نامناسب تر می‌باشد که ضروری است برای ارتقای علوم پایه این نسبت بهبود یابد.

و اما پیشنهادات:

- برداشتن محدودیت در پذیرش دانشجوی علوم پایه در دانشگاه‌های برخوردار (چون وزارت علوم هیچگونه سبیره‌ای بر دانشگاه‌های غیردولتی ندارد، ایجاد هر گونه محدودیت عملاً از میدان بیرون کردن دانشگاه‌های شاخص است).
- منع دانشگاه‌های برخوردار در پذیرش دانشجوی پردیسی (پولی) در علوم پایه و از همه مهمتر ممانعت جدی در ادغام دانشجویان پردیسی با دانشجویان روزانه در دروس آموزشی.
- برجیدن شیوه پذیرش دانشجو در مقطع دکتری و ارشد از طریق کنکور در علوم پایه به‌ویژه در مقطع دکتری حداقل برای دانشگاه‌های برخوردار،
- ضرورت تغییر و تحول جدی در برنامه‌ها، محتوی و مواد درسی در علوم پایه و هدایت آنها به سوی میان‌رشته‌ای‌ها و فرارشته‌ای‌ها.
- اصلاح نسبت استاد به دانشجو در گروه علوم پایه و به‌ویژه در علوم زیست‌شناسی،
- بررسی و نظارت جدی‌تر بر عملکرد دولت‌ها در دستیابی به شاخص‌های کیفی و کمی در اسناد بالادستی (نقشه جامع علمی کشور) به‌ویژه برای گروه علوم پایه.
- ایجاد اشتغال برای دانش آموزان دکتری و تشویق به مراجعت تا مهاجرت نخبگان دانشگاهی با افزایش بودجه دانشگاه‌ها و منطقی کردن حقوق هیأت علمی و حذف حق التدریس و حق الرساله.
- الزام امتحان برد برای دانش آموزان علوم پایه توسط انجمن‌های علمی مربوطه، همانند دانش آموزان پزشکی در

تحصیلات تکمیلی به تحصیل اشتغال دارند، انتظار می‌رود این نسبت به ۱ به ۱۰ ارتقاء یابد. بدیهی است با اصلاحاتی که در نسبت استاد به دانشجو توسط هر سه زیر نظام آموزشی به عمل خواهد آمد، نه تنها شاخص کیفی تعداد اعضای هیأت علمی دانشگاه‌ها که صددرصد از برنامه راهبردی افق ۱۴۰۴ عقب است بهبود خواهد یافت بلکه کیفیت آموزش و پژوهش در علوم پایه و پایه علوم سایر علوم نیز ارتقاء خواهد یافت. البته این اقدام مهم از مهاجرت نخبگان که سالیانه چندین برابر بودجه دانشگاه‌ها فقط خسارت مادی به دنبال دارد، باعث اشتغال دانش آموزان دکتری و حتی مراجعت نخبگان به کشور خواهد شد (۵).

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

رشد نمایی داده و اطلاعات و پیشرفت شتابان دانش و فناوری‌های نوین که بالطبع تأثیرات به‌سزایی بر مسائل اجتماعی و نیازهای جامعه امروزی و فردایی دارد، از یک جنبه پیش‌بینی آینده را سهل و از طرفی طول دوره برنامه‌ها و نقشه راه‌ها را به شدت تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. به‌طوری‌که طول عمر برنامه‌ها و نقشه راه‌ها کاهش و ضرورت به‌روز رسانی، بازبینی و اصلاح آنها را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. لذا پیشنهاد می‌شود هر دو سال یکبار اهداف و شاخص‌های کمی و کیفی مورد انتظار در کلیه اسناد بالادستی و به‌ویژه طرح آمایش آموزش عالی مورد بازبینی، تجدید نظر و اصلاح شود. با توجه به تجربه بسیار طولانی در طراحی تا تصویب طرح آمایش آموزش عالی و از همه مهمتر موانعی که بر سر راه اجرای صف کشیده است، ضروری است در تدوین اسناد و نقشه‌های راهبردی، اولاً تمهیدات لازم برای اغنا و پشتیبانی جامعه هدف از آنها به عمل آید و ثانیاً محل تأمین منابع مالی لازم در اجرای طرح‌ها به‌ویژه در شاخص‌های کیفی دیده و فراهم شود.

بررسی سند آمایش آموزش عالی نشان می‌دهد، علیرغم اینکه طبق برنامه ششم توسعه در سال ۱۳۹۹، تعداد دانشجویان علوم پایه ۳۷۰ هزار نفر پیش‌بینی شده، اما در سال‌های اخیر کاهش چشمگیری داشته و به حدود ۱۸۰ هزار دانشجو و با ۵۵ درصد از کل دانشجویان کشور تقلیل یافته است. گرچه ۷۳ درصد دانشجویان ارشد و ۶۹ درصد دانشجویان دکتری تخصصی گروه علوم پایه در دانشگاه‌های دولتی روزانه یا نوبت اول تحصیل

بررسی طرح آمایش آموزش عالی با تأکید آسیب‌شناسی گروه آموزشی علوم پایه

(۶) تجميع موسسات در طرح ساماندهی آموزش عالی متوقف

شد:

<https://www.mehrnews.com/news/5228417/>

(7) University of California Advanced Solar Technologies Institute (UC Solar): UC makes bold commitment to 100 percent clean electricity:

<http://www.ucsolar.org>

<https://www.universityofcalifornia.edu/news/100-percent-clean-electricity>

(۸) شرم دارم از دانشگاهی که تنها ۵ عضو هیأت علمی دارد:

<https://www.mehrnews.com/news/5170344/>

(۹) تعداد و تنوع دانشگاه‌های ایران رشد بی رویه دارد؟

<https://www.baharnews.ir/news/267836/>

(۱۰) سهم ۴۰ دانشگاه بزرگ کشور از لایحه بودجه ۱۴۰۰ و

بودجه وزارت علوم (۵۸ هزار و ۷۰۰ میلیارد تومان) و وزارت

بهداشت (۱۰۵ هزار میلیارد تومان) در سال ۱۴۰۰:

<https://www.mashreghnews.ir/news/1152813/1400/>

<https://www.tasnimnews.com/fa/news/1399/10/07/2419044/>

<https://www.icana.ir/Fa/News/465143/1400/>

منابع و مؤاخذ

[۱]. نقشه جامع علمی کشور، مصوب شورای عالی انقلاب فرهنگی.

<https://sccr.ir/Files/18073.pdf>

[۲]. طرح آمایش آموزش عالی (در چارچوب نقشه جامع علمی

کشور)، ویراست ششم، بهمن ماه ۱۳۹۴.

<https://budget.tabrizu.ac.ir/file/download/regulation/1555136542-.pdf>

[۳]. قانون برنامه پنج ساله پنجم و ششم توسعه جمهوری اسلامی

ایران به ترتیب (۱۳۹۴-۱۳۹۰) مصوب ۸۹/۱۰/۳۰، و (۱۴۰۰-۱۳۹۶)

مصوب ۱۳۹۵/۱۲/۱۴ مجلس شورای اسلامی.

<https://rc.mailis.ir/fa/law/show/790196>

<https://www.mporg.ir/home/wid/432ab5ef-3758-...>

[۴]. مرکز آمار ایران، درگاه ملی آمار، جداول آماری در بخش آموزش

عالی. <https://www.amar.org.ir/%D8%AF%...>

[۵]. احمد شعبانی (۱۳۹۵). بیکاری دانش آموختگان دانشگاهی و

مهاجرت مغزها، نشریه نشاء علم، سال هفتم، شماره اول، دیماه،

ص ۱۵-۶.

[۶]. سند و برنامه راهبردی علوم پایه در کشور در دو جلد (۱۳۹۰).

با مشارکت گروه‌های آموزشی علوم ریاضی، فیزیک، شیمی،

علوم زیستی و علوم زمین، شورای برنامه ریزی وزارت علوم،

تحقیقات و فناوری. تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.

https://math.kntu.ac.ir/Dorsapax/Data/Sub_51/File/sanad-10-12-91-1.pdf

ایران و یا دانش آموختگان شیمی توسط انجمن علمی آمریکا در آمریکا،

• پیشنهاد به رسمیت شناختن تصمیمات علوم پایه فرهنگستان علوم توسط وزارت علوم به عنوان کمیته جامع علمی در جهت کیفی سازی و ارتقای کیفیت آموزش و پژوهش در گروه آموزشی علوم پایه.

• پیشنهاد همکاری تنگاتنگ میان شاخه‌های تخصصی پنج گانه علوم پایه در فرهنگستان علوم با انجمن‌های ذیربط در تدوین و ارائه برنامه‌ها و خط مشی‌ها در ارائه آنها به وزارت علوم،

• پیشنهاد به وزارت علوم مبنی بر اینکه در مورد برنامه‌های آموزشی و پژوهشی شاخه‌های تخصصی پنج گانه علوم پایه، هماهنگی‌های لازم با دو بنیان مهم علمی در کشور یعنی شاخه‌های تخصصی رشته‌ها در علوم پایه فرهنگستان علوم و انجمن‌های علمی ذیربط به عمل آید.

تقدیر و تشکر

از استاد و دانشمند ارجمند جناب آقای دکتر موسوی موحدی- استاد بیوشیمی دانشگاه تهران که حوصله به خرج دادند و پیش نویس این مقاله را به دقت مطالعه، و پیشنهادات ارزنده‌ای در جهت ارتقای کیفی آن ارائه فرمودند کمال امتنان و تشکر را دارم.

* شماره وبگاه در پرانتز و شماره رفرنس در کروشه ارائه شده است.

پایگاه داده‌های دیده شده در این مقاله

(۱) موسسه پژوهش و برنامه ریزی آموزش عالی:

<https://irphe.ac.ir/content/2343/990930>

(۲) سهم پایین پژوهش از تولید ناخالص داخلی در کشور:

<https://www.mehrnews.com/news/5094824/>

(۳) ساماندهی به ایستگاه آموزش عالی رسید/ آمار حذف و

الحاق موسسات:

<https://www.mehrnews.com/news/5163681/>

(۴) ۲۲ دانشگاه دولتی ادغام شدند:

<https://www.mehrnews.com/news/5163681>

(۵) پروژه ادغام دانشگاه ها متوقف شد/ تجميع رشته‌ها

جایگزین می‌شود:

<https://www.mehrnews.com/news/5218653/>

طرح شوک: الزامات و چالش‌ها

اسماعیل وزیری^{۱*}، علی اکبر صبوری^۲

چکیده

جنبش دسترسی آزاد در دهه ۱۹۹۰ با هدف دسترسی به همه یافته‌های علمی شروع شد. در چشم‌انداز این جنبش در ۲۰۲۰، قرار بود تمامی یافته‌های علمی که از پژوهش‌هایی که با بودجه عمومی حمایت می‌شوند بدون محدودیت و برای استفاده همه افراد به همراه داده‌های پژوهشی آنها در دسترس باشند. به منظور اجرای این هدف، ابتکاری برای دسترسی به انتشارات علمی با عنوان طرح شوک (پلان اس) در سال ۲۰۱۸ ارائه شد که مقرر شد توسط کنسرسیومی با حمایت سازمان‌های بین‌المللی حامیان پژوهش‌ها تحت عنوان ائتلاف اس اجرایی شود. این ایده پس از آن مطرح شد که در نتیجه نشست ۲۰۰۴ این جنبش در برلین مقرر گردید علاوه بر یافته‌های علمی، داده‌های خام این پژوهش‌ها نیز باید در دسترس باشد. از همین‌رو سازمان‌های ملی و بین‌المللی و حامیان پژوهش‌ها تصمیماتی برای حمایت از این طرح انجام دادند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که با وجود اقدامات و راهبردهای متنوعی که برای دسترسی آزاد به پژوهش‌های علمی طی دو دهه گذشته انجام شده است، هنوز ملاحظات متعددی در خصوص حق انتشار و مالکیت مقالات منتشر شده و به‌خصوص مقالاتی که از بودجه عمومی حمایت می‌شوند، وجود دارد. از طرف دیگر، با وجود تأکید ائتلاف اس مبنی بر دسترسی به بروندهای پژوهشی و داده‌های خام آنها، مسائل متعددی وجود دارد که باید مورد توجه قرار گیرد از جمله مسائل سازمانی، فردی، حقوقی، رفتاری و فرهنگی. با وجود همه چالش‌ها به نظر می‌رسد که مطالبه جهانی در خصوص علم باز و دسترسی به یافته‌های علمی طی سال‌های اخیر افزایش یافته و حامیان مالی و سیاست‌گذاران پژوهشی ناگزیر به دنبال راهی برای اجرای آن هستند.

واژگان کلیدی: دسترسی آزاد، پژوهش‌های علمی، طرح شوک، پلان اس، ائتلاف اس، داده‌های پژوهشی

* عهده‌دار مکاتبات: استادیار، نشانی الکترونیکی: evaziri@uoz.ac.ir

^۱ گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه زابل

^۲ استاد ممتاز مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک، دانشگاه تهران

مقدمه

خاص از رازداری پرهیزد [۱]. بر اساس این معیار، می‌توان چنین بیان کرد که این الزام به دنبال معیارهای جهانشمولی است که به تولید، مدیریت و ارزیابی علم بپردازد.

عمومیت داشتن یا اشتراک

یافته‌های علمی، محصول همکاری اجتماعی و جهانی‌اند. بنابراین، علم به کل جامعه و تمام بشریت تعلق دارد. منطق اخلاق، علم و دانش را همچون میراثی مشترک تلقی می‌کند و حقوق مالکیت را در نهاد علم به حداقل خود کاهش می‌دهد [۳]. در این مفهوم، یافته‌های علمی می‌بایست تا جای ممکن برای عموم مردم قابل دسترسی باشند و برای تمام جوامع علمی به اشتراک گذاشته شوند چرا که عمومی‌سازی باعث اشتراک‌گذاری دانش به صورت آزاد و رایگان پژوهش‌ها می‌شوند [۴ و ۵]. بر اساس این هنجار، فرض بر این است که پژوهشگران یافته‌های علمی را به همراه اطلاعات مرتبط تحت عنوان اخلاق علمی «عمومی‌سازی» به اشتراک بگذارند [۵]. در این صورت است که دانش مورد نقد و بررسی قرار می‌گیرد و با توجه به خصوصیات زایشی آن، باعث رشد و پیشرفت علم می‌شوند. در واقع، اساس توسعه علمی، نقادی علمی است.

جنبش دسترسی آزاد

با توسعه منابع الکترونیکی در شبکه جهانی اینترنت، به تدریج جنبشی شکل گرفت که با عنوان جنبش دسترسی آزاد^۷ معروف شد. جنبش دسترسی آزاد از اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی به منظور تقویت ارتباطات علمی شروع شد. دسترسی آزاد باعث دسترسی به یافته‌های علمی برای همگان در هر زمان و مکان و بدون محدودیت‌های مالی و ساختاری شده و از آنجا منجر به بهبود سرعت، کارایی و اثربخشی پژوهش می‌شود. به تقویت رؤیت‌پذیری نویسندگان و در نتیجه افزایش نفوذ و اثربخشی پژوهش‌های آنها کمک می‌کند [۶ و ۷]. منظور از دسترسی رایگان به یافته‌های علمی، این است که دسترسی و خواندن مقالات علمی برای خوانندگان رایگان است. در واقع، نویسندگان با پرداخت هزینه انتشار، این امکان را برای همه خوانندگان مشتاق فراهم می‌کنند. به علاوه، نیاز نیست ناشر پس از انتشار

علم معمولاً به هر قلمرویی از دانش یا مجموعه مبانی نظام‌مندی اطلاق می‌شود که اصول آنها مورد پذیرش جهانی است. از این رو، دانشمندان به عنوان کنش‌گران اجتماعی، در جامعه علمی براساس هنجارها و قواعدی عمل می‌کنند که رابرت مرتون^۱ آنها را ساختار هنجاری علم یا اخلاقیات علم می‌نامد. اخلاقیات علم مجموعه پیچیده‌ای از ارزش‌ها و هنجارها است که با یک دانشمند همراه است و در حکم نسخه‌ها، توصیه‌ها، ترجیحات و امور مجاز به‌شمار می‌آیند و از آنجا که دارای ارزشی نهادی هستند دارای مشروعیت نیز هستند. از این رو، مرتون این اخلاقیات را الزامات نهادی علم^۲ نامیده است. وی در مقاله مشهور خود با عنوان «علم و نظام اجتماعی» اساسی‌ترین هنجارها و قواعد این الگوی فرهنگی را جهانی بودن^۳، عمومیت داشتن یا اشتراک^۴، شک سازمان‌یافته^۵ و بی‌تفاوتی عاطفی^۶ معرفی کرد. او معتقد بود که نتایج فعالیت‌های علمی علیرغم سن و نژاد و ملیت پژوهشگران، می‌بایست در اختیار همه پژوهشگران قرار بگیرد [۱]. در این مقاله، از جهانی بودن و اشتراک، به منظور دسترسی به داده‌ها و اطلاعات پژوهشی پرداخته خواهد شد. این هنجارها می‌تواند به عنوان مبنایی نظری در راستای مطالعات جنبش دسترسی آزاد، علم باز، داده‌های باز و مواردی از این دست قرار گیرد.

جهانی بودن

فرآیند تولید علم، یک فرآیند جهانی است. علم، بر خلاف فناوری، مالکیت ندارد و ارزش آن به نشر و میزان نفوذ و اثر آن در جامعه است. علم منتشر می‌شود تا خواننده شده و نقد شود. جهانی بودن در جامعه علمی به این معناست که یافته‌های علمی می‌بایست از طریق معیارهای استاندارد علمی و نه هویت دانشمندان مورد قضاوت قرار بگیرد [۲]. جهانی بودن در جستجوی این واقعیت است که راه تمام موقعیت‌ها بر روی تمام استعدادها باز باشد. الزام جهانی بودن ایجاب می‌کند که عالم به‌طور دلخواه و از روی آزادی نتایج کار خود را انتقال دهد، با دیگران ارتباط برقرار نماید و تا جای ممکن و به غیر از شرایط

1 Robert Merton

2 Ethos of Science

3 Universalism

4 Communism

5 Organized Skepticism

6 Disinterestedness

7 Open Access

طرح شوک: الزامات و چالش‌ها

طرح شوک، در ۴ سپتامبر ۲۰۱۸ توسط گروهی از سازمان‌های ملی حامی پژوهش با حمایت کمیسیون اروپا و شورای پژوهش‌های اروپایی^۲ توسط رابرت جان اسمیتس^۳ کمیسر اتحادیه اروپا و نماینده ویژه کمیسیون اروپا در دسترسی آزاد در ارائه شد. این طرح با محوریت دسترسی آزاد به پژوهش‌ها، با موافقت کمیسیون و کمک مؤسسه علم اروپا^۴ و کمک به وعده‌های قبلی اتحادیه اروپا، مبنی بر دسترسی آزاد با هدف رایگان کردن آثار علمی و پژوهشی به‌منظور خواندن و امکان بازتولید اثر پس از انتشار شد. بر اساس این طرح، پژوهشگرانی که توسط سازمان‌های کمک‌کننده به طرح شوک حمایت می‌شوند، می‌بایست آثارشان را به صورت دسترسی آزاد منتشر کنند. اگر یک نشریه اجازه چنین کاری ندهد، پژوهشگران می‌توانند به جای آن نسخه‌ای از مقاله را در یک واسپارگاه به محض انتشار مقاله ارسال کنند.

«علم نباید پشت دیوار پرداخت حق اشتراک محبوس بماند»، شعاری است که در سند منتشرشده طرح شوک ارائه شد. بر اساس این سند، «انتشارات علمی که توسط منابع عمومی منابع مالی که توسط شوراها و سازمان‌های ملی، بین‌المللی و منطقه‌ای حمایت مالی می‌شوند، می‌بایست در نشریات و پلتفرم‌های دسترسی رایگان یا در اسرع وقت از طریق واسپارگاه‌های موضوعی بدون محدودیت منتشر شوند».

طرح شوک بر ۱۰ اصل استوار است که عبارتند از:

۱. **حق مؤلف**، نویسندگان یا مؤسسات آنها موظف هستند از طریق یکی از مجوزهای حقوقی رسمی دسترسی آزاد، مانند در نظر گرفتن اثر به‌عنوان صاحب همگانی، حق انتشار مقاله‌های خود را به منظور اجرای الزامات تعریف شده در بیانیه برلین دریافت کنند.

۲. **معیارهای خدمات**، حامیان مالی باید معیارها و الزامات معینی برای خدماتی که نشریات علمی با دسترسی رایگان، پلتفرم‌ها و واسپارگاه‌های دسترسی آزاد فراهم می‌کنند را توسعه خواهند داد.

۳. **مشوق‌ها**، در مواردی که واسپارگاه‌ها یا نشریات معتبر دارای دسترسی رایگان وجود ندارد، حامیان مالی، به یک شکل هماهنگ، مشوق‌هایی را برای ایجاد یا حمایت از اقدامات

به‌دنبال مشتری برای فروش مقالات خود باشد، بلکه قبل از انتشار، سود خود را از محل اخذ هزینه چاپ مقالات، دریافت می‌کند. در این حالت، هم ناشر سود خود را از این محل تأمین می‌کند و هم خوانندگان به شکل رایگان به محتوای مقالات دسترسی خواهند داشت اما نویسندگان مقاله‌ها و کشورهایی با بنیه ضعیف مالی از این طرح به مشکلات زیادی روبرو خواهند شد.

در سال ۲۰۰۲ برای نخستین بار مهم‌ترین گروه‌های پیشگام جنبش دسترسی آزاد در بوداپست مجارستان با هدف تسریع فعالیت بین‌المللی به‌منظور دسترس‌پذیر کردن مقاله‌های پژوهشی در تمامی حوزه‌های علوم بود. در ادامه همین جنبش، در سال ۲۰۰۴، بیانیه برلین در خصوص دسترسی آزاد به دانش بیان می‌کند که نه تنها مقالات علمی، بلکه داده‌های خام و ابرداده‌ها، منبع مواد، نمودهای دیجیتالی از مواد تصویری و جغرافیایی و مواد چند رسانه‌ای علمی باید به‌صورت رایگان و آزاد در دسترس و قابل استفاده باشند [۸]. این بیانیه اعلام می‌دارد که باز بودن، نیازمند این است که کاربران نه‌تنها قادر به دسترسی، بلکه قادر به کپی‌برداری، توزیع و نمایش مواد و منابع به‌صورت عمومی باشند. جهت استفاده شخصی، افراد می‌توانند نسخه چاپی تهیه کنند و کارهای جانبی و انشقاقی از این داده‌ها انجام دهند [۹]. نتایج این نشست حاکی از آن بود، علاوه‌بر اینکه می‌بایست یافته‌های علمی در دسترس پژوهشگران باشد، اطلاعات و داده‌های خام حاصل از آنها نیز تا جای ممکن باید در دسترس قرار بگیرد و امکان اشتراک‌گذاری آنها فراهم شود. به‌عبارتی، جنبش دسترسی آزاد که بر خروجی پژوهش‌ها به صورت آزادانه تأکید می‌کرد به این مرحله رسیده است که داده‌های همراه آنها را نیز شامل می‌شود [۱۰].

اثربخشی و بازگشت سرمایه پژوهش‌هایی که با بودجه عمومی حمایت می‌شوند، سازمان‌های جهانی را بر آن داشت تا پاسخگویی سازمان‌ها در قبال دریافت بودجه را افزایش دهند. از همین‌رو بود که اقدامات قابل‌توجهی توسط برخی از سازمان‌های ملی و بین‌المللی انجام شد که از آن جمله می‌توان به طرح موسوم به طرح شوک (پلان اس^۱) اشاره کرد.

¹ Plan Shock

²European Research Council (ERC)

³ Robert John Smits

⁴ Science Europe

به‌منظور اجرایی کردن این طرح، یک کنسریوم جهانی از حامیان پژوهش تحت عنوان ائتلاف اس^۱، که هدف آن تسریع انتقال به نظام انتشاراتی علمی است که دسترسی آزاد برخط و سریع، استفاده نامحدود در سطح گسترده و استفاده مجدد (دسترسی کامل آزاد) از انتشارات علمی از ویژگی‌های آن است. ائتلاف اس متعهد شده است که هدف مشخصی که در طرح شوک در نظر گرفته شده را با همکاری کمیسیون اروپا و شورای پژوهش اروپایی اجرایی کند. و از سایر حامیان پژوهش‌ها در سطح جهان خواسته شده است که به این ائتلاف بپیوندند. این ائتلاف از دسترسی سریع و کامل به مقالات علمی چه مقالاتی که در نشریات دارای حق اشتراک، چه نشریات دسترسی رایگان و چه سایر پلتفرم‌ها و برنامه‌ها تشکیل شده است، حمایت می‌کند و در این راستا، سیاستی را اعلام کردند که می‌تواند محدودیت‌های پژوهشگران در انتشارات باز را مرتفع کند. این طرح به پژوهشگران کمک می‌کند که پژوهش‌های خود را در هر نشریه‌ای که خودشان می‌خواهند منتشر کنند، حتی در نشریات دارای حق اشتراک مانند ساینس که هنوز موافقت خود را برای همراهی با این طرح اعلام نکرده است [۱۱].

بر همین اساس، انتشاراتی که از نتایج پژوهش‌هایی که توسط حامیان اعضای این ائتلاف منتشر می‌شود از یکم ژانویه ۲۰۲۱ یا حتی زودتر به عنوان یک گزینه اختیاری برای افراد، می‌بایست به شکل دسترسی رایگان (از طریق نشریات یا پلتفرم‌ها) یا به‌صورت فوری و باز در واسپارگاه‌های دسترسی رایگان و بدون محدودیت منتشر شوند. طرح شوک برای تمامی انتشارات داوری شده که از پژوهش‌هایی که از طریق اعضای ائتلاف اس حمایت مالی می‌شوند به‌کار می‌رود. ائتلاف اس در اواخر ۲۰۲۱ اعلام خواهد کرد که اصول طرح شوک برای تک‌نگاشت‌ها و فصول کتاب نیز کاربرد خواهد داشت.

دسترسی آزاد به پژوهش‌های علمی و طرح شوک در حال حاضر که جهان با بحران کرونا دست و پنجه نرم می‌کند، ضرورت و ارزش خود را در خصوص دسترسی به یافته‌های علمی بیش از پیش نشان می‌دهد. به‌نظر می‌رسد که شعار این طرح که دسترسی به همه یافته‌های علمی و به‌طور مشخص یافته‌های علمی مربوط به کووید ۱۹ که از بودجه عمومی حمایت می‌شوند، در این زمان

مناسب فراهم می‌کند. حمایت‌ها همچنین برای زیرساخت‌های دسترسی آزاد هنگام ضرورت فراهم خواهد شد.

۴. **هزینه انتشارات:** در صورت امکان، هزینه انتشارات دسترسی رایگان توسط حامیان مالی یا مؤسسات پژوهشی و نه پژوهشگران فردی پوشش داده می‌شود. از این که همه پژوهشگران باید قادر به انتشار آثارشان به صورت دسترسی رایگان باشند، تقدیر خواهد شد.

۵. **مدل‌ها تجاری،** حامیان مالی از مدل‌های تجاری متنوع برای نشریات و پلتفرم‌های دسترسی آزاد حمایت می‌کنند. هنگامی که هزینه انتشارات دسترسی رایگان استفاده می‌شود، باید با خدمات انتشاراتی ارائه شده متناسب باشد و ساختار چنین هزینه‌های باید برای اطلاع بازار و حامیان مالی شفاف باشد.

۶. **شفافیت،** حامیان مالی دولت‌ها، دانشگاه‌ها، سازمان‌های پژوهشی، کتابخانه‌ها، دانشکده‌ها و جوامع یادگیرنده را برای اجرای راهبردها، سیاست‌ها و فعالیت‌هایشان و به‌طور قابل توجه برای حمایت از شفافیت تشویق می‌کنند.

۷. **کاربرد،** اصول فوق باید برای همه انواع انتشارات علمی استفاده شود. اما باید درک کرد که بازه زمانی برای رسیدن به دسترسی آزاد تک‌نگاشت‌ها و فصول کتاب، طولانی‌تر و نیازمند فرایندهای جداگانه و مناسب است.

۸. **موافقت‌نامه‌های تحول‌آفرین^۱**، حامیان مالی از الگوی هیبریدی انتشارات حمایت نمی‌کنند. اما به‌عنوان یک مسیر جایگزین برای دسترسی آزاد کامل در یک چارچوب زمانی تعریف شده و مشخص و به‌عنوان بخشی از مقررات انتقالی، ممکن است از چنین توافقاتی حمایت مالی کنند.

۹. **نظارت،** حامیان مالی وضعیت انطباق با اصول ذکر شده توسط مجلات را رصد کرده و مجلاتی که با این اصول منطبق نیستند را تحریم می‌کنند.

۱۰. **ارزیابی پژوهش،** حامیان مالی متعهد می‌شوند که هنگام ارزیابی بروندادهای پژوهشی در طول تصمیمات مالی، پژوهش‌ها بر اساس ویژگی ذاتی اثر ارزش‌گذاری شوند و نه در نظر گرفتن کانال‌های نشر، ضریب تأثیر و دیگر سنجه‌های نشریه یا ناشر.

¹ Transformative Agreements (TAs)

² Coalition S

طرح شوک: الزامات و چالش‌ها

زیرساخت‌های لازم به تسهیل این امر کمک کنند. این حمایت‌ها می‌تواند شامل حمایت مالی، آموزشی، فنی، ذخیره‌سازی و مدیریت داده‌ها باشد [۱۳ و ۱۴].

عوامل فنی

دسترسی گسترده به داده‌های پژوهشی و بهره‌برداری بهینه از آنها نیازمند زیرساخت‌های فناوری طراحی شده مناسب، توافق گسترده بین‌المللی درخصوص میانکنش‌پذیری و کنترل کیفی مؤثر داده‌ها می‌باشد. عوامل فنی شامل واسپارگاه‌های داده‌ای، استانداردهای داده‌ای و عناصر ابرداده‌ای، میانکنش‌پذیری و سازگاری میان نظام‌ها و کیفیت داده‌ها می‌باشد. واسپارگاه‌های داده‌ای سازمانی، موضوعی و رشته‌ای، استانداردهای داده‌ای و ابرداده‌ای، نرم‌افزارها، زیرساخت‌ها و میانکنش‌پذیری میان نظام‌های آنها از جمله عواملی هستند که به اشتراک‌گذاری داده‌ها و ترویج آن کمک می‌کنند [۱۵].

استانداردهای ابرداده‌ای باعث سازماندهی مؤثر داده‌ها، مدیریت و استفاده مجدد از آنها می‌شود و این استانداردها جهت دسترسی و کشف داده‌ها بسیار ضروری هستند [۱۶-۱۷]. توسعه استانداردهای داده‌ای مبنایی برای همکاری میان جوامع علمی جهت مدیریت، انسجام و تحلیل داده‌ها فراهم می‌کند و باعث دسترسی بهتر به مجموعه‌های داده‌ای می‌شود. پژوهشگران معتقدند که جهت ثبات و نگهداری از داده‌های علمی، ضروری است پژوهشگران حوزه‌های مختلف علمی استانداردهای ابرداده‌ای منسجمی را توسعه دهند [۱۰].

از دیگر عوامل مؤثر بر دسترسی آزاد به پژوهش‌ها که از جمله اقدامات جهانی در راستای اجرای طرح شوک نیز می‌باشد، وجود واسپارگاه‌های داده‌ای و موضوعی است. وجود این زیرساخت‌ها و طراحی امکانات مورد نیاز به منظور دسترسی به یافته‌های پژوهشی از طریق آنها از جمله ده اصولی است که توسط طرح شوک نیز ارائه شده است. واسپارگاه‌های داده‌ای به جوامع علمی و پژوهشی اجازه ذخیره‌سازی، اشتراک‌گذاری، پرس‌وجو و ذخیره‌سازی داده‌ها را می‌دهند [۱۸]. همچنین می‌توانند باعث ایجاد ساختار مناسبی جهت اشتراک‌گذاری یافته‌های پژوهشی شوند و به ترویج و تسهیل اشتراک‌گذاری داده‌ها کمک کنند [۱۹].

از موانع موجود در این مسیر، عدم وجود یا عدم شناخت و

امری ضروری است. اهمیت این موضوع و بحران ایجاد شده باعث شده تا سردبیران برخی از نشریات از ناشران خود بخواهند که امکان دسترسی آزاد را برای نشریات خود فراهم کنند [۱۲].

طرح شوک: الزامات و ابعاد

با گذشت بیش از دو دهه از اولین اقدامات جنبش دسترسی آزاد، راهبردهای معقولی برای بهبود دسترسی آزاد به پژوهش‌های علمی اندیشیده شده است که از جمله آنها می‌توان به توسعه واسپارگاه‌های موضوعی، داده‌ای و سازمانی و مدل جدید انتشاراتی اشاره کرد. با این وجود، بیشتر مقالات علمی پشت دیوار حق اشتراک نشریات علمی سستی محبوس مانده‌اند. از طرف دیگر، بررسی‌ها از اشتراک‌گذاری یافته‌های پژوهشی به همراه برون‌دادهای پژوهشی حکایت دارند. تأکید ائتلاف اس بر برون‌دادهای داده‌های پژوهشی آنها، در راستای نیل به اهداف طرح شوک و جنبش دسترسی آزاد از یک طرف و وجود الزامات و زیرساخت‌های مورد نیاز در راستای علم باز از طرف دیگر، ضرورت توجه به چارچوبی به‌منظور اقدامات مناسب را ضروری می‌کند که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرد.

عوامل سازمانی

عوامل سازمانی می‌توانند منجر به تسهیل دسترسی به یافته‌های پژوهشی شوند. با توجه به ویژگی‌های متنوع داده‌ها و استفاده‌های مختلفی که از آنها می‌شود، نمی‌توان یک رویکرد یکپارچه مدیریتی و سازمانی برای همه آنها در نظر گرفت. از جمله آنها می‌توان به الزام، فشار و سیاست حامیان مالی پژوهش‌ها و سازمان‌ها، الزام ناشران نشریات و حمایت سازمانی اشاره کرد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که الزام و فشار سازمانی در بهبود دسترسی به یافته‌های علمی نقش دارند [۵]. علاوه بر این، بسیاری از نشریات علمی، نویسندگان را ملزم به اشتراک اطلاعات و داده‌های پژوهشی با سایر پژوهشگران می‌کنند. برای مثال، شرط انتشار در نشریات نیچر و ساینس به اشتراک‌گذاری داده‌های خام پژوهشی است از دیگر عوامل حمایت سازمانی است که به میزان حمایتی که سازمان در زمان انجام پژوهش و بعد از آن برای پژوهشگران فراهم می‌کند اشاره دارد [۱۰ و ۱۳]. با توجه به اینکه متغیرهای مختلفی از جمله زمان، هزینه، دانش و مهارت لازم جهت آماده‌سازی داده‌ها نقش دارند، لازم است که سازمان‌ها و حامیان پژوهش‌ها با تدارک و فراهم‌آوری

طرح شوک: الزامات و چالش‌ها

آگاهی کافی پژوهشگران از وجود واسپارگاه‌ها است. چرا که افزایش وجود واسپارگاه‌ها باعث تغییر دیدگاه‌ها و رفتار اشتراک داده و استفاده مجدد از آنها می‌شود و هنگامی که پژوهشگران داده‌های خود را در یک واسپارگاه داده‌ای به اشتراک می‌گذارند امکان رؤیت‌پذیری و استفاده از داده‌ها در سطح ملی و بین‌المللی افزایش می‌یابد و انجام پژوهش از این طریق می‌تواند به جامعه علمی کمک کند. ناآگاهی پژوهشگران از وجود واسپارگاه‌های داده‌ای در ودیعه‌گذاری داده‌ها، نبود مهارت‌های ذخیره و سازماندهی داده‌ها، عدم مهارت و چگونگی استفاده از داده‌ها در پایگاه‌های داده‌ای از دیگر موانع پیش روی اشتراک داده‌ها می‌باشد [۲۱-۱۰].

عوامل فردی

عوامل فردی شامل نگرش، تلاش و سود درک شده، سابقه و جنسیت، تجربه کاری، میزان بهره‌وری علمی، آموزش و پژوهش‌محور بودن شغل پژوهشگران، رقابت با همکاران، کار تیمی و نوع دوستی می‌شود که می‌تواند بر دسترسی به یافته‌های علمی نقش داشته باشند. ویژگی‌های پژوهشگران مانند سابقه کاری، درجه علمی، سن، جنسیت و میزان بهره‌وری علمی، شغل پژوهشگران و تجربه اشتراک‌گذاری آنها بر میزان دسترسی و اشتراک‌گذاری داده‌ها تأثیرگذار است [۱۹، ۲۴-۲۲].

از دیگر مسائلی که می‌تواند به دسترسی آزاد به پژوهش‌های علمی کمک کند، سودی است که نصیب پژوهشگران می‌شود. این سود، ارزشی است که پژوهشگران از ارائه آثار با کیفیت خود کسب می‌کنند و می‌تواند شامل پاداش، استناد و در نتیجه اعتبار و رؤیت‌پذیری بیشتر و در نهایت افزایش شهرت آنها شود. پاداش و شهرت از طریق شمارش استنادها مورد سنجش قرار می‌گیرد. چرا که استنادها برای دریافت پژوهانه، ارتقای پژوهشگران و افزایش حقوق و مزایا، نقش مهمی دارند و یک سنجح واقعی برای سود درک شده از آثار علمی به حساب می‌آید [۱۰].

با وجود اینکه عوامل فردی مختلفی به اشتراک‌گذاری داده‌های پژوهشی کمک می‌کنند، برخی از عوامل نیز مانع از اشتراک‌گذاری داده‌ها می‌شود. از جمله موانع و چالش‌های پیش‌روی می‌توان به تلاش درک شده شامل هزینه، تلاش و زمان

حق مؤلف و رقابت با سایر همکاران می‌باشند. مطالعات نشان داده است که تلاش‌های انجام شده در خصوص اشتراک‌گذاری داده‌ها مانند سازماندهی و آماده‌سازی داده‌ها، باعث جلوگیری دانشمندان از اشتراک‌گذاری داده‌هایشان با دیگران می‌شود [۲۵]. مستندسازی داده‌ها یک فرایند کاملاً وقت‌گیر است و پژوهشگران نیازمند آماده‌سازی مجموعه‌های داده‌ها، قبل از اشتراک‌گذاری آنها می‌باشند. آماده‌سازی داده‌ها جهت انتشار و دسترسی، نیازمند هزینه و تلاش است و پژوهشگران به منابع و زمان لازم نیاز دارند [۲۶]. از طرف دیگر، بسیاری از این داده‌ها در هنگام گردآوری بسیار هزینه‌بر و بسیاری از آنها نیز در طول دوران زندگی پژوهشگران جمع‌آوری می‌شوند. از این‌رو، ممکن است برخی از فرصت‌های موجود جهت انتشارات بیشتر و کسب اعتبار علمی و حرفه‌ای خود را از دست‌رفته ببینند. چرا که ممکن است افرادی که از داده‌ها استفاده مجدد می‌کنند از این فرصت به نحو مناسب‌تری استفاده کنند. به عبارتی، به استفاده‌کنندگان مجدد از داده‌ها فرصت‌های نشر بیشتری داده می‌شود تا پژوهشگرانی که خودشان داده‌ها را تولید کرده و به اشتراک گذاشته‌اند [۴].

با وجود مسائل فوق، موانعی مانند کمبود تجربه در مدیریت داده‌ها، آموزش ناکافی، رویکردهای ملی و بین‌المللی به حق مؤلف، پیچیدگی حق مالکیت معنوی و موضوعات محرمانه، ناطمینانی در مورد قوانین و حقوق از جمله موانع پیش‌روی اشتراک داده‌ها می‌باشد [۱۵ و ۲۱].

عوامل حقوقی و سیاسی

قوانین حق مؤلف، حفظ حریم خصوصی، اسرار تجاری، مسائل مربوط به امنیت ملی و حساسیت داده‌ای^۱، محرمانه بودن داده‌ها

¹ Data sensitivity

طرح شوک: الزامات و چالش‌ها

ضروری است، اما این فعالیت‌ها باید توسط مشوق‌ها و هنجارهای مناسب جوامع علمی برای پژوهشگران در اشتراک‌گذاری و دسترسی به داده‌هایشان ارائه شوند. عدم ساختار مناسب پاداش‌دهی و مکانیسم‌هایی جهت بهبود دسترسی باز و اشتراک داده‌ها احساس می‌شود [۲۷].

از جمله عوامل مهم فرهنگ رفتاری، می‌توان به مشارکت علمی، هم‌نویسندگی، مکانیسم پاداش‌دهی، کسب شهرت، استناد، رؤیت‌پذیری و فرهنگ‌سازی در راستای بهبود نظام اشتراک‌گذاری داده‌های پژوهشی اشاره کرد [۷، ۲۰، ۳۱-۳۰]. مکانیسم‌های پاداش‌دهی و مشوق‌ها می‌تواند به شکل‌های مختلفی مطرح و به پژوهشگران ارائه شود. شکل‌های مختلف تقدیر و تشکر شامل فرصت‌های همکاری و مشارکت علمی بیشتر، هم‌نویسندگی در انتشارات، تقدیر و تشکر رسمی، شهرت و استناد صحیح، بازگشت سرمایه و اجازه قانونی جهت استفاده از داده‌ها می‌باشد و لازم است اقدام مناسبی در راستای پذیرش آن به عنوان یک هنجار و عرف معمول در جامعه علمی و پژوهشی صورت پذیرد. از همین‌رو، ارائه چهارچوب سیاسی و حقوقی رسمی برای دسترسی‌پذیری عمومی داده‌ها با ارائه مشوق‌ها و هنجارهای مناسب رفتاری فرهنگی جوامع علمی برای پژوهشگران جهت اشتراک‌گذاری و دسترسی به داده‌های پژوهشی نقش مهمی دارد. با این وجود، کمبود ساختار مناسب پاداش‌دهی و مکانیسم‌هایی جهت بهبود دسترسی باز و اشتراک‌گذاری داده‌ها جهت ترویج این فعالیت همچنان احساس می‌شود [۲۷].

نتیجه‌گیری

دسترسی آزاد طی سال‌های اخیر توسط کشورهای مختلف با سیاست‌های خاص آنها اجرا شده است اما به صورت جهانی طرح شوک، برای اولین بار است که کشورهای بیشتری را به منظور اجرای اهداف خود در ائتلافی تحت عنوان ائتلاف اس گرد هم آورده است. در این طرح، هدف دسترسی به یافته‌های پژوهشی به خصوص پژوهش‌هایی است که از طریق منابع عمومی حمایت مالی می‌شوند.

چنین به نظر می‌رسد که در راستای اجرای طرح شوک و با توجه به تأکید حامیان پژوهش‌ها بر دسترسی به یافته‌ها پژوهشی و داده‌های مرتبط با آنها، نیاز است اقدامات و مسائل متعددی

سیاست‌های اطلاعاتی، دستورالعمل‌های سازمانی و مقررات و الزامات قراردادهای ملی و بین‌المللی از جمله مسائلی هستند که بر شرایط دسترسی و اشتراک‌گذاری داده‌ها تأثیر می‌گذارند [۲۷ و ۲۸].

در اصول اخلاقی و انتشاراتی برخی از رشته‌ها بر مباحث مربوط به دستکاری فریبکاری و سوءاستفاده از داده‌ها بیشتر تأکید شده است تا اشتراک‌گذاری آنها. برای مثال، در اصول انجمن روانشناسی آمریکا یا اصول پزشکی که در کمیته اخلاق در پزشکی مطرح شده است هر چند بر جمع‌آوری داده‌ها به صورت اصولی و قانونی تأکید دارند اما مسأله اشتراک‌گذاری داده‌ها به عنوان یک اصل حقوقی دیده نشده و نیاز است که این اصول اخلاقی در رشته‌های علمی مختلف مدنظر قرار بگیرند [۲۵]. بنابراین، حتی در صورت آمادگی پژوهشگران در اشتراک‌گذاری داده‌های پژوهشی، مسائل حقوقی و سیاسی حل نشده در این حوزه، به عنوان مانعی در اشتراک‌گذاری داده‌ها عمل می‌کند.

مالکیت و حق استفاده شامل همه داده‌ها می‌شود در حالی که موضوعات حریم خصوصی شامل داده‌های فردی است. نااطمینانی در مورد مسائل حقوقی مانعی در اشتراک داده‌ها می‌باشد. این مسئله زمانی بیشتر جلب توجه می‌کند که پژوهش‌ها با داده‌های حساس مانند داده‌های فردی سروکار داشته باشند [۱۴]. مالکیت داده‌ها در جوامع علمی موضوع مهمی است که بسیار مورد توجه قرار گرفته است و هر سازمان و کشوری سیاست‌های خاص خود را در این راستا دارد. برای مثال، هنوز به درستی مشخص نیست که در حوزه پزشکی، مالکیت داده‌های پزشکی با بیماران، پزشکان و بیمارستان‌ها و مراکز تحقیقاتی است. علاوه بر این، رضایت آگاهانه از بیماران و در جریان قرار گرفتن آنها در استفاده مجدد از داده‌ها یکی از شروط اشتراک‌گذاری داده‌ها می‌باشد که به صورت مکرر این موضوع در کمیته‌های اخلاقی مورد توجه قرار گرفته است [۲۹].

عوامل رفتاری و فرهنگی

عوامل رفتاری و فرهنگی، شامل ساختار پاداش‌دهی مناسب یک مؤلفه ضروری برای بهبود دسترسی و اشتراک‌گذاری داده‌های علمی است. پاداش‌دهی مناسب مؤلفه اصلی در ترویج و دسترسی به پژوهش‌ها می‌باشد. اگرچه چهارچوب سیاسی و حقوقی رسمی برای دسترسی‌پذیر ساختن عمومی داده‌ها

مدنظر قرار گیرد و شرایط لازم برای تسهیل و اجرای آن فراهم شود. اما آنچه تاکنون در خصوص اجرای این طرح و اقدامات مرتبط با آن انجام گرفته است، بیشتر بر نحوه دسترسی به یافته‌ها و برونده‌های پژوهشی حاصل از آنهاست که بیشتر بر مسائل مالی آنها تأکید داشته است تا سایر مسائلی که بتوان به صورت نهادی به بهبود دسترسی آزاد به پژوهش‌های علمی اشاره کرد. بررسی‌ها نیز نشان می‌دهد که در راستای اجرایی شدن این طرح، پژوهش جامعی انجام نشده است تا مشخص شود این طرح چه ابعادی دارد و از چه زوایایی بیشتر به آن پرداخته شده است. اما بررسی‌های اولیه نشان از تضاد منافع ناشران نشریات علمی و سازمان‌های حامی پژوهش‌ها دارد.

در این میان، مسئله اصلی در دسترسی آزاد به برونده‌های پژوهشی، مزیت اقتصادی حاصل از آن برای ناشرانی است که نشریات متنوعی را تحت پوشش خود دارند و طبیعتاً منافع اقتصادی خود را در نظر می‌گیرند. از همین‌رو است که چالش‌هایی که در راستای اجرای طرح شوک وجود دارد، بیشتر بر مسائل مالی و حق اشتراک آنها اشاره دارد. انتشار برونده‌های پژوهشی در نشریات هیبریدی راهکاری است که طی سال‌های اخیر توسط ناشران بزرگ دنیا در قالب دسترسی آزاد به نشریات علمی در نظر گرفته شده است. این نوع از انتشار طی سال‌های اخیر رشد زیادی داشته‌اند. طرح شوک با وجود اینکه می‌تواند طلسم انتشار مجلات اشتراکی را بشکند به شدت با مجلات هیبریدی مخالف است و آن را فریبی از سوی ناشران و گریز آنها از دسترسی دادن به مجلات می‌داند. در این نوع از مجلات، نویسندگان می‌توانند تصمیم بگیرند که مقالاتشان را در آن به صورت دسترسی آزاد منتشر کنند که در این صورت با پرداخت «هزینه پردازش مقاله» توسط مؤلف همراه خواهد بود و مقاله نیز به صورت رایگان در دسترس خوانندگان قرار خواهد گرفت و یا اینکه نویسنده مقاله در قبال انتشار مقاله هزینه‌ای پرداخت نمی‌کند و خوانندگان مقاله برای خواندن آن باید حق اشتراک بپردازند [۳۲].

از دیگر راهکارهای ارائه شده، ایجاد مجلات موازی است که عمرانی به نقل از کوچران آن را چنین تعریف می‌کند «مجلات موازی مجلات علمی جدیدی هستند که مجلات موجود را تنها با هدف رسیدن به دسترسی آزاد کامل با دو شکل در دسترس قرار می‌دهند. این مجلات می‌توانند در دو بخش با یک خط

مشی و یک هیأت تحریریه منتشر شوند، یکی با حق اشتراک و دیگری دسترسی آزاد کامل. نویسندگان، مقاله‌های خود را از طریق یک سامانه مشترک برای داوری ارائه می‌دهند. پس از پذیرش، نویسنده می‌تواند انتخاب کند مقاله را در عنوان اصلی (مجله دورگه) یا در بخش دسترسی آزاد کامل منتشر کند». اما آنچه که به نظر می‌رسد اینکه این مجلات نیز چیزی جز همان مجلات دورگه نیستند و در تحریم ائتلاف اس خواهند بود [۳۳]. با وجود تحریم و مخالفت طرح شوک با نشریات هیبریدی و موازی به منظور اجرایی کردن اهداف خود، باید در جستجوی راهکاری جایگزین بود. از دیگر راهکارهایی که برای برون رفت از این مشکل ارائه شده است، موافقت‌نامه‌های تحول‌آفرین است. این موافقت‌نامه‌ها، قرارداد بین مشتریان مانند کتابخانه و ناشر را مورد بازبینی قرار داده به طوری که مدل اشتراک را به مدل دسترسی آزاد تغییر می‌دهند. اما اجرای این مقررات و بررسی زوایای آن نیازمند تبادل نظر میان ذینفعان است و این موضوع به ناشران و جامعه علمی فرصتی برای نیل به توافقاتی برای اجرای طرح شوک فراهم می‌کند. از همین‌رو، به نظر می‌رسد به منظور پذیرش و اجرایی شدن جهانی طرح شوک، لازم است حامیان بیشتری به این ائتلاف اضافه شوند و ناشران نیز به منظور عدم دریافت حق اشتراک و انتشار مجلات و مقالات تحت فشار بیشتری قرار بگیرند. دسترسی آزاد به یافته‌های علمی و به تبع آن داده‌های پژوهشی حاصل از آنها، نیازمند الزاماتی است که در نظر گرفتن و اجرای آنها توسط ذینفعان نقش کلیدی در اجرای موفقیت‌آمیز این جنبش و به طور مشخص طرح شوک دارد.

با وجود اقدامات انجام شده و مسائل پیش‌روی آن، طرح شوک از ابعاد دیگری نیز می‌تواند مورد واکاوی قرار گیرد. یکی از مسائلی که در راستای اجرای این طرح می‌تواند برای کشور ما و سایر کشورهای شبیه مورد توجه قرار بگیرد، اینکه برای پژوهشگران ایرانی که سالیانه بیش از ۵۰ هزار مقاله در نشریات مختلف منتشر می‌کنند، چه اتفاقی پیش خواهد آمد؟ برای پاسخ به این سؤال و نگرانی حاصل از آن باید توجه داشت که با توجه به رشد انتشار مقالات علمی بین‌المللی ایرانیان در نشریات معتبر جهانی در دو دهه اخیر، مسئولان و سیاستگذاران پژوهشی کشور، ضمن رصد این طرح و ابعاد مختلف آن، به منظور تداوم حرکت شتابان علمی کشور می‌باید برنامه‌ریزی نموده تا مسائل

[۳]. محمدامین قانع‌ی راد (۱۳۸۴). جامعه‌شناسی رشد و افول علم در ایران. تهران: مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور.

[4]. Anderson, B. J., & Merry, A. F. (2009). Data sharing for pharmacokinetic studies. *Pediatric Anesthesia*, 19(10), 1005-1010.

[5]. Kim, Y. (2013). Institutional and Individual Influences on Scientists' Data Sharing Behaviors [PhD Thesis], Graduate School of Syracuse University.

[۶]. مهدی زاهدی نوقایی؛ محمد زره ساز (۱۳۸۹). نقش و جایگاه مخازن سازمانی در اشاعه و دسترس پذیر کردن اطلاعات در جامعه علمی. فصلنامه کتابداری و اطلاع‌رسانی، (۴۹)، ۲۲۷-۲۴۹.

[۷]. احمد شعبانی؛ پیمان صالحی، علی اکبر صبوری؛ جواد فیض؛ بابک کریمی و دیگران (۱۳۹۹). دیدگاه‌ها درباره نشر یافته‌های تحقیقاتی در نشریات علمی، نشریه نشاء علم، جلد ۱۱، ۲۷-۲.

[8]. Pampel, H., & Dallmeier-Tiessen, S. (2014). Open Research Data: From Vision to Practice. In S. Bartling, S. Friesike (Eds.), *Opening Science: The Evolving Guide on How the Internet is Changing Research, Collaboration and Scholarly Publishing* (pp. 213-224). Cham: Springer International Publishing.

[9]. Berlin Declaration on Access to Knowledge in the Sciences and Humanities (2003), Retrieved December 22, 2004 from the World Wide Web: <http://www.zim.mpg.de/openaccess-berlin/>

[10]. Tenopir, C., Dalton, E. D., Allard, S., Frame, M., Pjesivac, I., Birch, B., Pollock, D., & Dorsett, K. (2015). Changes in Data Sharing and Data Reuse Practices and Perceptions among Scientists Worldwide. *PLoS ONE*, 10(8), e0134826.

[11]. Plan S principles (2018). cOAlition S. 26 February 2021. Retrieved 26 February 2021 from: https://www.coalition-s.org/plan_s_principles/

[12]. Kelly, E. (2020). European Research Council's rejection of open access scheme 'a slap in the face', says Plan S architect. *Science Business*, 23 July. Available at: <https://sciencebusiness.net/news/european-research-councils-rejection-open-access-scheme-slap-face-says-plan-s-architect>

[13]. Sayogo, D. S., & Pardo, T. A. (2013). Exploring the determinants of scientific data sharing: Understanding the motivation to publish research data. *Government Information Quarterly*, 30, S19-S31.

[14]. Fecher, B., Friesike, S., & Hebing, M. (2015). What drives academic data sharing? *PLoS ONE*, 10(2), e0118053.

[15]. Michener, W. K. (2015). Ecological data sharing. *Ecological informatics*, 29(1), 33-44.

[16]. Swan, Alma and Brown, Sheridan (2008) To share or not to share: Publication and quality assurance of research data outputs. A report commissioned by the Research Information Network s.n.

[17]. Ward, C. H., Warren, J. A., & Hanisch, R. J. (2014). Making materials science and engineering

و مشکلاتی که پیش‌روی پژوهشگران است با محدودیت کمتری روبرو گردد. با توجه به اینکه برای حق اشتراک استفاده از نشریات ناشران معتبر، هزینه‌هایی از سوی دانشگاه‌ها پرداخت می‌شود، به نظر می‌رسد ضروری است که با ادامه روند طرح شوک، اعتبار مربوط به پرداخت حق اشتراک نشریات به‌عنوان بخشی از هزینه انتشار مقالات، در اختیار محققان قرار بگیرد. از طرفی دیگر با توجه به اینکه هزینه انتشار مقالات بیشتر از آزادسازی مبلغ حق اشتراک نشریات است، لازم است برای کمک به پژوهشگران در راستای توسعه علمی کشور و تداوم روند انتشار مقالات آنها، به منظور جلوگیری از خلل احتمالی در انجام فعالیت‌های آنها شایسته است که سرمایه‌گذاری شود.

از دیگر مسائل مورد توجه اینکه دریافت چند هزار دلار برای نشر یک مقاله، بر کیفیت علم چه تأثیری می‌گذارد و اینکه آیا نظرات داوران و سردبیران نشریات به دریافت هزینه انتشار مقالات بستگی ندارد؟ این مسئله نیز از ابعادی می‌تواند مورد توجه باشد. هر چند دریافت وجه، به خصوص خارج از عرف و در رقابت، می‌تواند با خطاهایی از جمله کاهش کیفیت و سبک کردن فرآیند داوری مقالات همراه شود، اما انتظار می‌رود که رقابت در کسب اعتبار و شهرت علمی بیشتر، در اولویت بالاتری نسبت به کسب درآمد از مقالات باشد. بدون شک، پژوهشگران به دنبال انتشار مقالات خود در نشریات دارای اعتبار بالاتر هستند و لذا اگر ناشرانی فرآیند داوری خود را به خاطر کسب درآمد بیشتر سبک کنند، از اعتبار علمی خود خواهند کاست و به دنبال آن نویسندگان برتر جهان را از دست خواهند داد. در مجموع به نظر می‌رسد که ناشران مشهور و معتبر کنونی، فرآیند داوری را به منظور دفاع از اعتبار و حیثیت خود و جذب نویسندگان و مقالات علمی می‌باید جدی بگیرند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از آقای سید ابراهیم عمرانی برای مطالعه متن و بیان نظرات مفید قدردانی نمایند.

منابع و مؤخذ

[۱]. منوچهر محسنی (۱۳۹۴). مبانی جامعه‌شناسی علم: جامعه، علم و تکنولوژی. تهران: طهوری.

[2]. Merton, R. k. (1977). *the sociology of science in Europe*. Carbondale: southern Ilion is university Press.

- [25]. Stanley, B., & Stanley, M. (1988). Data sharing: The primary researcher's perspective. *Law and Human Behavior*, 12(2), 173-180.
- [26]. Postle, B. R., Shapiro, L. A., & Biesanz, J. C. (2002). On having one's data shared. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(6), 838-840.
- [27]. Arzberger, P., Schroeder, P., Beaulieu, A., Bowker, G., Casey, K., Laaksonen, L., Moorman, D., Uhler, P., & Wouters, P. (2004). Promoting access to public research data for scientific, economic, and social development. *Data Science Journal*, 3, 135-152.
- [28]. Zimmerman, A. (2007). Not by metadata alone: the use of diverse forms of knowledge to locate data for reuse. *International Journal on Digital Libraries*, 7(1-2), 5-16.
- [29]. van Panhuis, W. G., Paul, P., Emerson, C., Grefenstette, J., Wilder, R., Herbst, A. J., Heymann, D., & Burke, D. S. (2014). A systematic review of barriers to data sharing in public health. *BMC Public Health*, 14(1), 1-9.
- [۳۰]. تکتم ظهوریان ابوترابی؛ علی اکبر صبوری (۱۳۹۷). اصول نویسندگی مقالات علمی: بیانیه و نکات. نشریه نشاء علم، جلد ۷، ۸۸-۸۲.
- [۳۱]. علی اکبر صبوری (۱۳۹۹). چند ضرورت مهم برای پیشرفت علم در ایران. نشریه نشاء علم، جلد ۱۱، ۴۶-۳۷.
- [۳۲]. سید ابراهیم عمرانی (۱۳۹۷). علم نباید پشت دیوار های پرداخت حق اشتراک محبوس بماند/ اخباری از دسترسی آزاد رادیکال. سخن هفته لیزنا، شماره ۱۷، ۴۲۲ دی ۱۳۹۷.
- [۳۳]. سید ابراهیم عمرانی (۱۳۹۷). مجلات موازی؛ راه حلی برای نشر علمی یا ترفندی جدید از سوی ناشران تجاری. سخن هفته لیزنا، شماره ۲۴، ۴۲۳ دیماه ۱۳۹۷.
- data more valuable research products. *Integrating Materials and Manufacturing Innovation*, 3(1), 1-17.
- [18]. Fennema-Notestine C. (2009). Enabling Public Data Sharing: Encouraging Scientific Discovery and Education. In: Astakhov V. (eds) *Biomedical Informatics. Methods in Molecular Biology™* (Methods and Protocols), vol 569. Humana Press, Totowa, NJ. 25-32.
- [19]. Kim, Y., & Zhang, P. (2015). Understanding data sharing behaviors of STEM researchers: The roles of attitudes, norms, and data repositories. *Library & Information Science Research*, 37(3), 189-200.
- [20]. Federer, L. M., Lu, Y.-L., Joubert, D. J., Welsh, J., & Brandys, B. (2015). Biomedical data sharing and reuse: attitudes and practices of clinical and scientific research staff. *PLoS ONE*, 10(6), e0129506.
- [21]. Kervin, K., Cook, R. B., & Michener, W. K. (2014). The Backstage Work of Data Sharing. Paper presented at the Proceedings of the 18th International Conference on Supporting Group Work, Sanibel Island, Florida, USA, doi: 152-156, 10.1145/2660398.2660406
- [22]. Kim, Y., & Adler, M. (2015). Social scientists' data sharing behaviors: Investigating the roles of individual motivations, institutional pressures, and data repositories. *International Journal of Information Management*, 35(4), 408-418.
- [23]. Kim, Y., & Burns, C. S. (2016). Norms of data sharing in biological sciences: The roles of metadata, data repository, and journal and funding requirements. *Journal of Information Science*, 42(2), 230-245.
- [24]. Kim, Y., & Stanton, J. M. (2012). Institutional and Individual Influences on Scientists' Data Sharing Practices. *Journal of Computational Science Education*, 3(1), 47-56.

مروری بر تاریخچه فعالیت شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی کشور

محمد صادق علیائی^{۱*}

چکیده

این مقاله تاریخچه ایجاد شبکه‌های آزمایشگاه‌های تحقیقاتی و پیامدهای شکل‌گیری آنها را بر مراکز آموزش عالی ایران بررسی می‌کند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد برای حمایت از استقرار شبکه‌های آزمایشگاه‌های تحقیقاتی به مدیریت پایدارتری نیاز داریم. شبکه‌های آزمایشگاهی که در حال حاضر در کشور فعال هستند نیز به‌طور کلی خدمات‌گرا هستند. ایجاد آزمایشگاه‌های به اصطلاح ملی در کشور می‌باید نسبت به سایر کشورها پیشرفت نماید. با توجه به گسترش مراکز آموزش عالی و افزایش تعداد محققان، حضور فعال شبکه‌های آزمایشگاه‌های تحقیقاتی یکی از اولویت‌های اصلی و یکی از ضروریات مهم کشور است.

واژگان کلیدی: شبکه آزمایشگاهی، آزمایشگاه ملی، شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی، تاریخچه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی

* عهده‌دار مکاتبات: استادیار، تلفن: ۰۲۱۸۲۲۳۳۵۴۲، نشانی الکترونیکی: m-oliaei@msrt.ir

^۱ حوزه معاونت پژوهشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

مقدمه

از آنجایی که پژوهش به‌عنوان اساسی‌ترین نیاز هر جامعه‌ای برای رسیدن به پیشرفت و توسعه شناخته می‌شود، قدرت هر کشوری نیز مبتنی بر پژوهش‌های مستدل، دقیق و تولید علم می‌باشد. از این رو مدل و سطح فعالیت‌های پژوهشی یکی از شاخص‌های اصلی توسعه و پیشرفت به‌شمار می‌رود و موفقیت یک کشور در تمام فعالیت‌های مربوط به توسعه، به گونه‌ای به‌گسترش فعالیت‌های پژوهشی بستگی دارد. بنابراین درک صحیح مفاهیم و استفاده از توان آزمایشگاهی براساس عملکرد و توانایی آن می‌تواند در ارتقاء و جایگاه پژوهش و فناوری در کشور کمک کند. موضوع مهم ایجاد آزمایشگاه‌های ملی مجهز به تجهیزات دارای فناوری بالا و همچنین شبکه‌سازی آزمایشگاه‌ها از اوایل سال ۱۳۸۱ برنامه‌ریزی صورت گرفته است و نیز از محل اعتبارات بند «ش» تبصره ۲۹ قانون بودجه سال ۱۳۷۹ در این خصوص بودجه‌ای اختصاص یافته است ولی تاکنون آن‌طور اقدام ملموسی در این خصوص انجام نشده است [۱]. بعد از تغییر و تحولات در حوزه ستادی وزارت عتف نیز این موضوع متغی گردید. بنابراین همیشه موضوع ایجاد آزمایشگاه‌های ملی و شبکه آزمایشگاهی در ایران با توجه به تجربه سه دهه نگارنده این مقاله در حوزه امور آزمایشگاه‌های وزارت عتف، با فراز و فرودها مواجه بوده است. لذا در این بررسی ضمن توجه به تاریخچه شکل‌گیری شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی کشور، چالش‌های پیش‌روی این شبکه‌ها نیز مورد بحث قرار خواهد گرفت. از این‌رو انتظار می‌رود مسئولین و مدیران، این موضوع مهم را در اولویت برنامه‌های کاری خود قرار دهند. به دلیل اهمیت نقش تجهیزات آزمایشگاهی در توسعه علمی کشور نیازمند تجهیزات پیشرفته، آزمایشگاه‌های یکپارچه و توانمند و کارشناسان متخصص هستیم. تنها راه دستیابی به این اهداف مهم، حمایت از تشکیلات شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی

در کشور و همچنین الگوی آزمایشگاه‌های علمی ایران (شاعا)، به دلیل موفقیت‌های که در بخش‌های مختلف از جمله ایجاد آزمایشگاه مرکزی داشته، می‌تواند کمک شایانی برای تحقق این موضوع باشد.

مفاهیم آزمایشگاه و شبکه آزمایشگاهی

دوران سیرد ساله علم نوین به ما نشان داده است که واژه‌ها و مفاهیم نقش بی‌بدیلی در پیشرفت و توسعه داشته‌اند و واژه پژوهش برای وزارتخانه‌ها و مراکزی که در حوزه پژوهش فعالیت دارند، نقش محوری خواهد داشت [۲]. بنابراین درک درست واژه‌ها و اصطلاحات علمی، در واقع کلیدی است که اگر در اختیار پژوهشگر باشد به خوبی می‌تواند درب‌های ناگشوده معانی مورد نظر نوشتاری و گفتاری مربوط به آن دانش و فن را بگشاید و حقایق مورد نظر را به روشنی دریابد [۳]. آزمایشگاه‌ها نیز از حیث کارکرد، متفاوت بوده که می‌باید در کاربرد آن دقت نظر کافی اعمال گردد. به‌عنوان مثال یک آزمایشگاه فیزیک ممکن است حاوی شتاب‌دهنده ذرات یا محفظه خلاء باشد، در حالی که یک آزمایشگاه متالورژی می‌تواند دستگاه‌هایی برای ریخته‌گری یا تصفیه فلزات و یا آزمایش قدرت آنها باشد. یک شیمیدان یا زیست‌شناس ممکن است از یک آزمایشگاه مرطوب برای انجام آزمایشات خود استفاده کند، در حالی که آزمایشگاه یک روانشناس ممکن است اتاقی با آینه-های یک طرفه و دوربین مخفی باشد، که در آن مطالعه رفتاری صورت می‌گیرد. همچنین آزمایشگاه‌هایی که توسط دانشمندان کامپیوتر استفاده می‌شود از کامپیوترها (گاهی اوقات از ابررایانه-ها) برای شبیه‌سازی یا تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده می‌نمایند. سایر دانشمندان رشته‌های مختلف نیز از انواع دیگر آزمایشگاه‌ها استفاده می‌کنند. مهندسان از آزمایشگاه‌ها برای طراحی، ساخت و آزمایش دستگاه‌های فن‌آوری نیز بهره می‌برند. برخی از تعاریف و مفاهیمی که در جامعه برای آزمایشگاه‌ها و شبکه‌ها به کار برده می‌شود، در جدول شماره ۱ مورد اشاره شده است.

مروری بر تاریخچه فعالیت شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی کشور

جدول ۱: تعاریف و مفاهیم آزمایشگاه و شبکه

نام	عنوان تحقیق	تعریف و مفاهیم
گودرزی و قربانی (۱۳۹۸)	نگاهی به آزمایشگاه-های موجود در دانشکده‌های مدیریت جهان	اصطلاح آزمایشگاه دارای یک پیش‌زمینه زبانی چندوجهی است و آزمایشگاه مکانی است که توسط متخصصان به منظور انجام آزمایش برای تحقیق و فرآیند علمی استفاده می‌شود. آزمایشگاه شیمی، فیزیک، پزشکی، ژنتیک و غیره از این دسته هستند. در فرهنگ زبان وبستر آزمایشگاه به‌عنوان مکانی تعریف شده که برای مطالعه تجربی در علوم و یا برای آزمایش و تحلیل مجهز شده است [۴].
دکتر معین	فرهنگ لغت معین	آزمایشگاه عبارت است از محلی مجهز به وسایل لازم برای انجام تجارب علمی به وسیله متخصصان و دانشجویان یا به عبارت دیگر محل آزمایش و محل تجربه کردن است [۵].
نظام‌نامه شبکه شاعا (۱۳۸۹)	آزمایشگاه مرجع	آزمایشگاهی که نمونه‌هایی برای آزمون از آزمایشگاه‌های دیگر دریافت می‌کند که معمولاً به آزمون‌های بسیار تخصصی و پیچیده نیاز دارند و این آزمون‌ها در آزمایشگاه‌های استاندارد و معتمد قابل انجام نیست [۶].
نظام‌نامه شبکه شاعا (۱۳۸۹)	آزمایشگاه استاندارد	آزمایشگاهی که در آن آزمایش‌ها در چارچوب استانداردهای تعریف شده توسط یک مرجع معتبر انجام می‌شود [۶].
نظام‌نامه شبکه شاعا (۱۳۸۹)	آزمایشگاه معتمد	آزمایشگاهی که انجام آزمایش‌های معینی را برای سازمانی مشخص بر اساس استانداردهایی که برای آن تعیین می‌کند، انجام می‌دهد [۶].
نظام‌نامه شبکه شاعا (۱۳۸۹)	آزمایشگاه‌های پژوهشی	آزمایشگاه‌هایی هستند که در آنها آزمایش‌های مرتبط با یک طرح یا پروژه پژوهشی انجام می‌شود [۶].
نظام‌نامه شبکه شاعا (۱۳۸۹)	آزمایشگاه‌های آموزشی و پژوهشی	آزمایشگاه‌های که به‌واسطه قابلیت تجهیزاتی و همچنین تخصص متخصصین آن، همزمان می‌توانند فعالیت آموزشی و پژوهشی داشته باشند [۶].
نظام‌نامه شبکه شاعا (۱۳۸۹)	آزمایشگاه‌های آموزشی	آزمایشگاه‌هایی که در آنها از دانشجویان، پژوهشگران، فن‌ورزان یا کارورزان با نحوه به‌کارگیری تجهیزات خاص یا مشاهد پدیده‌ها و مطالعه آنها تعلیم داده می‌شوند [۶].
نظام‌نامه شبکه شاعا (۱۳۸۹)	آزمایشگاه بین‌المللی	آزمایشگاه‌های که توسط چند کشور به صورت مشترک ایجاد شود یا خدمات آنها فقط در داخل یک کشور محدود نمی‌شود. آزمایشگاه‌هایی که براساس توافق اتحادیه‌های مختلف مانند اپک، اکو و یا کشورهای اسلامی ایجاد می‌شود یا در کشورهای مختلف خدمات می‌دهند و شهرت جهانی دارند از این نوع می‌باشند [۶].
نظام‌نامه شبکه شاعا (۱۳۸۹)	آزمایشگاه ملی	آزمایشگاه‌های مأموریت‌گرایی که خدمات آن در سطح ملی قابل ارائه بوده و به دلیل پیچیدگی یا گران بودن آن، یک یا دو مورد از آنها در کشور وجود دارد [۶].
نظام‌نامه شبکه شاعا (۱۳۸۹)	آزمایشگاه منطقه‌ای	آزمایشگاه‌های که خدمات آن در سطح یک منطقه مشخص و متشکل از چند استان کشور قابل ارائه می‌باشد. وجود حداقل یک آزمایشگاه در هر منطقه ضروری است [۶].
نظام‌نامه شبکه شاعا (۱۳۸۹)	آزمایشگاه استانی	آزمایشگاه‌های که معمولاً یکی از آنها در هر استان وجود دارد و خدمات آن در سطح همان استان ارائه می‌شود [۶].
نظام‌نامه شبکه شاعا (۱۳۸۹)	آزمایشگاه سازمانی	آزمایشگاه‌های که خدمات آن در سطح سازمانی قابل ارائه می‌باشد [۶].
عمید	فرهنگ لغت عمید	آزمایشگاه عبارت است جایی که در آن آزمایش‌های علمی و فنی به‌عمل آورند و ادوات آزمایش در آنجا فراهم باشد [۷].
نظام‌نامه شبکه شاعا (۱۳۸۹)	آزمایشگاه علمی	به مجموعه‌ای از سخت‌افزارها، نرم‌افزارها، منابع انسانی متخصص و دستورالعمل‌های مرتبط اطلاق می‌شود که در فضای کالبدی متناسب و برای انجام آزمایش‌های علمی و تحقیقاتی ایجاد و سازماندهی شده‌اند [۶].
نظام‌نامه شبکه شاعا (۱۳۸۹)	شبکه آزمایشگاهی	به مجموعه‌ای از آزمایشگاه‌های علمی متعامل اطلاق می‌شود که در قلمروهای مختلف جغرافیایی به‌صورت مستقل یا وابسته به دانشگاه‌ها، واحدهای پژوهشی، دستگاه‌های اجرایی و بخش خصوصی و عمومی به‌صورت فیزیکی یا الکترونیکی، روابط و تعاملات دوسویه خود را با حقوق و تکلیف معین برقرار می‌کنند [۶].

تاریخچه شکل‌گیری شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در دنیا

شبکه آزمایشگاهی تحقیقاتی که توانست در دنیای علم تحولاتی به‌وجود آورد، شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی بل بود، که از اوایل سده بیستم به‌عنوان یکی از مراکز اصلی تحولات فناوری محسوب می‌شوند. با انجام تحقیقات و مطالعات فراتر از زمینه کاری خود یعنی تلفن، در حوزه‌های دیگری نیز منشاء تحولات مهمی بوده‌اند. دانشمندان این آزمایشگاه‌ها از تلفن گرفته تا رادار و کامپیوتر، در ساخت مهم‌ترین اختراعات قرن بیستم نقش داشته و عملکرد شگفت‌انگیز آنها موجب گردید تا در مسیر تبدیل شدن به بزرگ‌ترین آزمایشگاه‌های تحقیقات صنعتی جهان قرار گیرند.

شبکه آزمایشگاه‌های بل در جنگ جهانی دوم، سیستم‌های ارتشی متنوعی را اختراع و یا توسعه داده‌اند که از این دست

می‌توان رادیوی دوطرفه یا بی‌سیم، ماسوره‌ی جنگی خودکار، ابزارهای نیمه‌هادی، رادار، سونار، کامپیوترها، بازو کا و اولین سیستم‌های ارتباطی رمزگذاری شده را نام برد. این سیستم در طول جنگ جهانی دوم به فرانکلین روزولت، رئیس جمهور وقت آمریکا و وینستون چرچیل، نخست‌وزیر بریتانیا، امکان برقراری مکالمات تلفنی منظم از یک طرف اقیانوس اطلس به آن طرف را داد. ایالات متحده با بنیانگذاری آزمایشگاه‌های بل توانسته امروزه سرنوشت مخابرات را در کل جهان تغییر دهد که از جمله می‌توان به تلفن‌های همراه اشاره کرد که محصول این آزمایشگاه می‌باشند [۸]. امروزه شبکه مراکز پژوهشی، تحقیقاتی و آزمایشگاهی مقتدر، نقش مهمی در تولید علم و خلق فناوری در جهان دارند. در جدول ۲ به چند نمونه از این شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی و ملی مهم و ماموریت‌گرا که در پیشرفت حوزه علوم، تحقیقات و فناوری در دنیا مؤثر بوده‌اند، می‌توان اشاره کرد.

جدول ۲: معرفی تعدادی از شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی و ملی ماموریت‌گرا و هدفمند در دنیا

عنوان آزمایشگاه	کشور	تعداد کارکنان	بودجه سالانه	مساحت	زمینه فعالیت
آزمایشگاه ملی آرگون	آمریکا	۲۹۰۰ نفر	۷۵۰ میلیون دلار در سال ۲۰۱۷	۶/۹ کیلومتر مربع	انرژی، علوم زیستی، محیط زیست و فوتونیک [۹]
آزمایشگاه ملی فرمی	آمریکا		۳۴۵ میلیون دلار در سال ۲۰۱۵	-	فیزیک شتاب دهنده‌ها [۱۰]
آزمایشگاه ملی آیداهو	آمریکا	۸۴۵۲ نفر	۱ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۰	۲۳۱۰ کیلومتر مربع	انرژی هسته‌ای، امنیت ملی، انرژی و محیط زیست [۱۱]
آزمایشگاه ملی اوک ریج	آمریکا	۴۶۰۰ نفر	۱/۶۵ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۲	۱۴۰ کیلومتر مربع	چند برنامه‌ای [۱۲]
آزمایشگاه ملی بروکاون	آمریکا	۳۰۰۰ نفر	بودجه بیشتر از ۷۰۰ میلیون دلار در سال ۲۰۱۳	۲۱ کیلومتر مربع	فیزیک اتمی و شیمی، فیزیک مواد، بیولوژی و محیط زیست [۱۳]
آزمایشگاه ملی سندیا	آمریکا	۷۴۵۰ نفر	۲/۴ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۷	۳۵/۲۰ کیلومتر مربع	امنیت ملی و علوم هسته‌ای [۱۴]
آزمایشگاه ملی فیزیک	بریتانیا	۷۵۰ نفر	۲۵ میلیون پوند در سال ۲۰۱۳	-	فیزیک کاربردی و متروالوژی [۱۵]
آزمایشگاه ملی شیمی	هند	۲۰۰ نفر (دکتر)	-	-	علوم شیمی [۱۶]

مروری بر تاریخچه فعالیت شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی کشور

آزمایشگاه رانباکسی	هند	۱۰۴۳۵ نفر	درآمد سالیانه ۱/۷ میلیارد دلار آمریکا	-	زمینه تولید و عرضه انواع داروهای صناعی [۱۷]
مؤسسه مشترک تحقیقات هسته‌ای دوبنا مسکو	با ۱۸ کشور به صورت مشترک می باشد	۵۵۰۰ نفر که ۱۰۰۰ نفر آن‌ها دارای دکترا	-	-	در زمینه علوم هسته‌ای دارای ۷ آزمایشگاه تحقیقاتی در گرایش‌های مختلف فیزیک [۱۸].
مؤسسه فناوری هاربین (HIT) دارای ۷ آزمایشگاه‌های کلید دولتی و ۳ آزمایشگاه ملی مهندسی است	چین	تیم تحقیقاتی بیش از ۲۹۰۰ استاد و محقق	بودجه در سال ۲۰۱۹ ۷/۴۷ میلیارد یوان (حدود ۱/۰۷ میلیارد دلار آمریکا)	-	در زمینه جوشکاری پیشرفته، محیط زیست، منابع آب شهری رباتیک در سه پردیس مختلف [۱۹].
آژانس کاوش‌های هوافضای ژاپن، جاکسا (JAXA) (از تلفیق مؤسسه علوم فضایی و فضانوردی (ISAS)، آزمایشگاه هوافضای ملی ژاپن (NAL) و آژانس توسعه فضایی ملی ژاپن (NASDA) تشکیل شده است)	ژاپن (در جزیره تانیگاوشیما در استان کاگویشیما)	-	در سال ۲۰۱۹ بودجه تحقیقاتی ۴۰ میلیارد یون (معادل ۳۵۲ میلیون دلار آمریکا)	-	زمینه فعالیت تحقیق، توسعه فن آوری و راه‌اندازی ماهواره در مدار و همچنین در بسیاری از مأموریت‌های پیشرفته‌تر، مانند اکتشاف سیارک و احتمال مشارکت در اکتشاف‌های سرنشین‌دار ماه درگیر است. یک آزمایشگاه فضایی به نام «کیبو» نیز در فضا مستقر کرده است [۲۰].

جدول ۳: پیشینه‌ی تحقیق

عنوان تحقیق	نتایج تحقیق
شیوه نوین ساماندهی آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های تحقیقاتی کشور	نتایج تحقیق نشان می‌دهد که اگر مدیریت درست و پایدار با ثبات در حوزه آزمایشگاه‌ها برقرار باشد، می‌تواند در جهت توسعه علمی کشور کمک مؤثری نماید [۲۱].
شبکه آزمایشگاه‌های ملی تحقیقات کشور در علوم پایه	چنانکه سازماندهی امکانات تحقیقات آزمایشگاهی و تجربی می‌تواند ایجاد پیوند میان منابع و مهارت‌های دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی، اعم از دانشگاهی و صنعتی و نیز انجام پژوهش‌های فرابخشی و میان رشته‌ای در کشور کمک کند [۲۲].
بررسی چالش‌های نظام مدیریت امور آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های دانشگاه‌ها و مراکز پژوهش و فناوری وزارت علوم تحقیقات و فناوری	درک درست از مفاهیم و کارکرد آزمایشگاه و اداره کردن آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌ها با یک مدیریت علمی و توانمند می‌تواند به توسعه علمی کشور کمک موثر بنماید و دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی را در این امر مهم و ارتقاء سطح علمی دانشگاه را فراهم سازد [۲۳].
شامتک پزشکی (شبکه آزمایشگاه‌های ملی تحقیقاتی گروه پزشکی کشور)	هدف از ایجاد شبکه آزمایشگاهی در حوزه پزشکی استفاده بهینه از امکانات موجود آزمایشگاه‌ها بر حسب مأموریتی که برای آنها تعریف شده است می‌باشد. ۹ کمیته در حوزه‌های مختلف آزمایشگاهی در این شبکه تعریف گردیده است [۲۴].
شامتک موضوعی	یکی از شیوه‌های رایج در ساماندهی آزمایشگاهی ایجاد شامتک‌های موضوعی می‌باشد که با این شیوه می‌توان براساس مفاهیم و کاربرد آنها آزمایشگاه‌های مأموریت‌گرا و هدفمند برای آنها تعریف کرد و از آنها در جهت توسعه علمی کشور استفاده کرد [۲۵].
تحلیل و درک مفاهیم آزمایشگاه‌های تحقیقاتی	علی‌رغم سابقه قدمت طولانی مراکز آموزش عالی در کشور، متأسفانه هنوز تعریف درستی از مفاهیم و واژه آزمایشگاه و شبکه‌ها در جای خودش به‌کار برده نشده و منجر به مشکلاتی در حوزه آزمایشگاهی شده است، این مسئله موجب آسیب‌های جدی در توسعه و رشد آزمایشگاه‌ها در کشور گردیده که نیازمند بازنگری در تعاریف و کاربرد این شبکه‌ها و آزمایشگاه‌ها ضروری به نظر می‌رسد [۲۶].

مطالعات و شکل‌گیری شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در کشور

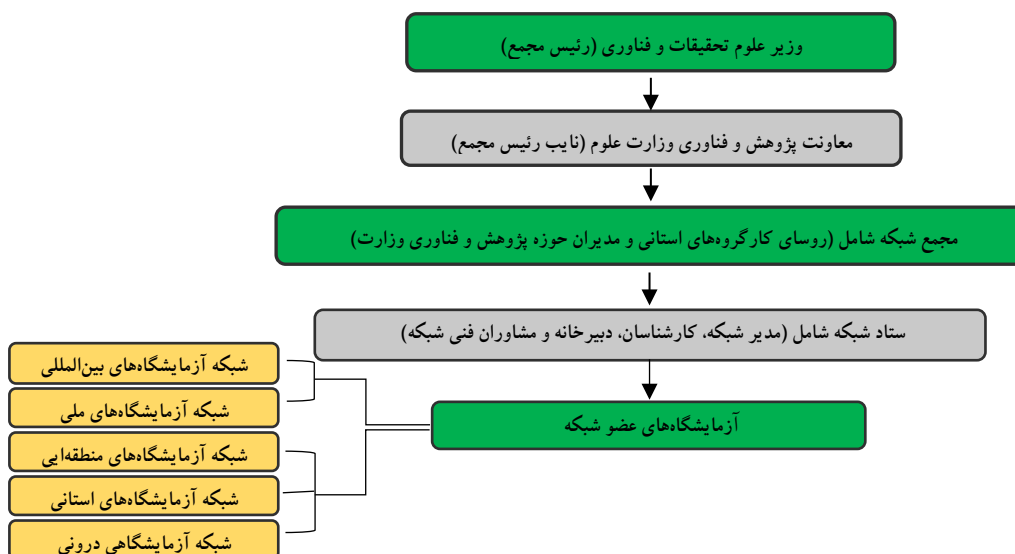
از زمان تأسیس دانشگاه جندی شاپور به‌عنوان یکی از باستانی‌ترین دانشگاه‌های جهان تا به امروز که بیش از پانزده قرن می‌گذرد، دانشگاه‌ها سیر تحول و تکامل پرفراز و نشیبی را طی کرده‌اند. در هر دوره‌ای از تاریخ، نهادهای علمی با وجود تفاوت در الگوهای فعالیت، در یک اصل مشترک بودند و آن کمک به برطرف کردن نیازهای جامعه با تولید دانش کاربردی و اعمال آن در عرصه عمل بوده است [۴]. همین‌طور آزمایشگاه‌ها نیز نقش بی‌بدیلی در توسعه علوم تجربی و کاربردی در دنیای علم داشته‌اند. در این نوشتار به چند مورد از شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی و ملی که در کشور ایجاد شده است اشاره می‌گردد.

الف. در سال ۱۳۷۶ اولین طرح و برنامه شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در دویست و سی و نهمین جلسه شورای پژوهش‌های علمی کشور مطرح گردید و سه شامتک تأسیس و نه تایی دیگر تصویب شدند که هرگز فرصتی برای تأسیس نه مورد باقیمانده بدست نیامد و شورای پژوهش‌های علمی نیز بعدها منحل گردید [۱]. به دلیل انحلال شورای پژوهش‌های علمی کشور، پیگیری و فعالیت شبکه نیز متوقف گردید و تجهیزات خریداری شده از محل این اعتبار نه تنها در خدمت اهداف طرح مورد نظر به‌کارگرفته نشد، بلکه دانشگاه‌های مجری طرح از فرصت

بدست آمده استفاده کردند و تجهیزات خریداری شده از محل ردیف بودجه مربوطه را در آزمایشگاه‌های خود نگهداری و در جهت برنامه پیش‌بینی شده به کار نگرفتند.

ب. معاونت پژوهشی وزارت عتف در ادامه مسیر شورای پژوهش‌های علمی کشور، در اوایل سال ۱۳۸۲ با ایجاد شامتک-های موضوعی موافقت کرد و در چند رشته، تفاهم‌نامه‌هایی بین دانشگاه‌های استان‌های شمالی، زنجان، تهران، شهید بهشتی، تبریز و استان‌های غربی برای شامتک موضوعی کشاورزی، روانشناسی، شیمی و فوتونیک به امضاء رسید.

ج. در سال‌های آتی در جهت تداوم شامتک‌های موضوعی، شبکه آزمایشگاه‌های علمی ایران یا به اصطلاح شاعا شکل گرفت و الگوی مفهومی و ساختاری این شبکه مطابق شکل شماره ۱ ترسیم گردید و سپس در سال ۱۳۸۹ نظام‌نامه آن در وزارت عتف تصویب و توسط وزیر وقت وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در اوایل مهرماه سال مذکور جهت اجرا به تمام دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی و فناوری ابلاغ گردید [۶]. برای فاز عملیات اجرای این شبکه حدود ۲۴ برنامه بر اساس نقشه جامع علمی و همچنین برنامه‌های پنج ساله کشور در جهت پیشرفت و توسعه دانش در کشور به شرح شکل ۲ پیش‌بینی گردید [۲۷].



شکل ۱: الگوی مفهومی و اجرایی شبکه آزمایشگاه‌های علمی ایران (شاعا)



شکل ۲: برنامه‌های اجرایی و مدیریتی شبکه آزمایشگاه‌های علمی ایران (شاعا) [۲۷]

۲. امکان دسترسی آسان کلیه متخصصین و پژوهشگران کشور به توانمندی‌های آزمایشگاهی؛
۳. توسعه همگام زیرساخت آزمایشگاهی به موازات توسعه فناوری نانو در کشور؛
۴. حمایت از ساخت دستگاه‌ها آزمایشگاهی مرتبط با نانو در کشور؛
۵. توسعه همکاری‌های بین‌المللی در زمینه زیرساخت‌های آزمایشگاهی فناوری نانو.

هـ) شکل‌گیری شبکه آزمایشگاه‌های فناوری‌های راهبردی ایران

- بر حسب دستور معاونت علمی و فناوری رئیس‌جمهور، با هدف هم‌افزایی توانمندی‌های آزمایشگاهی کشور در فناوری‌های پیشرفته و راهبردی تشکیل و فعالیت خود را در ابتدای تیرماه سال ۱۳۹۳ آغاز و با اهداف زیر را دنبال می‌کند [۲۹]:
۱. بهبود کیفی و افزایش کمی خدمات آزمایشگاهی در حوزه‌های فناوری راهبردی؛

د. پس از انتشار سند ملی نانوفناوری در سال ۱۳۸۲ در کشور توسط معاونت پژوهشی وزارت علوم، با پیگیری دفتر فناوری-های رئیس‌جمهور، یک ستاد ویژه برای پیشبرد علوم و فناوری نانو در کشور تشکیل گردید. جلسه مقدماتی با حضور رئیس‌جمهور وقت، معاون اول وی و چند تن از وزراء برگزار شد. علی‌رغم استدلال‌های انجام گرفته توسط معاونت پژوهشی وقت وزارت عتف و نوبا بودن این زمینه علمی چه از حیث بنیادی بودن و چه از حیث فناوری در دنیا و ایران، می‌بایست دبیرخانه ستاد به وزارت علوم تعلق می‌گرفت، ولی بر اساس تأکید ریاست جمهوری وقت، این دبیرخانه در اختیار ریاست جمهوری قرار گرفت و به این ترتیب شبکه نانو از وزارت علوم به ریاست جمهوری انتقال یافت [۱]. پس از آن شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو در ابتدای سال ۱۳۸۳ با اهداف زیر تشکیل گردید [۲۸].

۱. ایجاد بستری مناسب برای ارائه خدمات آزمایشگاهی به محققین دانشگاهی و صنعتی و استفاده بهتر از ظرفیت‌های آزمایشگاهی کشور؛

مروری بر تاریخچه فعالیت شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی کشور

قرارداد با مراکز مختلف علمی و تحقیقاتی در سطح کشور ایجاد گردید [۳۱].

ح) شبکه آزمایشگاه‌های سازمان استاندارد تحت عنوان شبکه ملی آزمایشگاهی کشور (شماک)

این شبکه نیز در راستای تأمین نیاز آزمایشگاهی سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی در یکصد و هشتمین جلسه شورای عالی استاندارد در سال ۱۳۹۴ تصویب شده ولی تاکنون این شبکه به فاز عملیاتی نرسیده است [۳۲].

ط) شکل‌گیری شبکه آزمایشگاه‌های وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی- شبکه ملی آزمایشگاهی سازمان غذا و دارو (lms)

شبکه کشوری آزمایشگاهی بر اساس آیین‌نامه مصوب ۹۲/۵/۱۵ مسئولیت بررسی و تأیید صلاحیت تأسیس و اداره امور آزمایشگاه‌های همکار، مجاز و مجاز تولیدی را عهده‌دار می‌باشد و وظایف آن شامل: کنترل مواد اولیه و فرآورده‌های خوردنی، آشامیدنی، آرایشی و بهداشتی، دارویی، مکمل، طبیعی، سنتی، بیولوژیک، تجهیزات و ملزومات پزشکی و دارویی، وسایل تشخیصی آزمایشگاه پزشکی، خدمات آزمایشگاهی کنترل محیطی، خدمات غیر از انجام آزمون شامل تهیه و ساخت نمونه‌های مهارت آزمایی و استاندارد ثانویه، آموزش روش‌های آزمایشگاهی، صدور گواهی GLP، کالیبراسیون و تأیید صلاحیت تجهیزات آزمایشگاهی و پزشکی را برعهده دارد. ضمناً طبق چارت سازمانی بخش بررسی و صدور پروانه‌ها، بازرسی و نظارت، دریافت SOP و رفع اشکالات ارزیابی عملکرد (نمونه مجهول) و امور آزمایشگاه معاونت‌های غذا و دارو برعهده دارد و پرسنل آن دارای مدارک دکتری تخصصی، دکتری داروسازی، کارشناسی ارشد و کارشناسی می‌باشند [۳۳].

۲. تسهیل در دسترسی پژوهشگران و صنایع کشور به خدمات آزمایشگاهی؛

۳. جمع‌آوری اطلاعات جامع در مورد تعداد و نوع تجهیزات آزمایشگاهی و پراکندگی آن در سطح کشور (با هدف نیازسنجی صحیح برای توسعه توان آزمایشگاهی کشور)؛

۴. ارتقای دانش فنی کارشناسان آزمایشگاه‌ها از طریق آموزش و به اشتراک‌گذاری تجارب؛

۵. استانداردسازی فعالیت‌های آزمایشگاهی و ارائه خدمات با نتایج قابل اعتماد؛

۶. کمک به تکمیل توانمندی‌های آزمایشگاهی مراکز عضو در راستای نیازهای کشور؛

و) شکل‌گیری شبکه آزمایشگاه‌های دانشگاه آزاد (ساها)

در سال ۱۳۹۷ با هدف استفاده بهینه از ظرفیت‌های موجود در واحدهای دانشگاهی و همچنین تأمین بخشی از هزینه‌های جاری دانشگاه از طریق تجاری‌سازی در بخش آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌ها، تعامل با شبکه‌های آزمایشگاهی دولتی و بخش خصوصی، تأسیس آزمایشگاه‌های ملی و تنظیم نظام تعرفه خدمات آزمایشگاهی و کارگاهی تشکیل گردید [۳۰].

ز) شبکه آزمایشگاه‌های دانشگاه پیام‌نور (شاپنا)

سامانه جامع آزمایشگاه‌های دانشگاه پیام‌نور در سال ۱۳۹۲ با سه هدف شامل: ۱- مشتری‌مداری ۲- عملکرد آزمایشگاه‌ها ۳- همکاری و هماهنگی بین آزمایشگاهی همچنین در جهت استفاده هرچه بهتر و بیشتر از تجهیزات، خدمات و نیروی انسانی علمی و فنی مجرب، نظم و انضباط، جلوگیری از هدر رفتن منابع و امکانات مالی، به روز آمدن نمودن تجهیزات و انعقاد

جدول ۴: خلاصه‌ای از شکل‌گیری و اهداف شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی و ملی در کشور

نام موسسه	عنوان آزمایشگاه/شبکه	زمینه فعالیت
وزارت علوم تحقیقات و فناوری	شبکه آزمایشگاه‌های علمی ایران (شاعا)	آغاز فعالیت از اوایل سال ۱۳۸۲ ساماندهی آزمایشگاه‌ها و تجهیزات دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی و فناوری در کشور و امکان دسترسی آسان محققین و پژوهشگران کشور به امکانات تجهیزاتی خدمات آزمایشگاهی مورد نیاز [۶]

مروری بر تاریخچه فعالیت شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی کشور

معاونت علمی ریاست جمهوری	شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی	آغاز فعالیت ابتدای تیر ماه سال ۱۳۹۳ استفاده از توانمندی‌های آزمایشگاهی کشور در حوزه فناوری‌های پیشرفته و راهبردی [۲۹]
دانشگاه پیام نور	شبکه آزمایشگاه‌های پیام نور (شاپنا)	آغاز فعالیت در سال ۱۳۹۲ با اهداف: ۱- مشتری‌مداری ۲- عملکرد آزمایشگاه‌ها ۳- همکاری و هماهنگی بین آزمایشگاهی [۳۱]
دانشگاه آزاد اسلامی	سامانه آزمایشگاه‌های آزاد همکار(سها)	در سال جهت ۱۳۹۷ با هدف ارائه خدمات آزمایشگاهی به دانشگاه آزاد، محققین در سطح کشور و همچنین درآمدزایی [۳۰]
پیام نور	آزمایشگاه ملی	آغاز فعالیت سال ۱۳۹۸ براساس مصاحبه رئیس وقت دانشگاه با خبرگزاری ایرانا ولی از برنامه‌ها، عملکرد و جانمایی آن مطلبی پیدا نکردید [۳۴]
دانشگاه امیر کبیر	آزمایشگاه ملی سازه	از تاریخ آغاز فعالیت آن اطلاعاتی در دست نیست ولی هدف از ایجاد این آزمایشگاه بالا بردن سطح کیفی مهندسی عمران در کشور و به‌عنوان بازوی اجرایی قطب علمی به‌سازی کشور در مساحت ۶۰۰ متر مربع بنا در ساختمان شماره ۲ زیرزمین منفی ۲ و با دو نفر کادر و تقریباً با تعداد چند قلم تجهیزات آغاز به فعالیت کرده است [۳۵].
وزارت عتف، وزارت بهداشت و معاونت علمی ریاست جمهوری	آزمایشگاه ملی نقشه برداری مغز	آزمایشگاه ملی نقشه‌برداری مغز در سال ۱۳۹۴ به منظور پاسخگویی به بخشی از نیازهای پژوهشی و فناوری کشور در زمینه ی ایجاد زیرساخت تصویربرداری و تحریک مغزی برای تحقیقات شناختی و ارائه خدمات دانش بنیان و روزآمد در حوزه علوم و فناوری‌های شناختی تأسیس شده است [۳۶].
معاونت علمی ریاست جمهوری	شبکه آزمایشگاه‌های فناوری نانو	در ابتدای سال ۱۳۸۳ با هدف ایجاد بستری مناسب برای ارائه خدمات آزمایشگاهی به محققین دانشگاهی، صنعت و استفاده بهتر از ظرفیت‌های آزمایشگاهی کشور در حوزه نانو تشکیل گردید [۲۸].
دانشگاه آزاد اسلامی	آزمایشگاه ملی	در واحد تهران شمال دانشگاه آزاد در حال تجهیز و راه‌اندازی بوده است ولی هنوز اطلاعاتی از فعالیت آن در دست نیست [۳۷].
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی - سازمان غذا و دارو	شبکه ملی آزمایشگاهی سازمان غذا و دارو (Lims)	شبکه ملی آزمایشگاهی سازمان غذا و دارو در سال ۱۳۹۲ جهت کنترل مواد اولیه و فرآورده‌های خورندنی، آشامیدنی، آرایشی و بهداشتی، دارویی، مکمل، طبیعی، سنتی، بیولوژیک، تجهیزات و ملزومات پزشکی و دارویی، وسایل تشخیصی آزمایشگاه پزشکی، خدمات آزمایشگاهی کنترل محیطی، خدمات غیر از انجام آزمون شامل تهیه و ساخت نمونه‌های مهارت آزمایی و استاندارد ثانویه، آموزش روش‌های آزمایشگاهی، صدور گواهی GLP، کالیبراسیون و تأیید صلاحیت تجهیزات آزمایشگاهی و پزشکی تشکیل گردید [۳۳]
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی - اداره کل آزمایشگاه‌های مرجع سلامت وزارت بهداشت	شبکه تشخیص مولکولی بهداشت	دامنه خدمات و فعالیت‌های شبکه آزمایشگاهی بهداشت مشتمل بر خدمات آزمایشگاهی است که شامل خدمات آزمایشگاهی، پشتیبانی برنامه‌ها و بسته‌های خدمت، خدمات آزمایشگاهی بیماران (سطح یک) و آمادگی برای بحران‌ها، فوریت‌ها و بلایا به‌ویژه همه‌گیری‌ها. هنوز این شبکه آزمایشگاهی عملیاتی نگردیده است [۳۸]
وزارت عتف	شبکه توسعه استانی پژوهش و فناوری (شتاپ)	دامنه فعالیت این شبکه در سطح استان‌های کشور می‌باشد و با هدف تشکیل آزمایشگاه‌های تحقیقاتی مشترک و شبکه‌های تحقیقاتی مشترک در سطح استان‌ها بر اساس ظرفیت‌های استانی. این طرح توسط نگارنده تهیه و در اسفند ماه سال ۱۳۹۹ و همچنین در اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۰ به دفتر معاونت پژوهش و فناوری وزارت عتف ارائه شده و در حال بررسی در معاونت پژوهش و فناوری می‌باشد [۳۹]

سخن آخر

یکی از مهمترین ابزارهای که می‌تواند در پیشرفت و توسعه علمی کشور کمک مؤثری باشد، وجود امکانات آزمایشگاهی و تجهیزات تحقیقاتی پیشرفته است. در سده‌های اخیر بیشتر دستاوردهای پژوهشی و فناوری که در دنیا حاصل گشت، مرهون وجود آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های تحقیقاتی بوده است. بنابراین آزمایشگاه‌ها به‌عنوان یکی از مهمترین ابزارهای علمی برای دانشمندان به حساب می‌آید که در پیشرفت‌های علمی و صنعتی دنیا نقش ممتازی داشته و گاهی با انجام تحقیقات شگفت‌انگیز موجب جهش‌های مهم علم و فناوری و تغییر سرنوشت جنگ‌ها و نحوه تعامل جامعه انسانی و سبک زندگی آنها شده‌اند. تجربه نگارنده این مقاله در امور آزمایشگاهی کشور به‌عنوان ناظر، نشان داده است که تجهیزات خریداری شده به صورت بهینه مورد استفاده محققان قرار نگرفته است. می‌باید با خرید دستگاه، کارشناس تخصصی آن را تعلیم داد و دستگاه را در یک شبکه‌ای که مورد پشتیبانی قرار گیرد قرار داد که آن می‌تواند شبکه آزمایشگاه‌های کشور باشد. موضوع مهم این است که اداره مطلوب آزمایشگاه‌ها نیاز به سیاست‌گذاری صحیح و سرمایه‌گذاری ملی برای نگهداری، خدمات و توسعه آنهاست.

منابع و مؤاخذ

- [۱۳]. وبگاه آزمایشگاه ملی بروکاون www.bnl.gov
- [۱۴]. وبگاه آزمایشگاه ملی سندیا www.sandia.gov
- [۱۵]. وبگاه آزمایشگاه ملی فیزیک www.npl.co.uk
- [۱۶]. وبگاه آزمایشگاهی ملی شیمی هند www.ncl-india.org
- [۱۷]. وبگاه آزمایشگاه رانباکسی هند www.ranbaxy.com
- [۱۸]. وبگاه موسسه مشترک تحقیقات هسته ای دوبنا مسکو www.jinr.ru
- [۱۹]. وبگاه موسسه فناوری هاربین چین www.en.hit.edu.cn
- [۲۰]. وامی، مریم السادات (۱۳۹۸) معرفی اژانس کاوش های هوا فضای ژاپن. www.ari.ac.ir و وبگاه www.iranhavafaza.com
- [۲۱]. علیانی، محمد صادق (۱۳۹۵)، شیوه نوین ساماندهی آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های تحقیقاتی کشور (مطالعه موردی آزمایشگاه ها و کارگاه‌های وزارت عتف)، فصلنامه رویکرد نوین آزمایشگاهی، سال اول شماره ۴
- [۲۲]. اخکان، سعیده (۱۳۸۱)، شبکه آزمایشگاه‌های ملی تحقیقات کشور در علوم پایه. مجله رهیافت شماره ۲۷ بهار ۱۳۸۱
- [۲۳]. حاجی‌زاده اقدم و آقابابائی، نفیسه و علیانی، محمد صادق (۱۳۹۸)، بررسی چالش‌های نظام مدیریت امور آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های دانشگاه‌ها و مراکز پژوهش و فناوری وزارت علوم تحقیقات و فناوری، فصل نامه رویکرد نوین آزمایشگاهی، شماره ۴ سال ۱۳۹۸
- [۲۴]. عزیزی، فریدون و عینی، الهه (۱۳۸۲)، شامتک پزشکی (شبکه آزمایشگاه‌های ملی تحقیقاتی گروه پزشکی کشور). مجله رهیافت شماره ۳۰ تابستان ۱۳۸۲
- [۲۵]. علیانی، محمد صادق و رحمانی، مژده (۱۳۸۶) شامتک موضوعی. مجله رهیافت، شماره ۴۱ پاییز و زمستان ۱۳۸۶
- [۲۶]. چالش مفاهیم یا واژه‌گزینی درست در آزمایشگاه‌های علمی کشور. نشریه خبری شماره ۳ انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران اسفند ماه ۱۳۹۹
- [۲۷]. وبگاه شبکه شاعا shaa.msrt.ir
- [۲۸]. وبگاه شبکه نانو. nanolab.ir
- [۲۹]. وبگاه شبکه آزمایشگاه‌های فناوری راهبردی labsnet.ir
- [۳۰]. وبگاه شبکه ساها (دانشگاه آزاد اسلامی). saha.iau.ir
- [۳۱]. وبگاه شبکه شاپنا دانشگاه پیام نور. shapna.pnu.ac.ir
- [۳۲]. به نقل از خانم دکتر قبادی دانا معاون پژوهشگاه استاندارد
- [۳۳]. وبگاه سازمان غذا دارو www.fda.gov.ir
- [۳۴]. خبرگزاری ایرنا ۱۷ فروردین ۱۳۹۸، ۱۵:۲۷ کد خبر (83266659) (رئیس پیام نور)
- [۳۵]. وبگاه آزمایشگاه ملی سازه امیر کبیر. civl.aut.ac.ir
- [۱]. منصوری، رضا (۱۳۹۲) چهار سال در وزارت عتف
- [۲]. منصوری، رضا (۱۳۹۳)، ایران من جلد چهارم، معماری علم در ایران ویراست دوم
- [۳]. علی تبار، رمضان (۱۳۸۶)، ترمولوژی و اصطلاح نامه تحقیق و پژوهش. مجله معارف شماره ۴۶ خرداد ماه سال ۱۳۸۶.
- [۴]. گودرزی، کیومرث و قربانی، محمد حسین (۱۳۹۸)، نگاهی به آزمایشگاه‌های موجود در دانشکده‌های مدیریت جهان. فصلنامه علم و فناوری، دوره ۹ شماره ۳ پاییز ۱۳۹۸
- [۵]. فرهنگ لغت معین
- [۶]. نظام‌نامه شبکه آزمایشگاه‌های علمی ایران (شاعا) مصوب ۱۳۸۹
- [۷]. فرهنگ لغت عمید
- [۸]. وظیفه، م virtualdr.ir
- [۹]. وبگاه آزمایشگاه ملی آرگون www.anl.gov
- [۱۰]. وبگاه آزمایشگاه ملی فرمی www.fnal.gov
- [۱۱]. وبگاه آزمایشگاه ملی آیداهو www.inl.gov
- [۱۲]. وبگاه آزمایشگاه ملی اوک ریج www.ornl.gov

مروری بر تاریخچه فعالیت شبکه آزمایشگاه‌های تحقیقاتی کشور

- [۳۶]. وبگاه آزمایشگاه ملی نقشه برداری مغز. nbml.ir
- [۳۷]. خبرگزاری ایلنا کد خبر 555883: ۱۶/۰۸/۱۳۹۶: ۱۴:۲۸:۵۸).
دانشگاه آزاد)
- [۳۸]. سمیعی، سیامک (۱۳۹۹)، مدیرکل آزمایشگاه‌های مرجع سلامت وزارت بهداشت. پایگاه خبری و اطلاع‌رسانی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی کد خبر ۲۱۵۴۵۸
www.behdasht.gov.ir
- * در ضمن تاکید می‌گردد این مقاله و یا بخشی از آن قبلاً در جایی به چاپ نرسیده است

انقلاب صنعتی چهارم و تغییرات بنیادین پیش‌رو

ابوالفضل کیانی بختیاری^{۱*}، علی اکبر موسوی موحدی^۲

چکیده

در سال‌های اخیر، تحولات فناورانه و نوآوری‌های پیاپی در فرایندهای ساخت و تولید، تغییرات عمیقی را در چشم‌انداز صنعتی جهان ایجاد کرده‌اند. در این میان، شاهد ظهور مفهوم انقلاب صنعتی چهارم یا صنعت ۴.۰ نیز بوده‌ایم و پژوهشگران نیز توجه فزاینده‌ای به این موضوع نشان داده‌اند. این رویکرد صنعتی جدید که از طریق درهم آمیزی فناوری‌ها بر پایه سامانه‌های فیزیکی سایبری و تحول دیجیتال ایجاد شده است، پیامدهای متحولانه‌ای را برای صنعت و اقتصاد به همراه دارد. امروز در آغاز انقلابی قرار داریم که در حال تغییر بنیادین سبک زندگی، کار و روابطمان است. این پدیده از نظر مقیاس، پوشش و پیچیدگی با هیچکدام از تجربیات گذشته بشر قابل مقایسه نیست و هنوز از درک کامل سرعت و دامنه این انقلاب جدید بسیار فاصله داریم. آنچه مسلم است می‌باید هر چه سریعتر نسبت به استفاده از آثار و تبعات مثبت و مقابله با تهدیدهای احتمالی این انقلاب صنعتی اقدامات مؤثری را به انجام رساند. مقاله پیش رو به مؤلفه‌های بنیادین انقلاب صنعتی چهارم و تغییرات نوپدید در عرصه‌های صنعت، محصولات و خدمات، مدل‌های کسب‌وکار و بازار، محیط کار و توسعه مهارت‌ها می‌پردازد و بر ضرورت آمادگی برای مواجهه با این موضوع توسعه صنعتی تأکید می‌نماید.

واژگان کلیدی: انقلاب صنعتی چهارم، صنعت ۴.۰، فناوری‌های نوپدید، اقتصاد دیجیتال، کسب‌وکارهای اساسی

* عهده‌دار مکاتبات، عضو هیات علمی، تلفن: ۰۲۱۲۲۰۴۳۰۰۰، دورنگار: ۰۲۱۲۲۰۴۳۰۰۱، پست الکترونیکی: Kiani@imi.ir

۱. سازمان مدیریت صنعتی

۲. استاد مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک، دانشگاه تهران

تاریخچه

صنعتی چهارم نیست، بلکه با اوج گرفتن و بلوغ صنعت ۴.۰، صنعت، انقلاب چهارم را تجربه خواهد کرد.

در سال‌های گذشته، چشم‌انداز صنعتی جهان تغییرات عمیقی کرده است. این تغییرات عمیق نتیجه تحولات فناورانه و نوآوری‌های پیاپی هستند. صنعت ۴.۰ را می‌توان، با رعایت جوانب احتیاط، با سه انقلاب صنعتی قرن‌های گذشته مقایسه کرد. این سه انقلاب نمایانگر تغییرات تحول‌آفرین مهم حوزه تولید بودند و ریشه در پیشرفت‌های فناورانه متعددی داشتند که در آن سال‌ها رخ داده بودند [۵].

اولین انقلاب صنعتی در صنعت نساجی بریتانیا در اواسط قرن ۱۸، به واسطه مکانیزه کردن ریسندگی و بافندگی شکل گرفت. طی ۱۰۰ سال بعد از آن، این انقلاب به تحول دیگر صنایع موجود منجر شد و صنایع بسیار بیشتری را به وجود آورد، از ابزارهای ماشینی گرفته تا تولید فولاد، موتور بخار و راه‌آهن‌ها. فناوری‌های جدید به تغییراتی در همکاری و رقابت منجر شد که در نتیجه سبب خلق نظام‌های کاملاً جدید تولید، تبادل و توزیع شد و بخش‌های مختلف، از کشاورزی گرفته تا تولید و از مخابرات گرفته تا حمل‌ونقل، را متحول کرد. در واقع، چگونگی استفاده کنونی ما از کلمه «صنعتی» چنان محدود است که نمی‌تواند دربرگیرنده وسعت انقلاب باشد. گرچه نخستین انقلاب صنعتی در گسترش استعمارگری و تخریب محیط‌زیست نقش داشت، در ثروتمندتر کردن کشورهای صنعتی موفق بود. قبل از سال ۱۷۵۰، حتی ثروتمندترین کشورها (بریتانیا، فرانسه، پروس، هلند، مستعمره‌های آمریکای شمالی) سالانه به‌طور میانگین فقط حدود ۰/۲ درصد رشد داشتند که حتی همین مقدار هم ناپایدار بود. نابرابری از امروز بیشتر بود و سرانه درآمد در سطحی بود که اکنون فقر مفرط در نظر می‌گیریم. تا سال ۱۸۵۰، به لطف تأثیرات فناوری‌ها، میزان رشد سالانه در همین کشورها ۲ تا ۳ درصد افزایش یافت و سرانه درآمد به‌طور یکنواخت ارتقاء یافت.

انقلاب صنعتی دوم در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم با بهره‌گیری از اختراع برق و خط مونتاز، تولید انبوه را میسر کرد. در بازه بین سال‌های ۱۸۷۰ و ۱۹۳۰، موجی تازه از فناوری‌های درهم‌تنیده رشد و فرصت‌هایی نتیجه داد که از اولین انقلاب

اصطلاح انقلاب صنعتی چهارم یا «صنعت ۴.۰» اولین بار در ماه نوامبر سال ۲۰۱۱ میلادی توسط کلاوس شواب^۱، رئیس مجمع جهانی اقتصاد، در اجلاس مجمع جهانی اقتصاد در شهر هانور کشور آلمان مطرح شد و این رویکرد نوظهور در مقاله‌ای تحت عنوان انقلاب صنعتی چهارم توسط شواب به چاپ رسید [۱]. این مقاله از دستاوردهای طرحی ابتکاری بود که راهبرد دولت آلمان را در قبال فناوری‌های برتر در سال ۲۰۲۰ مشخص می‌کرد [۲]. این مفهوم بر مبنای مفاهیم و دیدگاه‌هایی شکل گرفته است که طی سال‌ها پدید آمده‌اند [۳، ۴].

به باور شواب، جهان در آستانه یک نقطه عطف انقلاب فناورانه قرار دارد؛ انقلابی که شیوه زندگی و کار را به شکل اساسی دگرگون خواهد کرد. این دگرگونی از نظر اندازه، دامنه و پیچیدگی از آنچه تاکنون رخ داده است متفاوت می‌باشد. شواب خود در این باره چنین می‌گوید:

انقلاب صنعتی چهارم می‌تواند بشریت را به روباتی تبدیل کند و از این‌رو، مفاهیم کار، اجتماع، خانواده و هویت را به‌خطر اندازد. از طرفی هم می‌توان از انقلاب صنعتی چهارم به این منظور استفاده کرد که بر اساس حس مشترک سرنوشت، انسان به موجودی با بصیرت جمعی و اخلاقی جدید ترفیع یابد. تک‌تک ما موظفیم مطمئن شویم که مورد دوم اتفاق می‌افتد [۱].

انقلاب صنعتی چهارم تنها ادامه انقلاب صنعتی سوم نیست بلکه بسیار بزرگ‌تر و پیچیده‌تر از آن است، در چهارچوب این انقلاب است که سطوح فیزیکی، دیجیتالی و بیولوژیکی به همگرایی می‌رسند.

واژه «انقلاب» دال بر تغییر رادیکال و تند است. انقلاب‌های علمی در طول تاریخ زمانی حادث شده‌اند که فناوری‌های جدید و روش‌های بدیع از درک جهان، موجب تغییر عمیق در نظام‌های اقتصادی و ساختارهای اجتماعی شده‌اند. آشکار شدن تندی این تغییرات در چهارچوب تاریخ ممکن است سال‌ها به طول بینجامد. برخی بر این باورند که صنعت ۴.۰، نقطه آغازی برای انقلاب صنعتی چهارم است. به عبارت دیگر، دنیا هنوز شاهد انقلاب

¹ Klaus Schwab

و آثار آن در همه جای جهان آشکارتر است. انقلاب صنعتی دوم، هنوز هم در ۱۷ درصد جهان با ۱/۳ میلیارد جمعیت که به برق دسترسی ندارند، تجربه نشده است. این موضوع در مورد انقلاب صنعتی سوم با نصف جمعیت دنیا با ۴ میلیارد نفر که در جهان در حال توسعه زندگی می‌کنند و به اینترنت دسترسی ندارند، نیز صادق است.

اولین انقلاب صنعتی حدود ۱۲۰ سال طول کشید که از حوزه اروپا خارج شود؛ در صورتی که اینترنت در کل جهان در کمتر از یک دهه گسترش یافت. امروز تجربه اولین درس انقلاب صنعتی هنوز نیز معتبر است؛ یعنی میزان اشتیاق جامعه در پذیرش نوآوری یا فناوری، عامل عمده محسوب می‌شود. به همین لحاظ، دولت و نهادهای عمومی و همچنین بخش خصوصی باید به سهم خود مشارکت نمایند تا شهروندان از مزایای بلندمدت برخوردار گردند. می‌توان چنین ادعا کرد که انقلاب صنعتی چهارم قدرتمندتر، مؤثرتر و از نظر تاریخی مهم‌تر از سه انقلاب صنعتی قبلی است که می‌بایست برای مواجهه با آن از میزانی از آمادگی برخوردار بود و برای آن به موقع برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و فرهنگ‌سازی نمود. چهارمین انقلاب صنعتی، که پدیده‌ای نوظهور است و اغلب از آن با عنوان «صنعت ۴.۰» یاد می‌شود، به تغییرات سریع و تحول‌آفرینی اشاره دارد که شامل تولید دیجیتال، ارتباطات شبکه‌ای، کامپیوتر، فناوری‌های اتوماسیون و سایر حوزه‌های مرتبط می‌شود [۲]. این رویکرد نوظهور صنعتی جدید مجموعه‌ای از تحولات فناورانه را در بر دارد. سامانه‌های فیزیکی سایبری، اینترنت اشیا، رباتیک، کلان‌داده، تولید ابری و واقعیت افزوده از جمله این تحولات هستند. تحولات مد نظر همزمان بر محصولات و فرایندها تأثیر می‌گذارند و ارتقای بهره‌وری و افزایش کارایی شرکت‌هایی را ممکن می‌کنند که از جمله کاربران این فناوری‌ها هستند [۵]. علاوه بر این، صنعت ۴.۰ به شکل‌گیری تغییرات عمیقی در دو بخش صنعت و تولید منجر می‌شود، تأثیراتی قدرتمند بر کل زنجیره‌های ارزش دارد و مجموعه‌ای از فرصت‌های جدید را برای دستیابی به مدل‌های کسب‌وکار، فناوری‌های تولید، اشتغال‌زایی و سازمان‌دهی فعالیت‌ها فراهم می‌آورد. مفهوم صنعت ۴.۰ را می‌توان رویکردی اساساً جدید دانست که جهان‌های فیزیکی و دیجیتال را به یکدیگر پیوند می‌دهد. پژوهشگران و شرکت‌ها دیدگاه‌های

صنعتی نشئت می‌گرفتند. رادیو، تلویزیون، لوازم خانگی و نور الکتریکی نشان‌دهنده توان تحول‌آفرین برق بودند. موتور درون‌سوز (احتراق داخلی) سبب شد اتومبیل‌ها، هواپیماها و در نهایت، زیست‌بوم‌های مرتبط با آنها (شامل شغل‌های تولیدی و زیرساخت بزرگراه‌ها) امکان‌پذیر شوند. پیشرفت‌هایی در شیمی صورت گرفت: در دنیا مواد جدیدی، مانند پلاستیک ترموست و فرایندهای جدیدی، همچون فرایند هابر-بوش و سنتز آمونیاک، به دست آمد، که راه را برای ایجاد کودهای نیتروژنی ارزان، «انقلاب سبز» دهه ۱۹۵۰ و افزایش چشمگیر در جمعیت بشر هموار ساخت. از بهداشت گرفته تا سفرهای هوایی بین‌المللی، دومین انقلاب صنعتی طلایه‌دار دنیای مدرن شد.

سومین انقلاب صنعتی در دهه ۱۹۶۰ آغاز شد و معمولاً به آن انقلاب کامپیوتر یا انقلاب دیجیتال اطلاق می‌شود؛ زیرا این انقلاب از توسعه نیمه‌هادی‌ها، کامپیوترهای مین‌فریم (دهه ۱۹۶۰)، کامپیوترهای شخصی (دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰) و اینترنت (دهه ۱۹۹۰) حادث شد. حدود سال ۱۹۵۰، پیشرفت‌های مهمی در نظریه اطلاعات و رایانش دیجیتال (فناوری‌های در قلب سومین انقلاب صنعتی) اتفاق افتاد. همانند دوره‌های پیشین، سومین انقلاب صنعتی به دلیل وجود فناوری‌های دیجیتال نبود، بلکه در نتیجه تغییر ساختار اقتصادی و نظام‌های اجتماعی از طریق این فناوری‌ها بود. توانایی ذخیره‌سازی، پردازش و انتقال اطلاعات به شکل دیجیتال تقریباً همه صنایع را دگرگون کرد و به‌طور چشمگیری زندگی‌های کاری و اجتماعی میلیاردها نفر را تغییر داد. تأثیر تجمیعی این سه انقلاب صنعتی در واقع افزایشی فوق‌العاده در ثروت و موقعیت‌ها بود (حداقل برای مردم اقتصادهای پیشرفته) [۱].

شواهد و قرائن حاکی از آن است که امروز ما در شروع انقلاب صنعتی چهارم هستیم که در شروع این قرن و در بستر انقلاب دیجیتال آغاز شده است. این انقلاب مبتنی بر اینترنت موبایل، سنسورهای (حساسگر) خیلی قوی، ارزان، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین است. فناوری‌های دیجیتال با محوریت سخت‌افزار کامپیوتر، نرم‌افزار و شبکه‌ها تازگی ندارند؛ ولی در تمایز با انقلاب صنعتی سوم، بسیار پیچیده و یکپارچه بوده و موجب تحول جوامع و اقتصاد جهانی شده‌اند. در این انقلاب، درهم‌آمیزی فناوری‌های در حال ظهور با طیف وسیع از نوآوری‌ها نسبت به انقلاب‌های قبلی سریع‌تر و گسترده‌تر بوده

را ارتباط اینترنتی بین اشیای فیزیکی روزمره فروشگاه‌ها، مردم، سامانه‌ها و سیستم‌های فناوری اطلاعات می‌دانند؛ ارتباطی که به شکل‌گیری محیط تولید هوشمندی می‌انجامد که اغلب با عنوان کارخانه هوشمند از آن یاد می‌کنیم [۹]. هالر و همکاران اینترنت اشیا را این گونه تعریف کرده‌اند: «جهانی که اشیای فیزیکی آن به صورت بی‌وقفه به شبکه اطلاعات متصل هستند و می‌توانند به مشارکت‌کنندگان فعال فرایند کسب‌وکار تبدیل شوند. در این جهان، خدماتی برای تعامل با اشیای هوشمند از طریق اینترنت وجود دارد و می‌توان وضعیت این اشیا یا سایر اطلاعات مرتبط به آنها را، در عین رعایت جوانب امنیتی و حریم خصوصی، اعلام کرد» [۱۰].

اینترنت خدمات^۳ (IoS) مفهومی نوظهور است و فرصت‌های جدیدی را برای صنعت خدمات به ارمغان می‌آورد. این مفهوم مبنای فنی و تجاری لازم برای ایجاد شبکه‌های تجاری ارائه‌دهندگان خدمات و مشتریان را در اختیار صنعت خدمات می‌گذارد. اینترنت خدمات رویکردی را دنبال می‌کند که شبیه به رویکرد اینترنت اشیاست؛ با این تفاوت که به جای آنکه با اشیای فیزیکی سروکار داشته باشد، خدمات را هدف قرار داده است. اینترنت خدمات را می‌توان مدل کسب‌وکار جدیدی تعریف کرد که تغییراتی عمیق را در روش‌های ارائه خدمات ایجاد خواهد کرد. این مدل کسب‌وکار همه ذی‌نفعان زنجیره ارزش را که شامل سازمان، مشتریان، واسطه‌ها، تجمیع‌کنندگان و تأمین‌کنندگان هستند، به یکدیگر پیوند می‌دهد و بدین ترتیب، ارزش بیشتری ایجاد می‌کند [۲، ۱۱]. در محیط‌های صنعتی و زنجیره‌های ارزش، تکثیر اینترنت اشیا فرصت‌های زیادی را برای کاربران، تولیدکنندگان و شرکت‌ها فراهم می‌آورد و تأثیرات قابل‌توجهی بر حوزه‌های مختلف، از جمله اتوماسیون، تولید صنعتی، لجستیک، فرایندهای کسب‌وکار، مدیریت فرایند و حمل‌ونقل، دارد [۱۲، ۱۳]. اصطلاح اینترنت اشیا صنعتی^۴ (IIoT) با هدف تبیین کاربرد اینترنت اشیا در صنعت ابداع شده است. منظور از این اصطلاح استفاده از فناوری‌های تحول‌آفرین، از جمله حسگرها، عملگرهای مکانیکی، سامانه‌های کنترل، سامانه‌های ارتباطی دستگاه به دستگاه، تحلیلگرهای داده و

متفاوتی درباره مفهوم و چشم‌اندازهای صنعت ۴.۰ دارند. با وجود این، شاهد شکل‌گیری نوعی اجماع نظر بر جنبه‌های اصلی این مفهوم هستیم؛ جنبه‌هایی که بر چشم‌انداز جدید حوزه تولید اثر می‌گذارند [۶] مانند (۱) کارخانه هوشمند، (۲) محصولات هوشمند، (۳) مدل‌های کسب‌وکار و (۴) مشتریان.

اصطلاح «هوشمند»^۱ به تدریج در حال تبدیل شدن به عنصر محوری چارچوب صنعت ۴.۰ است. این در حالی است که هنوز هیچ تعریف دقیقی برای این مفهوم ارائه نشده است. البته، یکی از تعاریف احتمالی که می‌توان برای مفهوم فوق ارائه کرد و با چشم‌انداز بسیاری از پژوهشگران نیز همخوانی دارد مبتنی بر دستگاه‌های مستقل و خودکاری است که ارتباط لحظه‌ای و همکاری با سایر دستگاه‌های هوشمند در محیطی هوشمند را ممکن کرده‌اند و بدین ترتیب، به تصمیمات و اقداماتی منجر می‌شوند که مبتنی بر اطلاعات هستند [۷]. به‌رغم ماهیت پویای پژوهش روی صنعت ۴.۰، پژوهشی که مروری مبسوط و نظام‌مند روی این موضوع انجام داده باشد وجود ندارد.

اینترنت اشیا، اینترنت خدمات و اینترنت اشیا صنعت

اینترنت اشیا^۲ (IoT) اصطلاحی نوظهور است که فناوری‌ها و رویکردهای مختلف را با یکدیگر ترکیب کرده و بر مبنای ایده اتصال اشیای فیزیکی به اینترنت شکل گرفته است. با ظهور اینترنت، ارتباط متقابل کامپیوترها رنگ واقعیت به خود گرفت و تحولات فناوریانه دهه‌های اخیر نیز گسترش اینترنت و ورود آن به مرحله‌ای جدید، یعنی دنیای اشیای هوشمند، را ممکن کرده‌اند. بنابراین، چشم‌انداز اینترنت اشیا بر اشیای هوشمند مبتنی است، زیرا این پارادایم جدید به اشیایی که به صورت روزمره استفاده می‌کنیم و با آنها سروکار داریم هوش می‌بخشد و نه تنها گردآوری اطلاعات و تعامل با محیط را برایشان ممکن می‌کند بلکه، امکان پیوند متقابلشان با سایر اشیا، تبادل اطلاعات و آغاز کنش‌ها را نیز از طریق اینترنت مهیا می‌سازد [۸].

توجه فزاینده به موضوعی که اغلب از آن با عنوان یکی از محرک‌های اصلی صنعت ۴.۰ یاد می‌شود، به ظهور چشم‌اندازها و تعاریف مختلف منجر شده است. به صورت کلی، اینترنت اشیا

¹ Smart

² Internet of things

³ Internet of Services

⁴ Industrial internet of things

داده‌هایی که به‌طور مداوم به روز شده و در پایگاه داده ذخیره می‌شوند). فاز مدل‌سازی برای اعتبارسنجی طرح بسیار اهمیت دارد در حالی که فرایندها نهایتاً منجر به روش‌های پیاده‌سازی مقیاس‌پذیر و قابل‌محاسبه می‌شوند. مکانیسم بازخورد در اصل باید از ایجاد سکون داخلی جلوگیری کند و فرایندهای کسب و کار را بر اساس نتایج به دست آمده بررسی کند، به جای اینکه سعی کند تا به‌طور مداوم مدل را بدون در نظر گرفتن پاسخ‌های کسب‌وکار بهبود بخشد.

هوش مصنوعی^۲

هوش مصنوعی سیستمی است که می‌تواند یاد بگیرد که چگونه یاد بگیرد. یا به عبارت دیگر، مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها (الگوریتم‌ها) که به کامپیوترها اجازه می‌دهد تا الگوریتم‌های خود را بدون برنامه‌ریزی صریح بنویسند.

هوش مصنوعی یک موضوع میان رشته‌ای است که برای فهم نیازمند مطالعه چند زیررشته است، مانند پردازش زبان‌های طبیعی^۳، بینایی کامپیوتر^۴، اینترنت اشیا^۵ و رباتیک^۶. اگر هوش مصنوعی و بدن انسان را مشابه در نظر بگیریم، باید از یک مغز برخوردار باشد که بسیاری از وظایف را انجام می‌دهد و مسئول مواردی چون زبان (پردازش زبان‌های طبیعی)، بینش (بینایی کامپیوتر) و مواردی از این قبیل است.

زنجیره بلوکی (بلاکچین)^۷

زنجیره بلوکی (بلاکچین) یک پایگاه داده تغییرناپذیر توزیع شده امن است که توسط تمامی اجزای یک شبکه توزیع شده به اشتراک گذاشته شده است، جایی که معامله داده‌ها قابل ثبت و به‌سادگی قابل کنترل و حسابرسی است. زنجیره بلوکی به افرادی که هیچ شناختی از یکدیگر ندارند این امکان را می‌دهد تا بتوانند به سوابق ثبت شده یک موضوع اعتماد کنند. داده‌ها در ساختارهای مشخصی به نام بلوک ذخیره می‌شوند که با یکدیگر در یک زنجیره متصل هستند. (هر بلوک همچنین شامل یک مهر زمان و پیوند به بلوک قبلی از طریق هش^۸ خود

سازوکارهای امنیتی، با هدف بهبود سامانه‌های صنعتی مدرن است [۱۴].

اینترنت اشیا مرزهای جدیدی را باز کرده و به ظهور کاربردهای فراوانی منجر شده است که حول سه رکن اصلی شکل گرفته‌اند. این سه رکن عبارت‌اند از:

(۱) بهینه‌سازی فرایند

(۲) مصرف بهینه منابع

(۳) ایجاد سامانه‌های مستقل پیچیده [۱۵]. توسعه و تکثیر بیشتر تکنیک‌های اینترنت اشیا به افزایش هوشمندی، اطمینان‌پذیری و استقلال اشیا کمک می‌کند و ارائه خدمات و محصولات با ارزش افزوده را ممکن می‌سازد [۱۶].

کلان‌داده^۱

روش‌های بسیاری برای تعریف کلان‌داده ارائه شده است که دریافت مفهوم این مهم را پیچیده و دشوار می‌کند. برخی کلان‌داده را به‌عنوان مجموعه داده‌ای با مقیاس و حجم بسیار تعریف می‌کنند. به‌طور مثال، داده‌هایی با حجم بیش از یک ترابایت به تعبیری کلان داده محسوب می‌شوند (دریاسکول، ۲۰۱۰). برخی دیگر آنها را به‌عنوان مجموعه داده‌ای تعریف می‌کنند که ابزارهای تحلیل داده سنتی مانند مایکروسافت اکسل توانایی تحلیل و بررسی آنها را ندارند. اما در تعریفی معمول‌تر، کلان‌داده به داده‌هایی اطلاق می‌شود که سه شاخصه سرعت، تنوع و حجم را توانمند داشته باشند [۱۷].

مراحل استخراج و استفاده از کلان‌داده:

ابتدا باید فرایندهای کسب‌وکار شناسایی شوند، سپس چارچوب تحلیلی روش مورد استفاده شناسایی می‌شود. این دو مرحله اجرایی دارای حلقه‌های بازخورد هستند درست مانند شناسایی و تعریف چارچوب تحلیل و همچنین چگونگی ساختار مجموعه داده که نیازمند بررسی تمامی انواع داده‌ها می‌باشند، مانند داده‌های در حال سکون و یا ایستا (داده‌هایی که ساکن و بدون فعالیت در پایگاه داده حضور دارند)، داده‌های در جریان (داده‌های در جریانی که به‌طور موقت در حافظه پایگاه داده ذخیره می‌شوند) و داده‌های در حال استفاده

¹ Big Data

² Artificial Intelligence (AI)

³ Natural language processing (NLP)

⁴ computer vision

⁵ Internet of things (IOT)

⁶ Robotics

⁷Blockchain

⁸ Hash

تأثیرات صنعت ۴.۰ بر کسب‌وکارها

همانگونه که در کاربردهای صنعت چهارم و به‌ویژه اینترنت اشیا^۱ ملاحظه شد، نوآوری و تحولات فناورانه نقشی مهم در انواع مختلف سازمان‌ها ایفا می‌کند. صنعت ۴.۰ تغییرات قابل‌توجهی در محصولات و همچنین طراحی، فرایندها، عملیات و خدمات سامانه‌های تولید ایجاد می‌کند. به همین دلیل است که تحولات و پیشرفت‌های دیجیتال و افزایش پیوندهای متقابل و در هم‌تنیده چالش‌های جدیدی را پیش‌روی سازمان‌ها قرار می‌دهند. علاوه بر این، انتظار می‌رود صنعت ۴.۰ پیامدهایی نیز برای دو حوزه مدیریت و مشاغل آینده داشته باشد و به شکل‌گیری مدل‌های کسب‌وکار جدیدی منجر شود که تأثیری چشمگیر بر صنعت و بازارها دارند. همچنین، این مفهوم می‌تواند کل چرخه عمر محصول را تحت تأثیر قرار دهد، روش‌هایی جدید را برای تولید و تجارت پیش‌روی‌مان قرار دهد، ارتقای فرایندها را ممکن سازد و رقابت‌پذیری شرکت را افزایش دهد. صنعت ۴.۰ به تغییراتی عمیق در حوزه‌های مختلفی فراتر از بخش صنعت منجر خواهد شد. حوزه‌های تأثیر این چارچوب را می‌توان در شش گروه جا داد: (۱) صنعت، (۲) محصولات و خدمات، (۳) مدل‌های کسب‌وکار و بازار، (۴) اقتصاد، (۵) محیط کار و (۶) توسعه مهارت‌ها.

صنعت بخشی است که بیشترین تأثیر را از صنعت ۴.۰ می‌پذیرد. این رویکرد نوظهور صنعتی چشم‌انداز تولید جدیدی را با خود به همراه می‌آورد؛ چشم‌اندازی که تولید غیرمتمرکز و دیجیتال‌شده از ویژگی‌های بارزش است. در این چشم‌انداز، عناصر تولید می‌توانند به‌صورت مستقل خود را کنترل کنند، مجموعه‌ای از کنش‌ها را آغاز کنند و به تغییرات محیط‌شان واکنش نشان دهند [۱۸]. علاوه بر این، این پارادایم نوظهور می‌تواند محصولات و فرایندها را به‌صورت کامل در یکدیگر ادغام کند، چشم‌انداز تولید را از تولید انبوه به سفارشی‌سازی انبوه تغییر دهد و بدین ترتیب، بر پیچیدگی فرایندها و محصولات بیافزاید [۱۹]. بنابراین، فرایندها و عملیات تولید عمیقاً تحت تأثیر تحولات فناورانه و راه‌اندازی کارخانه‌های هوشمند قرار خواهند گرفت و همین مسئله انعطاف‌پذیری

(است) بلوک‌ها دارای یک سرصفحه هستند که شامل فراداده^۱ و یک محتوا است که در حقیقت داده‌های تراکنش واقعی است. از آنجا که هر بلوک به شماره قبلی متصل است، با افزایش تعداد مشارکت‌کنندگان و بلوک‌ها، اصلاح هر گونه اطلاعات بدون داشتن اجماع شبکه بسیار دشوار است. شبکه می‌تواند معامله را از طریق سازوکارهای مختلف اعتبار بخشد، اما عمده‌تاً از طریق «اثبات کار»^۲ یا «اثبات سهام»^۳ این امر محقق می‌شود. اثبات کار از شرکت‌کنندگان (یا همان «استخراج‌کنندگان»^۴) برای حل مشکلات پیچیده ریاضی برای اضافه کردن یک بلوک استفاده می‌کند، که به نوبه خود نیاز به یک تُن انرژی و ظرفیت سخت افزاری برای رمزگشایی دارد. در مقابل، اثبات سهام سعی در حل مسئله بهره‌وری انرژی دارد و قدرت استخراج بیشتری را به مشارکت‌کنندگانی که سکه‌های بیشتری دارند اختصاص می‌دهد.

رایانش ابری^۵

رایانش ابری به این معناست که یک نرم‌افزار، داده‌های آن و همین‌طور پردازش‌های مربوط به آن را به یک فضای بیرونی منتقل کنیم. کاربران می‌توانند با نرم‌افزارهای کاربری و داده‌ها با استفاده از هر دستگاهی که به اینترنت متصل است، به آن منبع بیرونی دسترسی داشته باشند. اطلاعات و برنامه‌ها توسط یک فضای خارجی میزبانی می‌شوند و به جای یک سخت‌افزار فیزیکی بر روی یک شبکه جهانی از مراکز داده‌های امن، نگهداری می‌شوند. این کار باعث می‌شود تا قدرت پردازش افزایش پیدا کند، امکان اشتراک داده‌ها و همکاری بیشتر با سایر افراد راحت‌تر شود و امکان دسترسی امن به این داده‌ها از طریق تلفن همراه، بدون توجه به موقعیت مکانی کاربر، فراهم گردد. رایانش ابری یک روش مناسب برای ارائه منابع محاسباتی می‌باشد. با رایانش ابری، کاربران به جای اینکه یک مجوز را خریداری کنند، ماهانه هزینه‌ای را می‌پردازند و نرم‌افزارها و پلتفرم‌ها توسط ارائه‌دهندگان مدیریت و به‌صورت مداوم به‌روزرسانی می‌شوند تا عملکرد و امنیت آنها بیشینه شود.

¹ Metadata
² proof-of-work
³ proof-of-stake

⁴ miners
⁵ Cloud Computing

عملیات و کارایی فرایند تخصیص منابع را افزایش خواهد داد. صنعت ۴.۰ تأثیری مهم بر فرایندهای صنعتی، سامانه‌های تولید و زنجیره‌های تأمین خواهد داشت. این پارادایم جدید در حال تغییر چشم‌انداز صنعتی فعلی حول سه محور اصلی است: (۱) دیجیتال شدن تولید، (۲) اتوماسیون و (۳) پیوند عناصر مختلف تولید در قالب یک زنجیره تأمین جامع. بدین ترتیب، صنعت ۴.۰ به معنای یکپارچه‌سازی کامل شبکه و تبادل اطلاعات بلادرنگ است [۲۰]. هدف محوری همه انقلاب‌های صنعتی افزایش بهره‌وری است. اما چهارمین انقلاب صنعتی از این هم فراتر می‌رود و، علاوه بر افزایش بهره‌وری، بر کل زنجیره تأمین، از طراحی محصول تا فرایندهای مهندسی و لجستیک خروجی، نیز تأثیر می‌گذارد. محصولات و خدمات تأثیری قابل توجه از این رویکرد نوظهور صنعتی می‌پذیرند. در سال‌های اخیر، تغییرات سریع چشم‌انداز اقتصادی و الزامات پویای بازار به افزایش تقاضا برای تولید محصولات پیچیده‌تر و هوشمندتر منجر شده‌اند [۲۱]. محصولات تلفیق‌کننده می‌شوند و امکان سفارشی‌سازی‌شان نیز بیشتر می‌شود. همین مسئله، سفارشی‌سازی انبوه را تقویت می‌کند و تأمین خواسته‌های خاص مشتریان را ممکن می‌سازد [۲۲]. بنابراین، نوآوری و محصولات و خدمات جدید را می‌توان از جمله ویژگی‌های بارز صنعت ۴.۰ دانست. نوآوری و محصولات و خدمات جدید سامانه‌هایی هستند که در این مفهوم جا گرفته‌اند و می‌توانند واکنش‌گر و تعاملی باشند، امکان رهگیری و مدیریت فعالیت‌های‌شان به صورت بلادرنگ وجود دارد، کل زنجیره ارزش را بهینه می‌کنند و، طی چرخه عمرشان، اطلاعاتی را درباره وضعیت‌شان در اختیارمان می‌گذارند.

در سال‌های اخیر، مدل‌های کسب‌وکار و بازار دستخوش تغییراتی سریع شده‌اند و شاهد ظهور مدل‌های کسب‌وکار نوآورانه نیز بوده‌ایم. فناوری‌های تحول‌آفرینی که در چارچوب صنعت ۴.۰ ظهور یافته‌اند شیوه‌های فروش و ارائه محصولات و خدمات را تغییر داده‌اند و از این طریق، بر کسب‌وکارهای صنعتی تأثیر گذاشته و فرصت‌ها و مدل‌های کسب‌وکار جدیدی را خلق کرده‌اند [۲۳]. بنابراین، از آنجا که صنعت ۴.۰ به ادغام تولیدکنندگان و مشتریان کمک می‌کند، زنجیره‌های ارزشی که بر اساس آن شکل می‌گیرند واکنش‌گراتر می‌شوند و امکان تعامل نزدیک‌تر با مشتریان و انطباق مدل‌های کسب‌وکار با الزامات

بازار فراهم می‌شود [۲۴]. یکپارچگی و پیچیدگی سامانه‌ها و دیجیتال شدن فزاینده فرایند تولید صنعتی خود به شکل‌گیری مدل‌های دیجیتال و پیچیده‌تر بازار می‌انجامد [۲۵]. بدین ترتیب، موانعی که، تا پیش از این، بین اطلاعات و ساختارهای فیزیکی قرار داشتند از بین می‌روند و رقابت‌پذیری افزایش می‌یابد. اقتصاد می‌تواند تحت تأثیر این رویکرد جدید و تحولات فناورانه نوظهور قرار بگیرد. دیجیتال شدن به معنای هم‌گرایی جهان‌های فیزیکی و مجازی است و تأثیرات گسترده‌ای بر همه بخش‌های اقتصادی بر جا می‌گذارد [۴]. این هم‌گرایی نیروی محرکه اصلی نوآوری است و نوآوری نیز خود نقشی حیاتی در افزایش بهره‌وری و رقابت‌پذیری ایفا می‌کند. پیشرفت‌های فناورانه به سرعت در حال تغییر محیط کار هستند و صنعت ۴.۰ نیز در حال متحول کردن مشاغل و مهارت‌های ضروری است. تغییر رابط انسان و ماشین مهم‌ترین تغییری است که در این زمینه ایجاد شده است و به تعامل بین کارگران و مجموعه‌ای از روش‌های همکاری جدید می‌پردازد [۲۶]. تعداد ربات‌ها و ماشین‌آلات هوشمند رو به افزایش است و دو جهان فیزیکی و مجازی نیز در آستانه ظهور هستند. به بیان دیگر، به‌زودی شاهد تحولی عظیم در محیط‌های کار فعلی‌مان خواهیم بود. اهمیت فزاینده رابط‌های انسان و ماشین تعامل بین عناصر تولید و ارتباط ضروری بین ماشین‌آلات هوشمند، محصولات هوشمند و کارکنان را تقویت می‌کند. این ارتباط نیز خود به یمن چشم‌انداز اینترنت اشیا و اینترنت خدمات، که تحت تأثیر سامانه‌های فیزیکی سایبری محقق شده‌اند، بهبود یافته است. به همین دلیل، می‌باید به مسائل حوزه ارگونومیک (طراحی مربوط به بهره‌وری و راحتی در محیط کار است) نیز در چارچوب صنعت ۴.۰ توجه کنیم و سامانه‌های جدید نیز باید بر کارگران و اهمیت‌شان متمرکز شوند [۱۸، ۲۷]. ادغام مفهوم صنعت ۴.۰ در سامانه‌های تولید و استفاده فزاینده از فناوری‌های جدید بر تعاریف موجود از مشاغل و مدیریت، سازمان‌دهی و برنامه‌ریزی کار تأثیر خواهد گذاشت. در این شرایط، چالش اصلی اجتناب از گرفتار شدن در موقعیتی است که از آن با عنوان بی‌کاری ناشی از فناوری یاد می‌شود. به همین منظور، باید تعاریف جدیدی از مشاغل موجود ارائه شود و اقداماتی را برای انطباق نیروی کار با مشاغل آینده انجام داد [۲۸].

- [2]. Zhou, K., Liu, T., and L. Zhou (2016) "Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities and Challenges," in International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, pp. 2147–2152.
- [3]. European Commission (2010), "Factories of the Future PPP: Strategic Multi-annual Roadmap," Pub. Office of the Euro. Union, Luxembourg.
- [4]. Kagermann, H. (2015) "Change through Digitization - Value Creation in the Age of Industry 4.0," in Manag. of Perm. Change, Springer.
- [5]. Schmidt R, Möhring M, Härting RC, Reichstein C, Neumaier P, Jozinović P (2015) Industry 4.0-potentials for creating smart products: empirical research results. In International conference on business information systems springer international publishing.:16–27
- [6]. Qin, J., Liu, Y., Grosvenor, R. (2016). "A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and beyond, Procedia CIRP 52, 173–178.
- [7]. Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., and Madsen, E. S. (2014), Procedia Eng. 69, 1184–1190.
- [8]. Borgia, E (2014). "The Internet of Things Vision: Key Features, Applications and Open Issues," Comput. Commun., vol. 54, pp. 1–31.
- [9]. Shariatzadeh, Navid et al., Integration of digital factory with smart factory based on Internet of Things, Procedia CIRP 50 (2016).
- [10]. Haller, S., Karnouskos, S. and C. Schroth(2008), "The Internet of Things in an Enterprise Context," in Future Internet Symposium pp. 14–28.
- [11]. Cardoso, J. Voigt, K. and M. Winkler.(2008). "International Conference on Enterprise Information Systems", pp. 15–27.
- [12]. Atzori, L., Iera, A and G. Morabito. (2010) "Comput. Networks" 54(15) 2787–2805.
- [13]. Miorandi, D., Sicari, S., F.(2012) "De Pellegrini, and I. Chlamtac. Ad Hoc
- [14]. Mourtzis, D., Vlachou, D., and Milas. N. (2016). Procedia CIRP 55, 290–295.
- [15]. Chui, M, Löffler, .Mand R. Roberts. (2010)" McKinsey Q". 2, 1–9.
- [16]. Kyriazis, D., Varvarigou. .M. (2013)" Procedia Comput". Sci. 21, 442–448.
- [17]. Laney, D. (2001). 3D data management: Controlling data volume, velocity, and variety. META group Inc. <https://blogs.gartner.com/doug-laney/files/۲۰۱۲/۰۷/ad۹۴۹-۳D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf>. Accessed on Oct 27, 2015.
- [18]. Erol, S, Schumacher, A., and Sihn, W. (2016). "Strategic Guidance towards Industry 4.0 – a Three-Stage Process Model," in Proc. of International Conference on Competitive Manufacturing (COMA16), Stellenbosch, South Africa.
- [19]. Dombrowski, U., Wagner, T. (2014). "Procedia CIRP" 17 100–105.
- [20]. Roblek, V., Meško, M., Krapež, A., (2016). "SAGE Open" 6(2), 1–11.

توسعه مهارت‌ها که به تغییرات جمعیت‌شناختی و اجتماعی منجر می‌شود، یکی از مهم‌ترین عوامل کلیدی تاثیرگذار بر موفقیت فرایند اتخاذ و پیاده‌سازی چارچوب صنعت ۴.۰ است. آن‌طور که چشم‌انداز محیط کار نشان می‌دهد، نیروی کار آینده باید دارای شایستگی‌هایی جدید باشد. بنابراین، باید فرصت‌هایی را برای این نیروی کار فراهم کرد تا بتواند از آموزش باکیفیت برخوردار شود و این مهارت‌های جدید و ضروری را فرا بگیرد [۱۷]. این الگوی صنعتی جدید تأثیری چشمگیر بر بازار کار و مشاغل حرفه‌ای خواهد داشت و در تضمین ایجاد مشاغل جدیدی که قرار است جایگزین مشاغل از دست رفته شوند نقشی مهم ایفا خواهد کرد و به ما اطمینان خواهد داد که تعداد مشاغل جایگزین بیشتر از مشاغل از دست رفته خواهد بود. شایستگی‌های ضروری جدید باید در برنامه‌های آموزشی لحاظ شوند چرا که، در آینده، تفکر میان‌رشته‌ای نقشی مهم خواهد داشت و برخورداری از مهارت بالا در دو حوزه اجتماعی و فنی ضروری خواهد بود [۲۹]. صنعت ۴.۰ به اتوماسیون فزاینده کارها منجر می‌شود. به بیان دیگر، کارکنان باید خود را برای انجام وظایف جدید آماده کنند. همین مسئله درباره رشته‌های مهندسی و مدیران نیز صدق می‌کند. رشته‌های مهندسی از ظرفیت بالقوه قابل‌توجهی برای پرورش متخصصان آینده و آگاه کردن آنها از گرایش‌ها و فرصت‌های جدید حوزه فناوری برخوردار هستند. مدیران نیز باید راهبرد مدیریت‌شان را با الزامات جدید بازار انطباق دهند [۱۷]. علاوه بر این، تعداد کارکنان واجد شرایطی که حوزه‌های فناورانه برای تحقق الزامات صنعت ۴.۰ به آنها نیاز دارند نیز رو به افزایش است. به بیان خلاصه، صنعت ۴.۰ از ظرفیت بالقوه بسیار بالایی در حوزه‌های متعدد برخوردار است و پیاده‌سازی آن بر کل زنجیره ارزش اثر می‌گذارد و از این طریق، فرایندهای تولید و مهندسی را بهبود می‌دهد، به ارتقای کیفیت محصولات و خدمات می‌انجامد، روابط مشتریان و سازمان‌ها را بهینه می‌کند، فرصت‌های تجاری جدید و مزایای اقتصادی به همراه دارد، الزامات آموزشی را تغییر می‌دهد و محیط کار فعلی را متحول می‌سازد.

منابع و مؤاخذ

- [۱]. شواب، کلاوس (۱۳۹۹). "به سوی صنعت ۴"، ترجمه: کیانی بختیاری، ابوالفضل تهران: انتشارات سازمان مدیریت صنعتی، ۱۳۹۹.

- [26]. Kagermann, H., Wahlster, W., and Helbig, J. (2013). "Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0," München.
- [27]. Zuehlke, A., Annu, D. (2010). Rev. Control. 34(1) 129–138.
- [28]. Roblek, V., Meško, M., Krapež A. (2016). "A Complex View of Industry 4.0, SAGE Open 6 (2) , 2158244016653987.
- [29]. Magruk. (2016). Business, Manag. Educ. 14(2) 275–291.
- Porter, M.E, Heppelmann and J. E. (2015). Harv. Bus. Rev. 93(10) ,96–114.
- [21]. Porter, M.E , Heppelmann and J. E. (2015). Harv. Bus. Rev. 93(10) ,96–114.
- [22]. Jazdi, N. (2014). "Cyber Physical Systems in the Context of Industry 4.0," in IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, pp. 1–4.
- [23]. Glova, J., Sabol., T., Vajda. V.(2014). "Procedia Econ. Financ. 15 1122–1129.
- [24]. Geissbauer ,R., Vedso, J., Schrauf, S. (2016) Industry 4.0: Building the Digital Enterprise. Retrieved from PwC Website: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/>
- [25]. Zezulka, F., Marcon, P., Vesely.I, Sajdl, O. (2016). IFAC-PapersOnLine 49(25), 8–12.

آینده پژوهی عوامل فناورانه که آینده مهندسی را شکل خواهند داد

مرتضی شریفی^۱، محمود محصل فقهی^{۱*}

چکیده

آینده پژوهی مطالعه علمی تحولات محتمل و مطلوب در آینده است، به طوری که بینش لازم برای طراحی الزامات آن ایجاد گردد. از دیدگاه علم آینده پژوهی، پیش بینی دقیق آینده میسر نیست، اما می توان طرحی جامع ارائه کرد که در آن حالت های ممکن که توانایی تبدیل شدن به آینده را دارند تعیین و بررسی گردند. از طرفی آینده پژوهی در مهندسی تجزیه و تحلیل فناوری های آینده، بررسی تغییرات و چالش های قدرتمند نوآوری مبتنی بر علم، با تمرکز بر موضوعات و نگرانی های اجتماعی است. تجزیه و تحلیل فناوری های مهندسی آینده محور، شناسایی سامانه ها و فرآیندهای پیچیده و پویایی است که در یک تلاش جمعی و بین رشته ای سعی دارد تا درک صحیح و روشنی از آینده برای سازمان های ذینفع ایجاد نموده و بستر توسعه پایدار را فراهم سازد. در این مقاله سعی شده است عوامل فناورانه که آینده را تغییر خواهند داد بطور خلاصه شرح داده شود و مسیر آینده فناوری های برتر را پیش بینی نمود.

واژگان کلیدی: آینده پژوهی مهندسی، تجزیه و تحلیل فناوری آینده گرا، عصر دیجیتال، مخابرات و محاسبات، هوش مصنوعی، عوامل فناورانه اجتناب ناپذیر

* عهده دار مکاتبات، استادیار، تلفن ۰۴۱۳۳۳۹۳۷۳۸، آدرس الکترونیکی mohaselfegghi@tabrizu.ac.ir

^۱ دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

هستند؟ این گزاره‌های صحیح نیستند که توجه آینده‌پژوهان را به خود جلب می‌کند بلکه آنها به دنبال پیش‌بینی رویدادهای محتمل یا شرح حالات محتمل در آینده هستند. اما مشکل این است که این رویدادها هنوز درک نشده‌اند و آینده‌ای به این معنا وجود ندارد. بنابراین این گزاره‌ها در مورد آینده‌ی محتمل ارزش واقعی ندارند و در بهترین حالت می‌توان حدس زد که در آینده چه چیزی رخ می‌دهد. این استدلال نشان می‌دهد که مطالعات آینده دورنمای اندک اما محدودی از علم توصیفی دارند [۳]. اگر آینده‌پژوهی از گونه علوم توصیفی نیست، آیا می‌توان آن را شکل جدیدی از «نظریه‌ی انتقادی»، که ترکیبی از تحقیق علمی و نقد اجتماعی است، دانست؟ کلید آینده‌پژوهی در آن ناحیه‌های پژوهش یافت می‌شود که هربرت سیمون به آن «علوم طراحی» یا «علوم مصنوعی» می‌گوید [۴،۵]. منظور از طراحی، برنامه‌ریزی هر فعالیتی است که در آن به دنبال استفاده از ابزار بهینه‌شده به شیوه‌ای نظام‌مند برای رسیدن به هدف پذیرفته شده باشند. شاید هدف، ایجاد یک محصول مصنوعی، سازمان اجتماعی، راه‌حل یک مشکل یا تصمیم برای یک فعالیت باشد. چنین فعالیتی از این جهت بسیار با ارزش است که هدف آن مطلوب یا ارزشمند در نظر گرفته می‌شود. در همین رابطه، مطالعات آینده، فعالیتی که به دنبال دانش باشد نیست، بلکه بیشتر شکل و قالبی از فناوری اجتماعی است. این فرض که پژوهش درباره ویژگی‌های آینده فعالیتی دانش‌زا نیست بلکه شکل و قالبی از «فناوری اجتماعی» است، نگرش بااهمیتی است که دلیل تأکید بسیاری از آینده‌پژوهان بر اهمیت ساخت آینده مطلوب را توضیح می‌دهد. اما هنوز تحلیل نقش پژوهش علمی در مطالعه‌ی آینده انجام نشده است. برای بسیاری از فعالیت‌های کاربردی (مانند کشاورزی و مهندسی) روش‌های علمی متناظری (علوم کشاورزی، علوم مهندسی) وجود دارد که شامل اطلاعات علمی است که قرار است کار یا هنر را اثربخش‌تر کند. سیمون می‌گوید که چنین علمی، طراحی در مورد چگونگی وجود کنونی اشیا نیست، بلکه در مورد اینکه چگونه باید باشند تا برخی اهداف را به‌دست بیاورند، است. به عبارت دیگر، چنین علمی برای قالب مدل توصیفی تحقیق مناسب نیستند. در عوض نتایج آن نوعاً رابطه بین ابزار و هدف را بیان می‌کند. می‌توان این‌طور نتیجه گرفت که آینده‌پژوهی، زمانی که وظیفه‌ی جستجوی آینده محتمل را دنبال می‌کند، ترکیبی از پژوهش، روش‌شناسی، فلسفه

آینده‌پژوهی یا مطالعه و پژوهش درباره آینده شاید هنوز به‌عنوان یک رشته جدید دانشگاهی چندان هویت مستقلی نیافته باشد ولی در بسیاری از حوزه‌های علوم تجربی و انسانی همواره مورد توجه دانشمندان و پژوهشگران بوده است. پژوهش در این حوزه، شامل توسعه روش‌ها و گاه مدل‌های پیچیده آماری و ارائه نظریه‌های بنیادی مبتنی بر شواهدی است که در حال حاضر موجود است و تضمین می‌کند که جهان را به جای بهتری برای زندگی تبدیل خواهد کرد. مطالعه در خصوص آینده به دلیل ذات نامشخص آن در قالب مدل‌های سستی بسیار مشکل است زیرا نه داده‌ای برای جمع‌آوری وجود دارد و نه ابزار سنجش ماهیت آن حادث شده است. لذا بسیاری از پژوهشگران در این حوزه ناچار به بررسی الگوهایی هستند که موجب پیدایش ویژگی‌های علمی جدید و نزدیک به واقعیت می‌شود که در بسیاری از موارد این روش مفیدتر و آموزنده‌تر است [۱]. شکل و نحوه مطالعه درباره ویژگی‌های آینده در سه دسته کلی قابل‌بیان است. رایج‌ترین و ساده‌ترین نمونه پژوهش علمی، «پژوهش توصیفی» است. در این سبک از پژوهش هدف اصلی علم، ارائه اطلاعات درست یا نزدیک به درست در مورد واقعیت است. به عبارت دیگر، بخشی از علم حاوی جملاتی عمدتاً با وجه اخباری است که با آن سعی بر توصیف صادقانه‌ی یک قانون طبیعی یا واقعیت خاص یا عام را دارد و این وقایع ممکن است در گذشته، حال یا آینده رخ داده باشند. وظایف علوم توصیفی شامل مطالعات نظام‌مند و شرح حالت کنونی حقیقت و اصول شبه‌قانونی آن، بررسی‌های تاریخی گذشته یا بررسی علل وقوع حوادث گذشته، یا بررسی و مطالعات پیش‌بینی در مورد آینده است. بسیاری از رشته‌های علمی رایج مانند فیزیک، نجوم، روانشناسی و اقتصاد چنین پیوندی با آینده دارند. به‌گونه‌ای که نظریه‌های آنها به‌همراه شرایط ابتدایی حال و شرایط وابسته به محیط آنها، وقایع قابل‌مشاهده‌ای را در آینده پیش‌بینی می‌کنند. از این‌رو، نقش آینده‌پژوهان، به کار بردن روش علمی برای پیش‌بینی و طرح‌ریزی و یافتن جایگزین برای انواع ادعاهای غیرعلمی و پیش‌بینی‌هایی است که متفکران، فیلسوفان و رمان‌نویس‌ها مطرح کرده‌اند. طبق تعریف کلاسیک افلاطون، دانش به معنای باور صادق موجه است [۲]. آیا قضیه‌هایی که ما هم‌اکنون درست می‌پنداریم، برای مثال در سال ۲۰۵۰ هم درست

جهت‌هایی متمایل و از جهاتی دور می‌کند. با وجود برابری همه‌چیز، فیزیک و ریاضیاتی که سامانه فناوری را کنترل می‌کنند، معمولاً به رفتارهای خاصی متمایل هستند. به‌عنوان مثال، وجود اینترنت اجتناب‌ناپذیر است، ولی این نوع خاص از اینترنت که ما تصمیم به داشتن آن گرفته‌ایم، نه. اولین گزینه در برابر یک فناوری عظیم که به سرعت درحال پیشروی است، شاید این باشد که آن را به عقب هل دهیم، جلوش را بگیریم، ممنوعش کنیم، آن را رد کنیم، یا حداقل استفاده از آن را سخت کنیم. ممنوع کردن اجتناب‌ناپذیرها، معمولاً نتیجه عکس می‌دهد. ممنوعیت، در بهترین شرایط موقت است، و در طولانی‌مدت زیان‌بخش است. یک پذیرش هشیارانه، با چشمان باز، نتیجه بسیار بهتری دارد.

دوازده عاملی که فناوری ۳۰ سال آینده را شکل خواهند داد. در این بخش ۱۲ نیرویی که کلی توصیف می‌کند به شکل خلاصه آورده شده است. این عوامل به طرق مختلف متقاطع و درهم آمیخته‌اند. با این وجود، در بطن هر یک جنبه یا بعد منحصر به فردی از نیرویی وجود دارد که آینده را تحت تأثیر قرار داده و آن را شکل می‌دهد. در ادامه سعی شده است تا برای هر یک از عوامل این ویژگی متمایز به طور خلاصه بیان گردد:

تبدیل شدن^۲

در عصر حاضر هجوم تغییرات در دنیای دیجیتال بی‌سابقه است، به این معنی که همه‌چیز در اطراف ما پیوسته و با سرعت در حال ارتقاء هستند. زندگی فناورانه آینده، مجموعه‌ای از ارتقاء دادن بی‌پایان خواهد بود. دائماً اختراع جدیدی به‌وجود می‌آید که این اختراع نیاز جدیدی ایجاد می‌کند و این نیاز تبدیل به حفره جدیدی می‌شود که برای پر کردن آن بایستی دوباره دست به دامن فناوری شد. برای مثال نیاز به گوشی همراه هوشمند با خود نیاز به اینترنت موبایل را همراه آورد و کاربران اینترنت همراه، شبکه‌های پرسرعت مخابراتی را مدام به چالش می‌کشند. دنیای فناورانه آینده، آرمان‌شهر^۴ نیست بلکه یک مدل واقع-گرایانه‌تر از آن، و به تعبیر کوین کلی پروتوپیا^۵ است که همواره دچار تحول است. مقصد مشخصی ندارد اما مسیری که

و فعالیت تجربی و نظری است. اما در هسته‌ی آن می‌توان یک نوع از علم طراحی را یافت که به طراحی منطقی آینده کمک می‌کند [۶،۷].

اجتناب‌ناپذیری

«کوین کلی»^۱ آینده‌پژوه معاصر و معروف در حوزه فناوری و سردبیر مجله وایرد^۲ در زمینه فناوری و اقتصاد تحقیقات زیادی انجام داده که ماحصل آنها ده‌ها مقاله، کتاب و مصاحبه است. در این میان، دو کتاب مهم وی یعنی «آنچه فناوری می‌خواهد» [۸] و «اجتناب‌ناپذیر» [۹] برجستگی خاصی دارند. در حقیقت این دو کتاب، مجموعه‌ی مدون از افکار و آراء «کلی» در مورد آینده جهان و شکل جهانی زندگی مبتنی بر فناوری‌های نو است. «کوین کلی» در کتاب اجتناب‌ناپذیر به آینده در قالب فناوری‌های اجتماعی نگاه می‌کند و با کنکاش در روند شکل‌گیری آینده، سعی نموده با آوردن شواهد و قرائنی نشان دهد که در حال قدم گذاشتن به جهانی هستیم که بنیان‌هایش متفاوت با جهانی است که انسان مدرن بعد از انقلاب صنعتی خلق کرده است. اصلی‌ترین تمایز این دنیای شبکه‌ای، فناوری بلوغ‌یافته‌ای است که به «خودسامانی» رسیده است. عصر رایانه تا لحظه‌ای که رایانه‌ها با تلفن ترکیب نشده بودند، هنوز آغاز نشده بود و رایانه‌ها به‌تنهایی کافی نبودند. سه دهه بعد این همگرایی فناورانه بین مخابرات و محاسبات، گسترده‌تر، سریع‌تر، و متحول‌تر شده است. سامانه اینترنت/موبایل از حاشیه جامعه که قبلاً نادیده گرفته می‌شد، به مرکز جامعه جهانی مدرن حرکت کرده است. این روند عریض تاریخی بسیار پراهمیت هستند، زیرا وضعیت زیربنایی که آنها را بوجود آورده‌اند، همچنان فعال و درحال توسعه هستند، که این احتمال را قویاً مطرح می‌کنند که این مسیر در طول چند دهه آینده به افزایش اثرگذاری خود ادامه خواهند داد.

اجتناب‌ناپذیر کلمه‌ای قوی است. برای برخی افراد این مفهوم بسیار سنگین است، زیرا بعضی‌ها معتقد هستند که هیچ‌چیزی اجتناب‌ناپذیر نیست. ادعا می‌کنند که قدرت اراده و اهداف انسانی می‌تواند و باید هرگونه نیرویی را منحرف، کنترل و بر آن غلبه کند. در طبیعت فناوری تعصبی وجود دارد که آن را به

¹ Kevin Kelly

² Wired

³ Becoming

⁴ Autopia

⁵ Protopia

استفاده می‌کند ویژگی‌های مشخصی دارد. وضعیت امروز آن کمی بهتر از دیروز است و مشکل بخشی از فناوری است که دیروز اختراع شده بود و فناوری‌هایی که امروز آن را حل خواهند کرد، بنای مشکلات فردا هستند. این چرخه افزایش مشکلات و راه‌حل‌ها رشد پایدار بشر را رقم خواهند زد و این تفاوت اندک مثبت که به مرور زمان ایجاد می‌شود تمدن نام دارد. دیدن پروتوپیا سخت است، زیرا یک تبدیل شدن است. فرایندی است که دائماً چگونگی تغییر کردن چیزهای دیگر را تغییر می‌دهد، و با تغییر خود، در حال جهش و رشد است. ما معمولاً چیزهای جدید را از چهارچوب‌های قدیمی می‌بینیم. ما زاویه دید کنونی‌مان را به آینده تعمیم می‌دهیم، که در واقع محصول جدید را به گونه‌ای می‌شکند که در آگاهی‌های کنونی ما بگنجد. برای اینکه در این دام گرفتار نشویم، راه‌حل این است که زین پس چیزهای غیرمحمول را هم باور داشته باشیم.

شناختی شدن^۱

تصور چیزی ارزان‌تر، قدرتمندتر و فراگیرتر از هوش مصنوعی که بتواند کل جهان را تغییر دهد غیرممکن است. تصور کنید یک وسیله بی‌جان در دست شما ناگهان دارای قوه تشخیص گردد. به نظر آنچه شناختی‌سازی اشیاء بی‌جان می‌تواند ایجاد کند مهم و بزرگ‌تر از انقلاب صنعتی بشر خواهد بود. امروزه بزرگ‌ترین هوش مصنوعی در یک ابررایانه مستقل نیست، بلکه در یک فوق‌ارگانیسم متشکل از میلیاردها تراشه رایانه‌ای به نام شبکه است که سبک و جاسازی شده در هر وسیله‌ای می‌توان یافت. هر وسیله‌ای که به این شبکه هوش مصنوعی متصل گردد، هوش خود را به اشتراک گذاشته و به آن کمک خواهد کرد. می‌توان با اطمینان گفت که هوشمندسازی اجتناب‌ناپذیر است زیرا زمان آن فرا رسیده است. هوش مصنوعی اشیاء بی‌جان را زنده خواهد کرد، همان‌طور که برق در بیش از یک قرن گذشته این کار را انجام داد. سه نسل پیش، بسیاری از سازندگان آن را به صورت یک ابزاری الکتریکی به ثمر رساندند. یک پمپ دستی بگیرید؛ آن را برقی کنید. یک شوینده دستی پیدا کنید و آن را برقی کنید. شرکت‌های تجاری نیازی به تولید برق نداشتند؛ بلکه آن را از شبکه خریداری کرده و برای خودکار کردن آنچه که قبلاً دستی بود استفاده می‌کردند. اکنون آن چه را که قبلاً برقی بود، هوشمند می‌کنیم. تقریباً چیزی وجود ندارد که ما نتوانیم آن

را با اضافه کردن یک هوش اضافی به آن، جدید، متفاوت و یا باارزش‌تر کنیم. در حقیقت، پیش‌بینی طرح‌های کسب و کار استارت‌آپ‌های جدید آسان است: X را انتخاب کرده و به آن هوش مصنوعی اضافه کنید. چیزی را پیدا کنید که با اضافه کردن هوش برخط به آن، عملکردش بهتر شود.

تا به حال به این فکر کرده‌اید که چرا گوگل جستجوی اینترنتی رایگان ارائه می‌دهد؟ در نگاه اول، ممکن است فکر کنید که گوگل در حال افزایش سرمایه‌گذاری روی هوش مصنوعی برای بهبود قابلیت جستجوی خود است، زیرا جستجو ۸۰ درصد از درآمد آن را تأمین می‌کند. اما این طرز فکر نادرست است. گوگل به جای استفاده از هوش مصنوعی برای جستجوی بهتر، از جستجو استفاده می‌کند تا هوش مصنوعی خود را بهتر کند. هر بار که یک پرس‌وجو را تایپ می‌کنید، روی یک لینک جستجو شده کلیک می‌کنید یا یک لینک در وب ایجاد می‌کنید، هوش مصنوعی گوگل را آموزش می‌دهید. هر یک از ۳ میلیارد پرس‌وجو که هر روز گوگل آن را انجام می‌دهد، هوش مصنوعی یادگیری عمیق را بارها تعلیم می‌دهد. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰، محصول اصلی گوگل جستجو نخواهد بود، بلکه هوش مصنوعی خواهد بود. هر چه افراد بیشتری از هوش مصنوعی استفاده کنند، هوشمندتر می‌شود. هر چه هوشمندتر شود، افراد بیشتری از آن استفاده می‌کنند و این چرخه ادامه دارد. این همان اثر شبکه‌ای در علم اقتصاد است. هنگامی که یک شرکت به این چرخه‌ی تأثیرگذار وارد می‌شود، تمایل دارد به حدی بزرگ شود و سریع رشد کند که هر شرکت رقیبی را پشت سر بگذارد. در نتیجه، آینده‌ی هوش مصنوعی ما احتمالاً توسط یک الیگارش (حکومت معدودی از ثروتمندان) متشکل از دو یا سه هوش تجاری وسیع، همه‌منظوره اداره خواهد شد.

جریان یافتن^۲

در آینده، همه چیز کپی می‌شود. ثروت آمریکا در بزرگ‌ترین دستگاه کپی جهان، اینترنت قرار دارد. اقتصاد قبلی ما در انبار کالاهای ثابت ساخته شده بود. در دنیای امروز یک طرح گرافیکی مشابه کالایی که قدیم در انبار محافظت می‌شد، باید در فضای ابری امن ذخیره گردد. شخصی‌سازی‌های ما روی تلفن‌های هوشمند جدید جریان می‌یابد. پوشه‌ها و پرونده‌های دسکتاپ که به وب‌ها و صفحات مهاجرت کرده‌اند، اکنون

¹ Cognifying

² Flowing

بدون این که هیچ یک از موزیک ها را از آن خود داشته باشد. سازمان ها و کاربران نیازی به نگهداری و ذخیره کالاها ندارند، بنابراین دسترسی جایگزین مالکیت می شود. در آینده شما یک وسیله را تنها برای وقتی که نیاز دارید در اختیار می گیرید و پس از استفاده آن را همان جا و پشت سر خود به جای می گذارید و می گذرید. این کشاورز است که برای انبار کردن محصول خود نیاز به انبار دارد. ملت دیجیتال آزاد است که مسیر خود را برود و ناشناخته ها را کنکاش کند. دسترسی بیشتر از مالکیت انسان را چابک و تازه و آماده برای هر آنچه که پیش می آید نگاه می دارد.

به اشتراک گذاری^۱

در آینده، همه چیز به اشتراک گذاشته می شود. فضای عمومی برخط تمایل شگفت انگیزی برای به اشتراک گذاشتن دارد. تعداد عکس های شخصی ارسال شده در فیس بوک، اینستاگرام و دیگر سایت ها به یک عدد نجومی در یک روز می رسد. به این موارد، میلیاردها ویدیو که هر روز توسط یوتیوب ارسال می شوند را نیز اضافه کنید. محتوای اشتراک گذاری در حال حاضر همه جا وجود دارد. به اشتراک گذاری بهترین شکل از تعامل اجتماعی دیجیتال است، اما این فعل به عنوان پایه ای برای تمام سطوح بالاتر تعامل مشترک عمل می کند. این عنصر جز اصلی کل شبکه است. وقتی افراد به سمت یک هدف بزرگ کار می کنند، نتایجی را تولید می کنند که در سطح گروه ظاهر می شوند. در سال ۲۰۵۰، بزرگ ترین، سودده ترین شرکت های در حال رشد، شرکت هایی هستند که می دانند چگونه جنبه های اشتراک گذاری که امروزه ناشناخته هستند را به کار گیرند. در آن نقطه از تاریخ، به اشتراک گذاری چیزی که قبلاً به اشتراک گذاشته نشده، یا به شیوه ای جدید، مطمئن ترین راه برای افزایش ارزش آن است.

فیلتر کردن^۲

در آینده اینترنت یک سالن نامحدود از گزینه های در دسترس را به ارمان می آورد. هرچه که بسیار کم یاب بود اکنون به آسانی در دسترس همگان است. گستردگی چنین مجموعه ای از همه چیز، به سرعت خط عادت الگوی مصرف مان را در هم

آبرها و جریان هایی با برچسب «لایک» هستند. تحت تأثیر کمی گسترده دیجیتالی و فضای ابر بلا درنگ تنها چیزهایی با ارزش هستند که نمی توانند کمی شوند. مثل اعتماد، مثل یک برند معروف که توسط میلیون ها نویسنده دیجیتالی امضا و تأیید شده است.

به نمایش گذاری^۳

با ظهور این تعداد اسکرین های دیجیتالی کتاب و کتاب خوانی و شاید حتی خواندن و نوشتن به سبک سنتی دیری نخواهد پایید. تا سال ۲۰۱۵ بیش از ۶۰ تریلیون صفحه اینترنتی به شبکه جهانی افزوده شده است و کل آن تا چندین میلیارد در روز افزایش می یابد. میزان سواد در آمریکا در ۲۰ سال گذشته تغییر نکرده است، اما آنهایی که می توانند بخوانند اکنون بیشتر می خوانند و می نویسند. ما به طور مناسب این فعالیت جدید را «به نمایش گذاری» می نامیم. این بستر جدید بسیار بصری است و به تدریج با تصاویر متحرک به هم ترکیب می شود. اگر فرض دیدگاه سنتی را که می گوید یادگیری در فضای ادبیات ذهنی اتفاق می افتد بپذیریم، باید قبول کنیم که میزان حواس پرتی در زمان به نمایش گذاری از یادگیری خواهد کاست. اما شاید این تنها عیب آن باشد. به لطف فناوری در آینده، هر کلمه در هر کتابی یک لینک متقابل برخط خواهد داشت. کتابخانه جهانی یک ایده قابل اجرا خواهد بود، طوری که بتوان همه دانش بشری از گذشته تا حال را یک جا به همه بشر تقدیم کرد. در طول سه دهه آینده، دانشمندان و طرفداران، کتاب های جهان را به یک ادبیات شبکه ای مشترک گره می زنند. کتاب های شبکه ای این ویژگی را دارند که پوسیده نمی شوند و هرگز از بین نمی روند.

دسترسی^۴

مالکیت بر چیزی دیگر به اندازه گذشته اهمیتی ندارد. امروزه دسترسی آنی مهم تر از مالکیت همیشگی است. بزرگترین شرکت اجاره املاک و مستغلات فاقد خانه و هتل است. بینندگان شبکه فیلم و سریال هرگز فیلم هایی را که تماشا می کنند، ندارند. بزرگترین شبکه موسیقی آنلاین، شخص را قادر می سازد که به هر موزیکی که دوست دارد گوش فرا دهد

¹ Screening
² Accessing

³ Sharing
⁴ Filtering

مزایای واقعیت مجازی به دلیل تعامل آن است زیرا باعث تعامل عمیق با افراد دیگر می‌شود. جدیدترین گوشی تلفن حاوی فناوری ردیابی چشم است، بنابراین ما قادر خواهیم بود با افراد در دنیای واقعیت مجازی ارتباط چشمی برقرار کنیم. در آینده تعاملات ما به رمز عبور ما تبدیل خواهند شد. تعامل نیازمند مهارت، هماهنگی، تجربه و آموزش است. آینده فناوری تا حد زیادی در کشف تعاملات جدید ساکن است. در ۳۰ سال آینده، هر چیزی که شدیداً تعاملی نباشد، منقضی تلقی خواهد شد.

رهگیری^۲

در آینده همه چیز ثبت خواهد شد. ما جنبه‌های مختلف از خودمان را برای ایجاد درمان‌های شخصی و داروها اندازه خواهیم گرفت. چشم و گوش دیجیتال می‌توانند هرثانیه از کل روز ما را ضبط کنند. ما تمام کارهایی را که انجام می‌دهیم، در تمام مدت زمان، برای کل زندگی خود ثبت خواهیم کرد. میلیاردها چیز هم خود را رهگیری می‌کنند. در ایالات متحده در سال ۲۰۱۶، جنبه‌هایی از زندگی که به‌طور معمول رهگیری می‌شوند عبارتند از: حرکت اتومبیل، ترافیک، آمار سفرها، پست الکترونیکی، مکان تلفن، تراکنش‌های کارت اعتباری، فعالیت‌های اینترنتی، و بسیاری از فعالیت‌های دیگر. تا سال ۲۰۲۰، ۵۴ میلیارد حسگر تولید خواهد شد. لذا رهگیری بی‌وقفه اجتناب‌ناپذیر است.

پرسش‌گری^۳

در آینده، همه چیز غیرمحمول خواهد بود. بطور طعنه‌آمیزی، در عصر اتصال آنی جهانی، اطمینان ما درباره همه چیز کاهش پیدا کرده است. همه چیزهایی که در گذشته غیرممکن بود امروزه مدام اتفاق می‌افتد. این ناشی از ظهور سطح جدیدی از سازماندهی است که از طریق اتصال فوری بین میلیاردها نفر در مقیاس سیاره‌ای امکان‌پذیر شده است. ما به دنبال افزایش این اتصال به یک تریلیون بار هستیم. غیرممکن بودن و چیزهای عجیب دیدن، حالت عادی جدید از زندگی آینده خواهد بود و برای اتفاقات به‌نظر غیرممکن دیگر نباید تعجب کرد، فقط باید پرسید چقدر احتمال دارد غیرممکن باشد.

می‌شکند. ما به کمکی برای مسيردهی از میان چنین آشفتگی نیازمند خواهیم بود. باید آن را فیلتر کنیم. گوگل، فیلترشکن مهم جهان، از اصول اثبات شده فیلترهای مشارکتی استفاده می‌کند: «افرادی که این پاسخ را با ارزش پیدا کردند، این مورد بعدی را نیز مناسب ارزیابی کردند». ثروت اطلاعات باعث ایجاد فقر توجه می‌شود. توجه ما تنها منبع با ارزش ما است، اما نسبتاً ارزان است. فیلترهای بزرگ و قوی برای راهنمایی کامل ما و آماده برای خدمت‌رسانی موجود خواهند بود. اما مشکل این جاست که ما خودمان نمی‌دانیم چه می‌خواهیم. خودمان را به اندازه‌ی کافی نمی‌شناسیم. تا حدی می‌توانیم به فیلترها تکیه کنیم تا به ما بگویند که چه می‌خواهیم. ما به پیشنهادات و توصیه‌هایی گوش فراخواهیم داد که توسط رفتار خودمان به وجود آمده‌اند؛ با شنیدن و دیدن این‌که چه کسی هستیم. صدها میلیون سطر از کدهای کامپیوتری در حال اجرا در میلیون‌ها سرور از توده ابر داخلی، در حال فیلترینگ پی‌پی‌پی هستند تا به ما کمک کنند تا به نقطه‌ای یگانه برسیم و شخصیت‌مان را بهینه نماییم.

بازآمیختگی^۴

در آینده، همه چیز «قابل‌تغییر» خواهد بود. پل رومر، اقتصاددانی از دانشگاه نیویورک، می‌گوید که رشد اقتصادی واقعاً پایدار از منابع جدید حاصل نمی‌شود، بلکه از همان منابع موجود بدست می‌آید که بازچینی شده‌اند تا ارزش‌شان افزایش یابد. رشد اقتصادی ناشی از بازآمیختگی است. یک فیلم سینمایی هالیوود برای تولید به یک میلیون نفر ساعت کار احتیاج دارد، در حالی که هر روز صد میلیون کلیپ ویدیویی در شبکه به‌اشتراک گذاشته می‌شود. آن‌چه که از خلق اثر و یا نوآوری قدرتمندتر و احتمالاً مهم‌تر است این است که هر اثری توسط دیگران تغییر داده خواهد شد. در ۳۰ سال پیش‌رو مهم‌ترین کارهای فرهنگی آنهایی خواهد بود که بیشترین بازآمیختگی را از سر گذرانده‌اند.

تعامل^۵

در آینده، همه چیز همه‌جانبه خواهد بود. واقعیت مجازی دنیایی است که اصالت دارد حتی بیش از حد واقعی. ماندگاری

¹ Remixing
² Interacting

³ Tracking
⁴ Questioning

کلی نویسنده و آینده‌پژوه حوزه فناوری بهره گرفته شده است. برای نتیجه‌گیری در مورد گزاره‌هایی که برای آینده مطرح است، اغلب از آن‌چه فناوری در یک دهه گذشته بر خود دیده است، استفاده می‌شود و مسیری که در گذشته طی شده و نتایجی که به‌عنوان قوانین عام و همه‌گیر فناوری امروزه بروز کرده ریشه‌های اجتناب‌ناپذیر تغییر دنیای دیجیتال در سال‌های آینده خواهند بود. در ۳۰ سال آینده، عوامل مشخص در جهتی که ۳۰ سال گذشته به آن تمایل داشتند ادامه خواهند داد: هوشمندسازی، به‌اشتراک‌گذاری، رهگیری، دسترسی داشتن، تعامل داشتن، به‌نمایش گذاشتن، بازترکیب کردن، فیلترکردن، شناسایی کردن، پرسش کردن و این لحظه تازه شروع آینده است.

منابع و مؤخذ

- [1]. Bell, W. (2009). Foundations of Futures Studies: History, Purposes, Knowledge. Volume I: Human Science for a New Era. Transaction Publishers.
- [2]. Niiniluoto, I. (2001). Futures studies: science or art?. Futures, 33(5), 371-377.
- [3]. Malaska P, Mannerman M, (1985). Tulevaisuuden tutkimus suomessa, Future research in Finland. Helsinki: Gaudeamus,
- [4]. Simon, H. A. (2019). The sciences of the artificial. MIT press.
- [5]. Porter, A. L. (2007). New Methods for Technology Futures Analyses. Management of Technology: New Directions in Technology Management, Elsevier, 453-464.
- [6]. Kreibich, Rolf and Oertel, Britta and Wolk, Michaela, Futures Studies and Future-Oriented Technology Analysis Principles, Methodology and Research Questions (October 25, 2011). HIIG Discussion Paper Series No. 2012-05, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2094215> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2094215>
- [7]. Ye, C., & Feng, L. (2013, July). Future-oriented technology analysis of technology roadmap based on text mining. In 2013 10th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD) (pp. 1126-1130). IEEE.
- [8]. Kelly, K. (2010). What technology wants. Penguin, Viking Press, 416, ISBN: 978-0-670-02215-1.
- [9]. Kelly, K. (2016). The inevitable: The 12 technological forces that will shape our future. Random house, Viking Press, 336, ISBN: 978-0-525-42808-4

اختراعات این اجازه را به ما می‌دهند که به درون جهل‌مان نگاه کنیم. اگر چه دانش به‌خاطر ابزارهای علمی دچار رشد نمایی شده است ولی در عوض دائماً ناشناخته‌های بزرگ‌تری را کشف می‌کنیم. در نتیجه، با این‌که دانش ما به‌صورت نمایی در حال رشد است، سؤالاتمان هم با سرعت نمایی بیشتری در حال رشد هستند. اختلاف میان سؤالات و جواب‌ها، جهل ماست، و به‌صورت نمایی در حال رشد است. به‌عبارت دیگر، علم روشی است که متناسب با افزایش دانش‌مان، سؤالات و ابهامات ما را نیز افزایش می‌دهد. هیچ دلیلی برای معکوس شدن این فرآیند در آینده وجود ندارد بنابراین می‌توانیم انتظار داشته باشیم که فناوری‌های آینده، مانند هوش مصنوعی، دست‌کاری ژنتیکی و کامپیوترهای کوانتومی (چند مورد که در افق‌های نزدیک هستند)، انبوهی از سؤالات بزرگ و جدید را رها سازند، سؤالاتی که قبلاً حتی به پرسیدن‌شان هم فکر نکرده بودیم. در واقع، این‌که بگوییم که ما هنوز بزرگ‌ترین سؤالاتمان را نپرسیده‌ایم، چیزی تقریباً قطعی است.

آغازگری^۱

در یک سناریو از آینده، هوش‌های مصنوعی آن‌قدر باهوش نمی‌شوند که ما را به بردگی بگیرند (مانند نمونه‌های شیطانی افراد باهوش)؛ بلکه هوش مصنوعی و روبات‌ها و تمام فناوری‌ها به‌هم می‌پیوندند انسان‌ها به‌علاوه دستگاه‌ها و با همدیگر ما به‌سوی وابستگی متقابل پیچیده می‌رویم. در این سطح، بسیاری از پدیده‌ها در ابعادی بزرگ‌تر از زندگی‌های کنونی ما رخ می‌دهند، و بزرگ‌تر از فهم ما هستند. این یک رژیم جدید است که در آن آفریده‌های ما، ما را انسان‌های بهتری می‌کنند. این تغییر حالت همین الان هم آغاز شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

در مقاله حاضر به بررسی آینده دنیای فناوری دیجیتال و ارتباطات در ۳۰ سال آتی پرداخته شده است. این پژوهش از آنچه فناوری به آن تبدیل خواهد شد، صحبت نمی‌کند بلکه عوامل و نیروهایی را بیان می‌دارد که به عنوان ابزارهایی برای شکل‌دهی آینده اجتناب‌ناپذیر هستند. این تحقیق نوعی آینده‌پژوهی از دید فناوری اجتماعی است که هنجارهای فنی آینده قابل‌تصور را بیان می‌دارد. در این مقاله از دیدگاه کوین

¹ Beginning

نگاهی به زندگی علمی دانشمندان ایران و جهان (بخش دوم)

الناز حسینی^۱، مهرناز ابراهیمی^۲، پرویز نوروزی^۲، علی اکبر موسوی موحدی^{۱*}

چکیده

مطالعه زندگی‌نامه دانشمندان بزرگ کمک بسیاری به شناخت مسیر فکری محققان می‌کند که می‌تواند در زندگی علمی و شیوه‌های تحقیقاتی آنان تاثیرگذار باشد. این مقاله به مطالعه زندگی‌نامه جابر بن حیان و ابوریحان بیرونی از دانشمندان ایرانی، ماری کوری و نیکولا تسلا از دانشمندان و مخترعان غربی می‌پردازد. هم چنین، سعی بر آن شده است تا علاوه بر ذکر اکتشافات و اختراعات این دانشمندان به نکات برجسته زندگی آنها پرداخته شود.

طبق باور جابر بن حیان (شیمیدان مسلمان و ایرانی) کیمیا، سلطان تمام علوم محسوب می‌شده است. از او نقل شده است که تاریخ بشر قابل قیاس با کیمیاگری عظیمی است که هدف آن رسیدن از نقص به کمال است. ابوریحان بیرونی جزء شخصیت‌های برجسته روزگار خود و از شخصیت‌های چند بُعدی در علم بوده است. این دانشمند ایرانی در علوم مختلفی از جمله ریاضی، ستاره‌شناسی، تقویم‌شناسی، انسان‌شناسی، تاریخ‌نگاری، گاه‌نگاری و طبیعت‌شناسی صاحب‌نظر بود.

ماری کوری اولین دانشمند زنی بود که در پی کشف و اثبات رادیواکتیویته موفق به کسب جایزه نوبل شد. همچنین نام او به‌عنوان اولین فردی که در دو رشته (شیمی و فیزیک) موفق به کسب جایزه نوبل شده است، در تاریخ ثبت شده است. نیکولا تسلا از نبوغ و استعداد خاص در زمینه فیزیک و الکتریسیته برخوردار بود که از او شخصیتی اسرارآمیز ساخته است. تحقیقات این دانشمند نشانگر آن است که او سال‌ها و قرن‌ها از زمانی که در آن می‌زیست جلوتر بوده است.

واژگان کلیدی: کیمیاگری، آزمایش تجربی، رادیواکتیویته، تسلامتر

* عهده‌دار مکاتبات: استاد. تلفن: ۰۲۱۶۶۴۰۳۹۵۷، نشانی الکترونیکی: moosavi@ut.ac.ir

^۱ مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک، دانشگاه تهران، تهران

^۲ پردیس علوم، مؤسسه الکتروشیمی، دانشگاه تهران، تهران

جابر ابن حیان (۱۰۳-۱۹۴ هجری شمسی)



شکل ۱: انبیق

ابوموسی جابر بن حیان، حدود سال ۱۰۳ هجری شمسی برابر با سال ۷۲۱ میلادی، در شهر توس از توابع خراسان در زمان حکومت اموی چشم به جهان گشود.

طبق تاریخ، این زمان با هنگام برآمدن شاهزاده‌نشین‌های موراویا و نیترا در اروپای مرکزی مصادف است. پدر جابر، عبدالله حیان که داروفروش بود، به خاطر پیوستن به جنبش عباسیان برای براندازی حکومت اموی دستگیر و اعدام شد. وی پس از مرگ پدر و در زمان نوجوانی، در پی علاقه‌مندی به دست نوشته‌های باقی‌مانده از پدر، تصمیم گرفت راه او را ادامه دهد. سال‌های جوانی او در توس گذشت و طبق گفته ابن ندیم بعدها در شهر کوفه مشغول به کار شد، به شغل کیمیاگری پرداخت و در سال‌های میانی زندگی‌اش به بغداد آمد [۱-۳]. به اعتقاد وی، کیمیا، سلطان تمام علوم محسوب می‌شده است. به گونه‌ای که کیمیا همچون دانش بنیادی است که علوم دیگر از آن سرچشمه می‌گیرند و به آن باز می‌گردند. هدف نهایی کیمیاگری درک عمق حکمتی است که پدیده‌های طبیعی از آن سامان یافته است. به تعبیر جابر بن حیان، کیمیا فلسفه است و فردی که موفق به کشف اسرار آن شود، به سایر علوم راه پیدا می‌کند. راه دستیابی به دانش در مکتب او، راه یگانه‌ای است، به گونه‌ای که کیمیاگر در ابتدا باید علوم ریاضی، منطق و فلسفه و پزشکی را مطالعه کند تا برای مطالعه کیمیا (شیمی) آماده شود. سپس می‌باید در آزمایشگاه برای یافتن اکسیر اعظم (وسیله‌ای برای تبدیل اشیاء به یکدیگر) به تلاش و آزمون و خطا بپردازد. موفقیت در این روند، نشان‌دهنده درست گام برداشتن در دستیابی به علم نهانی در کتاب طبیعت است. علاوه بر این، پژوهش کیمیاگر در این مسیر باعث تغییر و تبدیل خودش نیز می‌شود. به عبارت دیگر، مهم‌ترین هدف از کیمیاگری، پیدایش انسانی والا تر است. به عقیده جابر بن حیان، انسان همان است که خود می‌پندارد. اگر وی اسرار الهی را که موجب حیات و تغییرات موجودات می‌شود، درک کند، خود او نیز روحانی خواهد شد. کیمیاگر در نهایت پژوهش‌هایش به سوی دستیابی به هدفی غایی حرکت می‌کند [۴]. جابر بن حیان در رساله‌ای

کوتاه اما با ارزش با عنوان کتاب الماجد این سیر و سلوک را شرح داده است که روشی بنیادی به سوی علم الهی به نظر می‌رسد. شایان ذکر است که امروزه به مرور این تفکر در جهان در حال گسترش است که با حضور انسان متعالی می‌تواند به کشف و فناوری مرغوب نیز منجر گردد.

اکسیر در علم کیمیاگری، به منزله دارو در علم پزشکی است. جابر بن حیان اکسیرهای مورد استفاده خود را از انواع موجودات سه‌گانه (فلزات، حیوانات و گیاهان) به‌دست می‌آورد. به تعبیر وی، اساس صنعت کیمیا را هفت فلز طلا، نقره، مس، آهن، سرب، جیوه و قلع را (فلزات اصلی) تشکیل می‌دهند و یا به عبارت دیگر قوانین علم کیمیا بر اساس این هفت فلز استوار است [۵]. نظر او بر این است که خود این کانی‌ها از ترکیب دو کانی اساسی، یعنی گوگرد و جیوه که به نسبت‌های مختلف باهم ترکیب می‌شوند و به‌دست می‌آیند. بنابراین، تفاوت میان فلزات هفت‌گانه تنها به تفاوت نسبت ترکیب گوگرد و جیوه در آنها برمی‌گردد. اما طبیعت گوگرد و جیوه، تابع عامل زمینی (به معنای تفاوت خاک زمینی که این دو کانی در آن به وجود می‌آیند) همچنین عامل زمانی (به معنای تفاوت وضعیت ستاره‌ها به هنگام پیدایش آنها) است [۶ و ۷].

شایان ذکر است، انواع گوناگونی از وسایل آزمایشگاهی، از جمله انبیق به اسم جابر بن حیان ثبت شده است. همچنین، کشف مواد شیمیایی متعددی همچون هیدروکلریک اسید، نیتریک اسید، تیزاب (مخلوطی از دو اسید یاد شده)، سیتریک اسید (جوهر لیمو) و استیک اسید (جوهر سرکه) و فرآیندهایی چون تبلور و تقطیر که در شیمی امروزی به‌کار گرفته می‌شود از جمله یافته‌های او می‌باشند. علاوه بر موارد ذکر شده، او پژوهش‌های دیگری درباره روش‌های استخراج و خلص‌سازی طلا، حکاکی روی طلا، جلوگیری از زنگ زدن آهن، رنگرزی و نم‌ناپذیر کردن پارچه‌ها و تجزیه مواد شیمیایی ارائه کرده است. از جمله دیگر کشف‌های وی که در جوامع مدرن امروزی کاربرد دارد، می‌توان قلم نوری را نام برد که قلمی است که جوهر آن در تاریکی نور منتشر می‌کند. حتی دسته‌بندی امروزی بعضی از عنصرها به فلز و نافلز را می‌توان در دست نوشته‌های وی پیدا کرد [۸].

آثار متعدد جابر ابن حیان سال‌ها بعد از او توجه کیمیاگران اروپایی را به خود جلب کرد و به عنوان منابع معتبری مورد

استفاده قرار گرفته است، به طوری که این کتاب‌ها تأثیر عمیقی بر تغییر و تصحیح دیدگاه کیمیاگران غربی گذاشته است و شاید به همین علت باشد که او به عنوان پدر علم شیمی شناخته می‌شود [۸].

وی در یکی از آثار خود تاریخ بشر را قابل قیاس با کیمیاگری عظیمی دانسته است که هدف آن رسیدن از نقص (انسان صغیر) به کمال (انسان کبیر) است. در اینجا صرفاً نماد کیمیا مطرح نیست بلکه می‌تواند وسیله‌ای باشد که موجب تحول در بشر می‌شود. پیر لوری نویسنده مقاله‌ای در دانشنامه جهان اسلام نتیجه گرفته است که مجموعه آثار جابر بن حیان نه فقط شامل مجموعه‌ای از نظریه‌پردازی‌های علمی و عقیدتی است، بلکه شامل طرحی برای تکامل بشریت نیز هست [۹].

نقل است که این دانشمند بزرگ در سال ۲۰۰ در شهر توس در حالی که کتاب الرّحمة را زیر بالین داشت، درگذشت.

ابوریحان بیرونی (۳۶۲-۴۴۲ هجری قمری)



شکل ۱: اسطرلاب

ابوریحان محمد بن احمد، ۳ ذیحجه ۳۶۲ قمری، برابر با ۴ سپتامبر ۹۷۳ میلادی در زمان حکومت سامانیان بر ایران، در منطقه‌ای بیرون خوارزم در خانواده خوارزمی تبار به دنیا آمد. ابوریحان بیرونی در عصری متولد شد که از لحاظ علمی و

فلسفی بسیار پویا بود و شعر و نثر پارسی مورد گرامیداشت بیشتر پادشاهان سامانی، بزرگان آل بویه و امیران آل زیار بود. در آن زمان بیشتر مناطق اروپای غربی در پی یورش جنگویان وایکینگ توسط نظام فتودالی سازمان‌دهی شده بود. از دانشمندان، عارفان و شاعران هم دوره با وی می‌توان به بوعلی سینا (دانشمند سرشناس ایرانی)، شیخ ابو سعید ابوالخیر (عارف و شاعر نامدار ایرانی)، ابن هیثم (از بزرگترین فیزیکدانان و ریاضیدانان)، ابوالقاسم فردوسی (شاعر حماسه‌سرای ایرانی) اشاره کرد. ابونصر منصور بن علی عراق (ریاضیدان، منجم ایرانی) شخصی بود که تعلیم و تربیت ابوریحان را برعهده گرفت [۱۰، ۱۱]. از دوران نوجوانی شوق بیش از اندازه به دانش

اندوزی در وجود ابوریحان موج می‌زد چنانکه به عنوان مثال میوه‌ها و دانه‌ها و گیاهان مختلف را جمع‌آوری می‌کرد، به نزد مردی یونانی که در خوارزم اقامت داشت می‌برد، نام یونانی آنها را می‌پرسید و یادداشت می‌کرد [۱۲]. او از همان آغاز جوانی مشغول تحقیق و تألیف شد و تقریباً در سن ۱۸ سالگی در رصد آسمان توانا شده بود. وی بیست و پنج سال اول زندگی خود را در خوارزم گذراند و در آنجا به مطالعه رشته‌های حقوق اسلامی، الهیات، دستور زبان، ریاضیات، نجوم و سایر علوم پرداخت. در آن زمان، خوارزم به فرهنگ پیشرفته خود مشهور بود چرا که شهرهای آن دارای کاخ‌ها و دانشکده‌های مذهبی باشکوهی بودند و علوم در آن بسیار پیشرفته بود. ابوریحان با دیگر دانشمندان هم عصر خود مکاتبات علمی مهمی داشت، به طوری که مکاتبات علمی وی و ابن سینا بسیار معروف است [۱۰، ۱۱، ۱۳]. در سال ۳۸۵ هجری قمری پس از انقراض آل افریغ، به ناچار زادگاهش را ترک کرد، به شهرهای مختلف سفر کرد و در سفری که به ری داشت، دچار تنگدستی شد. وی در رابطه با این موضوع، حکایتی را در آثار الباقیه بیان کرده است که در اینجا خلاصه‌ای از آن را آورده‌ایم: روزی ابوریحان در برخورد با یکی از منجمان در ری، متذکر اشتباه وی در محاسباتش شد. منجم که اطلاعاتش بسیار کمتر از ابوریحان بود و خود نیز نسبت به این موضوع آگاهی داشت، تذکر او را تکذیب کرد. ابوریحان متوجه شد که رفتار غیرمنطقی آن منجم به دلیل توانگر بودن وی نسبت به اوست و جالب‌تر اینکه بعد از توانگرتر شدن ابوریحان، همان منجم نظر او را تصدیق کرد [۱۰]. ابوریحان در طول عمر خود به شهرهای مختلفی سفر می‌کرد، طول و عرض جغرافیایی آنها را اندازه‌گیری می‌کرد و سپس موقعیت هر شهر را روی یک کره مشخص می‌کرد. وی با این کار پس از سال‌ها توانست آن نقاط را روی یک نقشه مسطح پیاده کند و همین امر مقدمه نقشه‌برداری (کارتوگرافی) بود که با ابوریحان آغاز گردید.

در سال ۳۸۸، ابوریحان به دربار امیر طبرستان رفت و در آنجا اثر مهمی معروف به «گاهنامه ملل باستان»، نوشت که هدف از آن تعیین هرچه دقیق‌تر بازه زمانی ادوار مختلف بوده است. این کتاب همچنین در مورد نظام‌های مختلف تقویم مانند عربی، یونانی و فارسی و دیگر موارد بحث می‌کند [۱۴]. وی هنگامی که به گرگان رفت، در دربار امیر شمس المعالی قابوس بن وشمگیر اقامت گزید و کتاب مشهور خود الآثار و الباقیه را در

اسلام مطرح شود. ابوریحان در زمان سلطان مسعود غزنوی سومین اثر مشهور خود یعنی قانون مسعودی را به سلطان مسعود تقدیم کرد که این کتاب در حکم دایره المعارف نجوم و حیات آن دوره است. این کتاب قرن ها جزو مهم ترین کتب مرجع در علوم ستاره شناسی و ریاضی بوده است. مقاله سوم کتاب قانون مسعودی نشان می دهد که ابوریحان پیش از خواجه نصیرالدین طوسی مثلثات را به صورت علمی مستقل در آورده است. همچنین، واحد شعاع دایره در محاسبه سینوسی یکی دیگر از مهمترین ابتکارات او است و اگر جدول سینوس های منتشر شده در کتاب قانون مسعودی را اعشاری در نظر بگیریم، جدولی به دست می آید که امروزه به کار برده می شود [۱۰].

مطالعه تاریخ علم در اروپا نشان می دهد که در اواخر دوره زندگی ابوریحان (حدود سال ۱۰۵۰)، دانشمندان اروپایی با جستجوی یادگیری علوم باستان در متون یونانی و عربی و ترجمه آنها به لاتین به دانش موجود دست یافتند. فرضیاتی مانند اعتقاد وی به وجود قاره آمریکا جزو اعجاب انگیزترین نظریات او به حساب می آید. حکما و جغرافی دانان آن زمان مطمئن بودند که هیچ سرزمین قابل سکونت در محدوده جغرافیایی آمریکای کنونی وجود ندارد. کریستف کلمب هم قرن ها بعد و بر اثر یک اشتباه، به قاره آمریکا رسید. هم چنین، ابوریحان بسیاری از مسائل دقیق زمین شناسی از جمله دلیل فوران چاه های آب فشان یعنی آرتزین را شرح داده است که دانشمندان غربی قرن ها بعد به این موضوع رسیدند [۱۰]. جرج سارتن در کتاب «مقدمه ای بر تاریخ علم» به استعدادهای او اشاره کرده و بیان داشته است: «ابوریحان نه تنها از جمله فیلسوفان و ریاضیدانان و جغرافیدانان مشهور است، بلکه از بزرگ ترین تاریخ نویسان اسلام و از مشهورترین دانشمندان جهان می باشد».

در سال ۴۲۷ هجری قمری، ابوریحان فهرستی از آثار محمد بن زکریای رازی [۱۳] فراهم کرد و در کنار آن عناوین ۱۱۳ جلد از آثار خود را که تا آن زمان نوشته بود و اسامی ۲۵ جلد کتابی که دیگران به نام وی نوشته بودند، گردآوری کرد. تقریباً تعداد نوشته های ابوریحان را در حدود ۱۴۸ تا ۱۵۲ عنوان می توان تخمین زد. تنوع موضوعی این آثار از وسعت معلومات ابوریحان حکایت می کنند. این کتب و رسالات در زمینه ی ستاره شناسی، حساب، هندسه، مثلثات، نقشه کشی، فیزیک، جغرافیا، تاریخ، گاه شمار، مکانیک، دین شناسی، اسطوره شناسی، پزشکی، زبان

سال ۳۹۱ قمری به نام او نگاشت. شمس المعالی قصد داشت ابوریحان را به وزارت بردارد و همه امور مملکت را به وی بسپارد اما او نپذیرفت و اندکی بعد به خوارزم بازگشت. در آن زمان ابوالحسن علی بن مامون بر خوارزم پادشاهی می کرد و فرمانروایی بسیار دانش دوست بود و می کوشید دانشمندان را به دربار فراخواند. به گفته نظامی عروضی، دربار خوارزم در آن روزگار جایگاه دانشمندان بزرگی همچون ابونصر عراق، ابوالخیر، بوعلی سینا، ابوسهل مسیحی بود و ابوریحان نیز از آن جمله به شمار می آمد [۱۲].

این دانشمند اغلب اوقات سرگرم تفکر و پژوهش و نوشتن بود چنان که جز دو روز از سال (نوروز و مهرگان)، نوشتن را کنار نمی گذاشت. حتی در هنگام مرگ نیز در فکر آموختن بود و از طرح سؤال باز نمی ایستاد. از دوست فاضلی نقل است: به دیدار ابوریحان رفتم و ایشان را در حال مرگ یافتم، در آن حال از من پرسید مگر نگفته بودی که فلان مسئله را به تو می آموزم و من از سر دلسوزی پاسخ دادم در این حالت مگر می شود؟ وی پاسخ داد اگر این مسئله را بدانم و بمیرم بهتر است یا اینکه ندانسته جهان را ترک کنم. مسئله را توضیح دادم و آن را به خاطر سپرد. او را ترک کردم و هنوز در راه خانه بودم که صدای شیون از خانه وی برخاست [۱۲].

این دانشمند بزرگ ایرانی در رشته های ریاضیات، تاریخ و پزشکی تحصیل کرده و در علوم مختلفی از جمله ریاضی، ستاره شناسی، تقویم شناسی، انسان شناسی، هندشناسی، تاریخ نگاری، گاه نگاری و طبیعت شناسی تبحر داشت. در سفر محمود غزنوی به هندوستان، ابوریحان همراه او بود و در پی معاشرت با حکما و علمای هند زبان سانسکریت را آموخت و امکانات لازم را برای تألیف کتاب خود (تحقیق مالهند) جمع آوری کرد. پس از آن اثر مفصل «شرح هند» را نوشت که اثری درباره تاریخ فرهنگی هند است [۱۵]. او کتاب «التفهیم» را به هر دو زبان فارسی و عربی نگاشت و در نوشتن متن فارسی ذوق ادبی بسیاری به کار برد. التفهیم نیز شامل پنج فصل است که به ترتیب، موضوعات هندسه، حساب، جبر و مقابله، هیئت و جغرافیا و بوم شناسی، اسطرلاب، احکام نجوم را در برمی گیرد. این آثار همراه با دانشنامه علایی اثر ابن سینا و تعدادی دیگر از آثار فارسی قرن چهارم و پنجم زمینه ای فراهم آورده اند تا به مرور زمان زبان فارسی بتواند به زبان علمی و فلسفی در جهان

نگاهی به زندگی علمی دانشمندان ایران و جهان

شناسی، کانی‌شناسی، ادبیات، فلسفه و... تألیف و ترجمه شده‌اند [۱۰، ۱۶].
این حکیم نامدار هم چنین مناعت طبع بسیار بلندی داشت. به‌عنوان مثال در داستانی آورده‌اند که وقتی کتاب قانون مسعودی را نوشت، سلطان مسعود مجسمه فیلی از جنس نقره را به‌عنوان هدیه برای وی فرستاد اما ابوریحان آن را نپذیرفت و آن را به خزانه مملکت برگرداند و گفت من این مال را نیاز ندارم، زیرا که عمری به قناعت زندگی کرده‌ام و تمایل ندارم از این پس نیز روش زندگی‌ام را تغییر دهم. ابوریحان بیرونی یکی از چهار دانشمندی است که تندیس او در مقابل ساختمان سازمان ملل در شهر وین در کشور اتریش بنا شده است [۱۰]. هم‌چنین روز سیزدهم شهریورماه در تقویم با عنوان روز بزرگداشت ابوریحان بیرونی نام گرفته است.

او در سن بیست و شش سالگی با پیر کوری سی و چهار ساله آشنا شد. در آن زمان، ماری به پیشنهاد شرکت تشویق و ترویج صنایع ملی درباره خواص مغناطیسی انواع مختلف گونه‌های فولاد مشغول تحقیق بود اما آزمایشگاه مناسبی برای این منظور در اختیار نداشت. برای حل این مشکل، ملاقاتی میان ماری و پیر از جانب دوست مشترکشان صورت گرفت. پیر از اینکه می‌توانست به راحتی با یک زن درباره اصطلاحات فنی صحبت کند، بسیار شگفت‌زده شده بود. در سال ۱۸۹۵، زمانی که پیر از پایان نامه دکتری خود دفاع کرد، همراه ماری به نزد پدر و مادر خود در شهر سو رفت و پس از ازدواجشان ماری دیگر به طور رسمی ماری کوری شناخته می‌شد [۲۰، ۲۱].

پس از بازگشت آنها به پاریس، ماری کوری به‌طور پاره‌وقت کار می‌کرد تا ضمن کمک به تأمین هزینه‌های زندگی مشترک، مبلغی هم به انجام تحقیقات پیر کمک کند. ضمن این موضوع، ماری کوری هر روز ۸ ساعت را مشغول کار در آزمایشگاه بود و ۵ ساعت نیز به مطالعه می‌پرداخت.

در اواخر سال ۱۸۹۶، ماری کوری گواهینامه تدریس را دریافت نمود و در حالی‌که باردار نیز بود، خود را برای دریافت درجه دکتری آماده می‌کرد. در آن زمان هیچ زنی در فرانسه چنین درجه‌ای نداشت و تدریس در دانشگاه تنها کار مردان بود. با وجود تمام سختی‌های بارداری، ماری کوری این دوره را نیز با موفقیت گذراند و در ۱۲ دسامبر ۱۸۹۷ دخترش ایرن را به دنیا آورد. چهار ماه بعد، ماری مقاله‌ای در خصوص یافته‌های علمی هانری بکرل و ویلهلم رونتگن مطالعه نمود و همان وقت این سؤال در ذهنش جرقه زد که «چرا عناصری مانند اورانیوم بدون آنکه در معرض جریان الکتریکی قرار بگیرند، از خود نور نشر می‌کنند؟»

برونیسلاوا بوکوسکا دختر اصیل یک خانواده‌ی روستایی و همسرش، ولادیسلاوا اسکلودووسکا از نجبای زمین‌دار در مناطق شمال ورشو بودند که هر دو در مدرسه‌ای برای تحصیل دختران روسی به آموزگاری مشغول بودند. این زوج که در سال ۱۸۶۰ ازدواج کرده بودند، آخرین فرزند آنها دختری بود با نام مانیا که بعدها با نام ماری کوری معروف شد. در این زمان امپراتوری‌های عثمانی، اسپانیا و پرتغال نابود شده و امپراتوری‌های مغول و روم مقدس نیز به پایان رسیدند. همچنین، امپراطوری بریتانیا پس از جنگ‌های ناپلئونی، تبدیل به یکی از بزرگ‌ترین قدرت‌ها شده بود. با ازدست رفتن مادر و یکی از خواهران و ورشکستگی پدر، مانیا به لحاظ عاطفی در شرایط نامطلوبی قرار گرفت [۱۷، ۱۸].

ماری کوری (۴ نوامبر ۱۸۶۷-۴ جولای ۱۹۳۴)



شکل ۳: نماد مواد رادیو اکتیو

در سال ۱۸۹۰ مانیا در سن ۲۴ سالگی راهی پاریس شد. به محض رسیدن به منزل خواهرش وسایل را در آنجا نهاده و برای ثبت‌نام، به دانشگاه سوربن رفت. پس از انجام ثبت‌نام، نام او دیگر مانیا نبود چرا که همانجا نامش را به ماری اسکلودووسکا هجی کرده بودند. در این دوره ماری برای یادگرفتن زبان محاوره فرانسه بسیار سختی کشید و بسیار مطالعه می‌کرد [۱۸، ۱۹].

در سال ۱۸۹۰ مانیا در سن ۲۴ سالگی راهی پاریس شد. به محض رسیدن به منزل خواهرش وسایل را در آنجا نهاده و برای ثبت‌نام، به دانشگاه سوربن رفت. پس از انجام ثبت‌نام، نام او دیگر مانیا نبود چرا که همانجا نامش را به ماری اسکلودووسکا هجی کرده بودند. در این دوره ماری برای یادگرفتن زبان محاوره فرانسه بسیار سختی کشید و بسیار مطالعه می‌کرد [۱۸، ۱۹].

نگاهی به زندگی علمی دانشمندان ایران و جهان

در سال ۱۹۱۴، با وقوع جنگ جهانی اول بار دیگر زندگی ماری کوری متحول شد چرا که تصمیم گرفت همراه با هانری بکرل در جنگ حضور علمی داشته باشد. به این منظور، در کنار دخترش ایرن که هفده ساله شده بود با ماشین‌های دارای دستگاه رادیولوژی همزمان در مناطق جنگی شروع به فعالیت کرد. در طول جنگ جهانی، تقریباً یک میلیون مجروح جنگی به کمک این دستگاه‌ها تحت شناسایی بیماری و درمان قرار گرفتند و همچنین، رؤیای دیرینه ماری کوری، حقیقت پیدا کرد [۲۳]. ماری کوری دو سال بعد هنگامی که برای آخرین بار قدم در آزمایشگاه پیر نهاد، به تبی مضمّن دچار شده بود که پزشکان هیچ‌یک قادر به تشخیص علت آن نبودند و او سرانجام در سن شصت و شش سالگی در گذشت. در مراسم خاکسپاری وی، تابوت ماری کوری را روی تابوت پیر قرار دادند و خواهر و برادرش نیز مشتی از خاک لهستان را کنار مزارش نمودند. بعدها علت مرگ ماری کوری ابتلا به سرطان خون تشخیص داده شد که در اثر تماس بسیار زیاد با اشعه رادیواکتیو ایجاد شده بود. از این دانشمند بزرگ جمله‌ای را به یاد می‌سپاریم: «من آموختم که راه پیشرفت، سریع و آسان نیست».

نیکولا تسلا (۱۰ ژوئیه ۱۸۵۶ – ۷ ژانویه ۱۹۴۳)



شکل ۴: تسلا متر

چهارمین فرزند خانواده‌ای با سرپرستی میلو تین تسلا که یک کشیش اورتودوکس بود و دوکا تسلا که فرزند یک کشیش بود، در دهکده اسمیلیان که در آن سال‌ها

تحت سلطه جبهه نظامی کروات امپراتوری اتریش بود، با نام نیکولا تسلا متولد شد. شبی که تسلا متولد شد هوا طوفانی و پر رعد و برق بود. قابله‌ای که او را به دنیا آورد، فکر می‌کرد او فرزند شومی خواهد بود ولی مادر وی بر این باور بود که او فرزند نور است. مادر تسلا، استعداد عجیبی در ساختن وسایل، تعمیر تجهیزات و استفاده کاربردی از علم مکانیک، علی‌رغم داشتن تحصیلات آکادمیک داشت. گویا هوش و استعداد ذاتی تسلا به صورت ژنتیکی و تربیتی از مادرش به وی منتقل شده بود. نیکولا تسلا ۳ خواهر و یک برادر بزرگتر داشت. او در سال

همین سؤال موجب آن شد که ماری کوری با همراهی پیر در زیرزمینی کوچک و نمور که از سوی مدرسه فیزیک در اختیار آنها قرار داده شده بود، کارهای تحقیقاتی‌اش را آغاز کند که منجر به کشف اشعه رادیواکتیو شد. اولین مقاله ماری کوری در خصوص رادیواکتیویته در سال ۱۸۹۸ تقدیم آکادمی علوم فرانسه شد. کشف بعدی ماری کوری، عنصری با نیمه عمر ۱۳۸ روز بود که به احترام کشورش، آنرا پلونیوم نام نهاد. بعد از آن نیز با همراهی پیر، رادیوم را کشف کرد و سال‌های بعد برای این زوج به تحقیق و آزمایش برای اثبات وجود و تجزیه این عناصر گرانبها گذشت و از همان زمان، هر دو بی‌آنکه مطلع باشند از مسمومیت‌های ناشی از اشعه رادیواکتیو رنج می‌بردند [۲۲-۲۰].

در سال ۱۹۰۳، ماری و پیر کوری به همراه هانری بکرل موفق به کسب جایزه نوبل فیزیک در خصوص اثبات رادیواکتیویته شدند و این اتفاق زندگی آنها را دگرگون نمود چرا که در طول تاریخ، تنها تعداد کمی از دانشمندان و به‌خصوص ماری کوری به‌عنوان یک زن در طی زندگی علمی خود توانستند به چنین جایگاهی دست پیدا کنند. در سال ۱۹۰۵، ماری کوری، همسرش را در اثر تصادف از دست داد و ضربه روحی شدیدی بخاطر از دست دادن بزرگترین حامی و همراه خود در زندگی متحمل شد. پس از مرگ پیر، دانشگاه سوربن به ماری کوری پیشنهاد کرد تا به جای پیر، کرسی استادی وی را قبول کند. به این ترتیب، ماری کوری اولین زنی لقب گرفت که به‌عنوان استاد در دانشگاه سوربن فرانسه به تدریس مشغول شد.

در دسامبر سال ۱۹۱۱ به پاس قدردانی از زحمات ماری کوری در انجام جداسازی رادیوم جایزه نوبل شیمی به وی تقدیم شد. در طی این سال‌ها، ماری کوری دچار ضعف عمومی شده بود و کمتر توان انجام کارهای تحقیقاتی داشت. در همین حین بود که کارهای ساخت مؤسسه علمی رادیوم را به اتمام رساند؛ مؤسسه‌ای که به احترام و زنده نگاه داشتن یاد پیر آن را پایه‌گذاری کرده بود. شایان‌ذکر است که ماری کوری تنها دانشمند زنی است که دو بار جایزه نوبل در علوم فیزیک (۱۹۰۳) و شیمی (۱۹۱۱) دریافت نموده است. او همچنین در سال ۱۹۶۲ جایزه نوبل صلح را دریافت نمود. البته دریافت این جایزه ارزشمند در این خانواده علمی بعد از ماری کوری نیز ادامه داشت به‌طوری که دختر و داماد او نیز جایزه نوبل دریافت نمودند.

۱۸۶۱ به مدرسه ابتدایی اسمیلیان رفت و در آنجا زبان آلمانی، ریاضیات و علوم دینی آموخت. در سال ۱۸۶۲ خانواده وی به منظور فعالیت پدرش به عنوان کشیش محلی، به شهر گوسپیچ^۱ مهاجرت کردند. تسلا تحصیلات ابتدایی و راهنمایی را در این شهر به پایان رساند. او در سال ۱۸۷۰، برای ادامه تحصیلش در مقطع دبیرستان به شهر کارلوواک^۲ رفت [۲۴، ۲۵].

در سالهای تحصیل در دبیرستان، معلم فیزیک او باعث علاقمندی تسلا به این علم شد. اشتیاق فراوان تسلا به دنبال کشف منبع نیرویی اسرارآمیز در خصوصیات رفتاری او بود. نبوغ و حافظه شگفت‌انگیزش برجسته‌ترین ویژگی‌های وی بودند که به او توانایی محاسبه عمل انتگرال را به صورت ذهنی در سنین کم داده بود. در سال ۱۸۷۳، تسلا هنگام بازگشت به زادگاهش، به بیماری وبا دچار شد که ۹ ماه درگیر این بیماری بود. پدر تسلا به او قول داده بود که بعد از درمان، او را به بهترین دانشگاه مهندسی بفرستد. او در سال ۱۸۷۴ توسط ارتش اتریش-مجارستان در اسمیلیان به خدمت سربازی فراخوانده شد؛ اما تسلا به این فراخوان توجه نکرد و به دهکده یتومیناژ در گراکاک رفت. او این سال‌ها را به عنوان سال‌های تأثیرگذار در روحیه خود می‌دانست زیرا با خواندن کتاب‌های مارک تواین و نزدیکی با طبیعت توانست روحیه خود را پس از بیماری به دست آورد [۲۶، ۲۷].

ساعت کاری و تحقیق تسلا در دوران دانشجویی هر روز از ساعت ۳ صبح تا ۱۱ شب بود. تسلا پس از مرگ پدر، مجموعه‌ای از نامه‌های دانشگاه که به پدر وی نوشته شده بود را پیدا کرد. در این نامه‌ها به خانواده تسلا هشدار داده بودند که اگر وی را از دانشگاه خارج نکنند، قطعاً به خاطر کار زیاد جان خود را از دست خواهد داد. هر چند که در طی سال‌های تحصیل، برخی عادات نامطلوب تسلا، موجب از دست دادن درآمد و پس‌انداز او شد که در نهایت به شکست در امتحانات سال سوم دانشگاه منجر گردید و او به این دلیل هیچ‌گاه از دانشگاه فارغ‌التحصیل نشد [۲۸].

نیکولا تسلا در سال ۱۸۷۸ شهر گراتس را ترک کرد و با اعضای خانواده نیز قطع رابطه کرد، زیرا نمی‌خواست آنها متوجه شوند که دانشگاه را ترک کرده است. او به شهر ماریبور در اسلونی

کنونی رفت و به عنوان طراح کار می‌کرد. اعتیاد به قمار او همچنان ادامه داشت. او در سال ۱۸۷۹ و پس از رد کردن تقاضای پدرش برای بازگشت به خانه و سپس فوت پدر، از لحاظ روانی دوران حادی را پشت سر گذاشت [۲۴].

تسلا در سال ۱۸۸۱ به بوداپست، پایتخت مجارستان رفت تا زیر نظر تیودا پوشکاش در شرکت تلفن و تلگراف کار کند. در ابتدای دوران کاری او، تسلا به عنوان نقشه‌کش و طراح در دفتر مرکزی تلگراف شهر مشغول به کار بود. پس از شروع به کار رسمی شرکت، عنوان شغلی تسلا به مدیر بخش برق تغییر یافت. در طول این فعالیت، تسلا طرح‌ها و پیشرفت‌های زیادی در سیستم تلفن و برق ایستگاه مرکزی ایجاد کرد که یکی از آنها اختراع یک آمپلی‌فایر تلفن بود که البته هیچ‌گاه معرفی یا ثبت اختراع نشد [۲۹ و ۳۰].

پوشکاش در سال ۱۸۸۲، تسلا را برای کار در شعبه پاریس شرکت بین‌المللی ادیسون اعزام کرد. زمینه اصلی کار شرکت ادیسون، طراحی، نصب و اجرای سیستم روشنایی داخلی با لامپ رشته‌ای بود. تسلا در شعبه ایوری سورسن این شرکت مشغول به کار شد که دوران بسیار پرتجربه‌ای برای وی بود. با توجه به درک استعداد بالای وی توسط مدیران شرکت ادیسون، مسئولیت‌های بیشتری از جمله طراحی دینام و موتورهای پیشرفته به وی واگذار شد. تسلا در سال‌های فعالیت در این کارخانه بزرگ، دیدارهای کوتاهی با مؤسس آن یعنی توماس آلوا ادیسون، داشت. پشتکار تسلا به منظور تعمیر یک ژنراتور در کارخانه باعث شد ادیسون توجهش به وی جلب شود و او را فردی بسیار عالی برای شرکت خطاب کند. بهبود لامپ‌های قوس الکتریکی شرکت ادیسون برای نصب در محیط‌های شهری، یکی از پروژه‌های تسلا در شرکت ادیسون بود. ولتاژ بسیار بالایی که این لامپ‌ها احتیاج داشتند، توسط امکانات کارخانه ادیسون در آن زمان قابل پشتیبانی نبود و این یک شکست برای شرکت محسوب می‌شد. تسلا در بهبود این لامپ‌ها تلاش کرد اما طرح‌های او هیچ‌گاه عملی نشد. تسلا پس از ۶ ماه کار در کارخانه بزرگ ادیسون، آن را ترک کرد. دلایل این تصمیم به احتمال زیاد بدقولی‌های شرکت ادیسون و مدیر مستقیم تسلا در اهدای پاداش به او بوده است. ناگفته نماند که

¹ Gospic

² Karlovac

طولانی پس از مرگش به ثمر ننشسته‌اند، نمی‌کاهد. از مهم‌ترین اقدامات وی می‌توان به تأسیس شرکت برق تسلا، اختراع موتور القایی، سیم پیچ تسلا، روشنایی بی‌سیم، اسپلاتور یا نوسان‌ساز تسلا، مشاوره تولید برق از آبشار نیاگارا، قایق کنترل از راه دور، انرژی برق بی‌سیم و توربین بدون پره اشاره کرد. بسیاری از اختراعات و آزمایشات تسلا پس از مرگش در انحصار دولت ایالات متحده در آمد. تمام دارایی‌های او توسط دفتر املاک Alien نهایتاً به خانواده‌اش برگشت داده شد اما تعدادی از آنها نیز هم‌چنان پنهان باقی مانده است [۲۵].

نیکولا تسلا در ۷ ژانویه سال ۱۹۴۳ در سن ۸۶ سالگی از دنیا رفت. او روز آخر عمر خود را در اتاقی در هتل نیویورکر سپری کرد و جسدش ۲ روز بعد توسط خدمتکار هتل پیدا شد. خواهرزاده او در بازگرداندن دارایی‌های تسلا به زادگاهش تلاش بسیاری کرد و این اتفاق در سال ۱۹۵۲ انجام شد و ۸۰ صندوق بزرگ، از تمام دارایی‌های تسلا را به بلگراد بازگرداندند. خاکستر نیکولا تسلا نیز در سال ۱۹۵۷ از آمریکا به بلگراد منتقل شد و از آن پس در یک گوی طلایی در موزه نیکولا تسلا نگهداری می‌شود. تاکنون جوایز متعددی به نام این مخترع به ثبت رسیده‌اند [۲۶].

از گفته‌های او می‌توان آموخت که ما در جهان هستی هر لحظه در معرض ایده‌های بی‌شمار و گوناگونی قرار داریم، مهم نیست این ایده‌ها چه قدر پوچ یا با معنی هستند. مهم این است که تنها از همین مسیر است که می‌توان تخیل خود را از زندگی بیرون کشید و زمانی که این کار را انجام دهیم، بخش عظیمی از رسالت خود را به انجام رسانده و بر جهان پیرامون، تأثیر خود گذاشته‌ایم. همان‌طور که تسلا می‌اندیشید: ممکن است پرتوی نور ستاره‌ای در دوردست‌ها که بر سطح چشم ستمگری در تاریخ افتاده است، زندگی او را دچار تحول کرده باشد، ممکن است سرنوشت ملتی یا جهان را دگرگون کرده باشد. مهم ذات است که تأثیر یافته است، چرا که بر جهان هستی مجموعه‌ای بسیار گسترده و غیر قابل تصور از فرآیندهای پیچیده حاکم است که درک جزئیات آنها بسیار دشوار است.

برای رویارویی با ترس‌های خویش و درک ناشناخته‌ها، شجاعت لازم است. همان انتخابی که تسلا انجام داد. مهم نیست چه قدر زمان ببرد یا چند نفر تلاش کنند که شما را متوقف کنند. مهم جرأت و جسارت برای عمل کردن است.

به دلیل انجام آزمایش‌های الکتریکی با ولتاژهای بسیار بالا بر روی حیوانات مردم نسبت به این شرکت اعتراضات و تجمعات گسترده‌ای نشان می‌دادند و محبوبیت و شهرت تسلا نیز به طبع از آسیب و عوارض منفی این اقدامات مصون نماند [۳۱].

نیکولا تسلا که بیشترین دلیل شهرت وی قابل استفاده کردن جریان برق متناوب است، شخصیتی عجیب و مرموز داشت که وی را در مرز میان یک «دانشمند دیوانه» و «نابغه خلاق» قرار می‌دهد. تسلا بسیار کم می‌خوابید، به گونه‌ای که طبق گفته خودش، هیچگاه بیش از ۲ ساعت به خواب نرفته است. حتی از جان اونیل، نویسنده کتاب زندگینامه نیکولا نقل است که به گفته خود تسلا یک بار بدون آنکه استراحت کند ۸۴ ساعت پی در پی مشغول کار بوده است. مارک سیفر، یکی دیگر از نویسندگان زندگی نیکولا تسلا می‌گوید: تسلا یک فرد گیاه‌خوار بود که رژیم غذایی مخصوص خود را به شیر، عسل، نان، آب و سبزیجات محدود کرده بود. به گفته مارک سیفر، این مخترع بزرگ طبق عادت انگشتان پای خود را ورزش می‌داد و این تمرین را هر شب ۱۰۰ مرتبه برای هر یک از پاهای خود انجام می‌داد زیرا وی معتقد بود، ورزش دادن انگشتان پا محرک سلول‌های مغزی است. او همچنین به اختلالاتی که امروزه به عنوان وسواس شدید شناخته می‌شود، دچار بود [۳۲]. پس از ابتلا به وبا در نوجوانی، او به شدت در خصوص میکروب‌ها وسواس پیدا کرد به طوری که همه چیز را طبق یک روال بهداشتی شخصی بسیار سخت تمیز می‌کرد. گویا تسلا از منتقدین فیزیک‌دان بزرگ، آلبرت انیشتین بوده است [۳۳]. وی در طول دوران زندگی خویش دوستان صمیمی زیادی نداشت و تنها با مارک تواین رابطه نزدیک و صمیمانه‌ای داشت. از دیگر ویژگی استثنایی تسلا می‌توان به حس ششم و قدرت بالای پیش‌بینی وی اشاره کرد. اختراعات تسلا بارها مورد سرقت دانشمندان قرار گرفت. او همیشه در این مورد می‌گفت: برایم اهمیتی ندارد که آنها ایده‌های مرا دزدیدند. برای من مهم این است که آنها خود هیچ ایده‌ای ندارند. بگذارید تا آینده حقایق را آشکار سازد و هر کس را بر اساس کارها و دستاوردهایش ارزیابی می‌کنند. زمان حال متعلق به آنهاست، اما آینده، که برایش واقعاً تلاش کرده‌ام، از آن من خواهد بود [۲۶، ۳۴، ۳۵].

درست است که تسلا آن‌طور شناخته نشده است اما این موضوع چیزی از ارزش اختراعات شگفت‌انگیز وی را که حتی تا سالیان

نگاهی به زندگی علمی دانشمندان ایران و جهان

است [۳۶] اما دانش امروز ساینس بعد از رنسانس اینطور نیست. لذا شایسته است که دانشگاه‌های ایران گفتمان «حکمت و علم» را در سطح ملی و بین‌المللی مطرح نمایند تا مسیر آینده علم همسو با حکمت باشد.

سپاس

از دانشگاه تهران و صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران تشکر می‌گردد.

منابع و مؤخذ

- [1]. Amir, S. S., Tbakhti, A. (2007). Jabir ibn Hayyan, Ann. Saudi. Med. 27(1) 52-53.doi: 10.5144/0256-4947.2007.53.
- [2]. Holmyard, E. J. (1972). Digitalized version, University of Mishigan, ISBN 0598744991, 9780598744999.
- [3]. Hayyan, J. I. Nadim, I. (2020). The Philosopher's Stone is the Book of Jaber bin Hayyan, the Great Philosopher and Alchemist: Jabir's Biography Contains Many Mythological Aspects, Although External Evidence, ASIN: B086JBGS8Q.
- [4]. Allaf, M. A. (2020). The Comprehensive Book on Properties (Jābir ibn Ḥayyān Studies Series 3, ASIN: B08G4M9KYYX.
- [5]. Russel, R. (April 1, 1994). The Alchemical Works of Geber, Red Wheel/Weiser; Limited edition, ISBN-10: 0877288119.
- [۶]. کوه کن، ر. (۱۳۸۸). طغرای و شرح کتاب الرحمة جابر بن حیان. جاویدان خرد، ۶(۴)، ص ۷۱-۹۶.
- [۷]. خزائلی نجف آبادی، محمدباقر. (۱۳۹۱). جابر بن حیان و طبقه بندی علوم. نشریه تاریخ و فرهنگ اسلامی، ص ۷۳-۸۲.
- [۸]. باقری بیده‌ندی. ناصر. (۱۳۷۸). جابر بن حیان پدر شیمی. انتشارات نصر
- [9]. Green, T. M. (1992). The city of the Moon God: Religious Traditions of Harran (Religions in the Graeco-Roman World), Brill, p. 177.
- [۱۰]. طه‌وری، مهروش، (۱۳۹۱). آشنایی با مشاهیر علم. آشنایی با ابوریحان بیرونی، انتشارات ذکر، کتاب‌های قاصدک
- [11]. Gafurov, B. (1974). Al-Biruni, a Universal Genius Who Lived in the Central Asia a Thousand of Years Ago, The Unesco Courier, Pages 4-9.
- [۱۲]. دهقانی، محمد، (۱۳۹۷). ابوریحان بیرونی، انتشارات نشر نی
- [۱۳]. ابراهیمی. مهرناز، حسینی. الناز، نوروزی. پرویز، موسوی موحدی. علی اکبر. (۱۳۹۹). نگاهی به زندگی علمی دانشمندان بزرگ ایران و جهان (بخش اول)، نشریه نشا علم، سال یازدهم، شماره اول، ص ۱۰۲-۱۱۲

موضوع مهمی را که می‌توان از زندگی تسلا بهره‌برداری نمود این است که افراد خلاق گاهی در مدرسه و دانشگاه نمی‌توانند درس بخوانند اما خلاقیت آنها می‌تواند موجب اختراع و بخشی از نیازهای جامعه را رفع نماید. لذا خوب است مراکز خلاق محور ایجاد شود که افراد خلاق را حمایت و برای اختراعات آنها اهمیت قائل شود و سرمایه‌گذاری نمایند.



شکل ۵: این تسلامتر توسط یکی از دانشجویان آزمایشگاه بیوشیمی فیزیک در مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک دانشگاه تهران ساخته شده است.

نتیجه‌گیری

نظر به اینکه بیشتر دانشمندان ایران قدیم در قلمرو علوم بنیادی و پایه فعالیت علمی داشته‌اند و بیشتر دانشمندان غرب هم اینطور بوده‌اند لازم به نظر می‌رسد که زندگی‌نامه آنها به صورت سلسه مقالات منتشر گردد و از رویه آنها در علم و زندگی الگوبرداری شود. از آنجا که آینده از مسیر گذشته عبور می‌نماید، الگوبرداری از زندگی دانشمندان و مخترعان می‌تواند راه‌های جدید علم را برای دانشوران و محققان بگشاید. شناخت از زندگی و دستاوردهای دانشمندان گذشته می‌تواند زیرساخت‌های علم و فناوری‌های آینده را ترسیم نماید. همچنین، دانشمندان ایرانی نقش مهمی را در زیربنای علم امروز ایفا کرده‌اند که شایسته توجه جهانیان است. نشر اینگونه از مقالات از سیاست‌های سردبیری نشاء علم می‌باشد. حال که سازمان یونسکو سال ۲۰۲۲ را سال بین‌المللی علوم پایه برای توسعه پایدار نام‌گذاری نموده است پیشنهاد می‌شود دانشمندان تأثیرگذار قدیم ایران و جهان و دستاوردهای علمی آنها که موجب زیرساخت دستاوردهای علمی و نوآوری امروز شده است به مناسبت این نام‌گذاری به جامعه ایران و جهان معرفی شوند. البته شایان ذکر است دانشمندان قدیم ایران دانش آنها بر مبنای حکمت و علم بوده

- [26]. Tesla, N. (2005). *My Inventions: The Autobiography of Nikola Tesla*, Wildside Press.
- [27]. King, G. (2013). *The Rise and Fall of Nikola Tesla and his Tower*, Smithsonian Magazine.
- [28]. Carlson, W. B. (2015) *Tesla: Inventor of the Electrical Age* Paperback, Princeton University Press; Reprint edition.
- [29]. Cooper, C. (2015). *The Truth about Tesla: The Myth of the Lone Genius in the History of Innovation*, Race Point Publishing.
- [30]. Munson, R. (2019). *Tesla: Inventor of the Modern*, W. W. Norton & Company; 1st edition
- [31]. Jonnes, J. (2004). *Empires of Light: Edison, Tesla, Westinghouse, and the Race to Electrify the World*, Random House Trade Paperbacks.
- [32]. Wilson, D. H. (2008). *The Mad Scientist Hall of Fame*, Citadel Trade; Illustrated edition, ISBN-10 : 0806528796.
- [33]. Seifer, M. J. (2009). Article in *New Dawn Magazine*, chapter excerpt from: *Transcending the Speed of Light Consciousness, Quantum Physics & the Fifth Dimension*.
- [34]. Parker, C. A. (2015). *Master of Electricity - Nikola Tesla: A Quick-Read Biography about the Life and Inventions of a Visionary Genius*, (Volume 5) 1st Edition, CreateSpace Independent Publishing Platform; 1st edition.
- [35]. Tesla, N. (2008). *The Strange Life of Nikola Tesla*, BN Publishing., ISBN-10 : 956310044.
- [۳۶]. خامنه‌ای، سید محمد، (۱۳۸۰)، *سیر حکمت در ایران و جهان*. مؤسسه بنیاد حکمت اسلامی صدرا.
- [14]. Sparavigna, A. C. (2013). The science of al-Biruni. arXiv preprint arXiv:1312.7288.
- [15]. Kujundzić, E. & Masić, I. (1999). Al-Biruni-- a universal scientist. *Medicinski Arhiv*, 53(2), 117-120.
- [16]. Pingree, D. (2010). Bīrūnī, Abū Rayhān, ii. Bibliography, in *Encyclopedia Iranica*, Volume 4(3), 276-27.
- [17]. Curie, E. (1937). *Madame Curie: A Biography* By Eve Curie, Doubleday, Doran, ASIN B001CXRG24.
- [18]. Quinn, S. (2011). *Marie Curie: A Life* Kindle Edition, Plunkett Lake Press (August 16, 2011), ASIN B005HRYMZ0.
- [19]. Redniss, L. (2010). *Radioactive: Marie & Pierre Curie: A Tale of Love and Fallout*, It Books; First Edition, ISBN-10: 0061351326.
- [20]. Goldsmith, B. (2005). *Obsessive Genius: The Inner World of Marie Curie (Great Discoveries)*, W. W. Norton; Reprint Edition, ISBN-10: 073945305X.
- [۲۱]. گریبین، جان، گریبین، مری (۱۳۹۱)، *آشنایی با ماری کوری، به ترجمه پریسا همایون‌روز، انتشارات ذکر، کتاب‌های قاصدک، شابک ۹۷۸-۹۶۴-۳۰۷-۵۰۰-۲*.
- [۲۲]. گوگرلی، لیز (۱۳۸۳)، *ماری کوری، به ترجمه مهین مهتاج، انتشارات دلهام، شابک ۹۶۴-۶۵۹۳-۹۲-۵*.
- [۲۳]. مگان، استاین (۱۳۹۸)، *ماری کوری چه کسی بود؟، به ترجمه فروغ فرجود، انتشارات فاطمی، شابک ۹۷۸-۶۲۲-۶۰۱۱-۹۹-۰*.
- [24]. Lomas, R. (2000). *The Man Who Invented the Twentieth Century. Nikola Tesla, Forgotten Genius of Electricity*. Headline, London, ISBN 0-7472-6265-9.
- [25]. Seifer, M. (2016). *Wizard: The Life and Times of Nikola Tesla: Biography of a Genius*, Citadel; Reprint edition, ISBN-10: 0806539968.

تاریخچه واکسن سازی در ایران

عظیم اکبرزاده خیاوی^{۱*}

چکیده

واکسن سازی در ایران پیشینه‌ای دور و دراز دارد و سابقه‌اش به بیش از ۱۰۱ سال پیش برمی‌گردد. در تمام این سال‌ها همه ما با واکسن‌های ساخت ایران در مقابل بیماری‌های سل، هیپاتیت B، فلج اطفال، دیفتی، سیاه سرفه، کزاز، سرخک، سرخچه و اوریون واکسینه شدیم. حدود یک قرن از واکسن سازی ایران می‌گذرد و ایران رتبه ۱۰ جهانی در ساخت واکسن را دارد. ایران علاوه بر تولید واکسن‌های مورد نیاز برای انجام واکسینه شدن جمعیت کودکان و بزرگسالان، توانسته است همین واکسن‌ها را به کشورهای آسیایی، آفریقایی و برخی کشورهای اروپایی صادر کند. در زمینه تولید واکسن‌های دامی ۹۷ درصد خودکفا شده‌ایم ولی در بخش واکسن طیور ۷۰ درصد واردات داریم.

واژگان کلیدی: واکسن‌های انسانی و دامی، یک قرن تحقیق و فعالیت، واکسینه شدن، انستیتو پاستور ایران، مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم سازی رازی، ایران.

* عهده‌دار مکاتبات: استاد. تلفن: ۰۲۱۶۶۴۶۵۴۰۶، نشانی الکترونیکی: azimakbarzadeh@pasteur.ac.ir

^۱ بخش نانوبیوتکنولوژی، انستیتو پاستور ایران، خیابان پاستور، تهران، ایران

مقدمه

واگیردار رنج می‌برد؛ اما در همین شرایط سخت، تحقیقات درباره بیماری‌های واگیردار توسط محققان کشورمان آغاز شد. با صلاحدید محققان ایرانی وقت، قرار شد هیئتی متشکل از نمایندگان سیاسی ایران، در کنفرانس صلح پاریس شرکت کند؛ بازدید نمایندگان سیاسی از مرکز تحقیقاتی «انستیتو پاستور فرانسه» نیز در برنامه‌هایشان قرار گرفت. هیئت نمایندگی سیاسی ایران، در اول آبان ماه ۱۲۹۸ با دکتر «امیل رو» رئیس وقت انستیتو پاستور پاریس ملاقات کردند. در ۳۰ دی ماه سال ۱۲۹۹، دکتر «رنه لگرو» از پاریس وارد ایران شد و مؤسسه پاستور ایران را به کمک نخبگان کشور راه‌اندازی کرد [۳-۵].

وقتی یک روستای ایرانی، مرجع جهانی طاعون می‌شود

در سال ۱۳۳۱، وقتی منوچهر قراقرز، دوست ایرانی دکتر بالتازار، قطعه زمینی در روستای «اکنلو» در استان همدان برای فعالیت‌های تحقیقاتی به انستیتو پاستور اهدا کرد، یک آزمایشگاه در مجاورت قلب کانون طاعون ایران در کردستان تأسیس شد که تا همین امروز زیر نظر بخش اپیدمیولوژی انستیتو پاستور ایران فعالیت می‌کند. در این پایگاه تحقیقاتی، که امروزه به نام پایگاه تحقیقاتی بیماری‌های نوپدید و بازپدید شناخته می‌شود، دکتر بالتازار و همکاران پرتلاشش تحقیقات وسیعی را در زمینه بیماری طاعون، سایر بیماری‌های عفونی مهم نظیر هاری، تب راجعه، سل، آبله و...، انجام دادند و پایگاه تحقیقاتی اکنلو را به‌عنوان یکی از مراکز مرجع جهانی طاعون مطرح کردند. موفقیت‌های انستیتو پاستور ایران درباره تحقیقات طاعون تا آنجا پیش رفت که توجه مقامات سازمان جهانی بهداشت را به خود جلب کرد و باعث شد بسیاری از تحقیقات بین‌المللی طاعون را به کارشناسان ایرانی واگذار کنند. کارشناسان و محققان این انستیتو، به‌عنوان کارشناسان خبره سازمان بهداشت جهانی، مطالعات خود را در مناطق مختلف دنیا از جمله ترکیه، سوریه، عراق، یمن، هندوستان، اندونزی، تایلند، برزیل، برمه، زئیر و تانزانیا ادامه دادند و به آموزش و انتقال تجربیات پرداختند. من طاعون را انتخاب نکردم بلکه آن مرا انتخاب کرد! مارسل بالتازار (۱۲۸۶-۱۳۵۰ شمسی)، مؤسس پایگاه «اکنلو» [۶-۸].

رؤسای انستیتو پاستور ایران

رئیس اول: در سال ۱۲۹۹، شادروان دکتر ژوزف منار فرانسوی به‌عنوان اولین رئیس انستیتو پاستور به ایران آمد.

بیماری‌های واگیرداری از جمله طاعون، وبا، سل، حصبه، آبله، تیفوئید، مننژیت، سیاه‌سرفه، فلج اطفال، اوریون، سرخک، هپاتیت ب، ابولا و... بیماری‌هایی بودند که بیش از قرن‌ها باعث رنج انسان بودند، اما حدوداً از یک قرن گذشته تا همین ۱۰ سال پیش این بیماری‌ها به مرحله کنترل درآمدند و محققان و پژوهشگران کشورمان با همه داشته‌های خود توانستند این بیماری‌ها را در کشور کنترل کنند. البته این در حالی است که هنوز هم بسیاری از کشورهای درحال توسعه و سایر کشورها از این بیماری‌های واگیردار رنج می‌برند [۱].

با تولید واکسن‌ها، بیماری‌های واگیردار در ایران ریشه‌کن یا کنترل شده‌اند:

تشکیل و توسعه مؤسسات واکسن سازی در ایران:

حدود یک قرن گذشته دو مؤسسه تحقیقاتی و پژوهشی و تولیدکننده واکسن به فاصله زمانی بسیار کمی از یکدیگر شروع به فعالیت کردند به‌طوری‌که بعد از گذشت چند سال علاوه بر اشباع تولید واکسن، توانستند رتبه یک، را در منطقه غرب آسیا از آن خود کنند. این دو مرکز «انستیتو پاستور ایران» و «مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم سازی رازی» است [۲].

تاریخچه تشکیل و توسعه دو مؤسسه عام‌المنفعه واکسن ساز در ایران

۱. تاریخچه انستیتو پاستور ایران

اگر «مرحوم عبدالحسین میرزا فرمانفرما» نبود، پاستور هم نبود. این تحولات، مقارن نخست‌وزیری «عبدالحسین میرزا فرمانفرما» رقم خورد و او اولین قدم عملی را برای راه‌اندازی مؤسسه تحقیقاتی و آموزشی موردنظر ایران و فرانسه برداشت. آقای نخست‌وزیر قطعه زمینی به مساحت ۲/۲ هکتار از اموال شخصی‌اش را برای این منظور وقف کرد که مواد تزریقی و اسباب و لوازم تلقیح از قبیل آبله و طاعون و وباء و دیفتری و گزیده سگ‌ها و سفلیس و سوزاک و امثال آنها در آن محل تهیه و تدارک شد و مبلغ ده هزار تومان ایشان از مال خود به مصرف آن رسانید. ساختمان مرکزی انستیتو پاستور در سال ۱۲۹۹ بر روی همان زمین بنا شد. در سال ۱۲۹۸ درست ۱۰۲ سال پیش، چندین ماه از جنگ جهانی اول می‌گذشت. کشورمان هنوز از مصائب جنگ، لشکرکشی‌ها، قحطی و درگیری با بیماری‌های

همه گیر شدن ناگهانی وبا در ایران

در سال ۱۳۴۴ به دلیل همه گیر شدن ناگهانی وبا در مرزهای ایران، انستیتو پاستور تمرکز خود را برای تولید واکسن وبا گذاشت و از سال ۱۳۴۵ بخش مستقلی به عنوان «واکسن سازی» در این مؤسسه شروع به کار کرد. از دیگر واکسن هایی که در این انستیتو تولید می شود می توان به واکسن «هپاتیت ب» اشاره کرد که طی ۱۵ سال گذشته در استانداردهای جهانی به تولید رسیده است. در بخش واکسن های ویروسی نیز تولید واکسن هاری انسانی و دامی نیز از شهریور سال ۱۳۸۹ به تولید انبوه رسید و روانه بازار شد [۱۴، ۱۵].

۲. تاریخچه مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم سازی

رازی

«مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم سازی رازی» تنها چند سال بعد از فعالیت انستیتو پاستور در سال ۱۳۰۳ شروع به کار کرد. «در زمان تأسیس، نام مؤسسه رازی «بنگاه مایه سازی دام پزشکی حصارک» بوده است که بعدها به نام فعلی تغییر یافت و همانطور که ذات کاری این بنگاه «دام پزشکی» بوده است، در نام آن نیز به وضوح این امر قید شده بود. این مؤسسه در زمان تأسیس تحت نظارت وزارت فلاح و فواید عامه (وزارت کشاورزی وقت) در آمد. در تاریخ ۱۰ دی ۱۳۷۹ با ادغام وزارت کشاورزی و وزارت جهاد سازندگی، تحت نظارت سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج وزارت جهاد کشاورزی در آمد. به علاوه، به واسطه گسترده شدن فعالیت هایش، امروزه هیئت امنایی اداره می شود. تا امروز حدود ۹۷ سال سابقه تحقیقاتی و پژوهشی در امور واکسن سازی دارد. تفاوت این مؤسسه تحقیقاتی با انستیتو پاستور در این بود که ابتدا این مؤسسه زیر نظر وزارت کشاورزی و برای مبارزه با بیماری های دامی وارد فاز تحقیقاتی شد. اولین اقدام مؤسسه رازی مبارزه با بیماری طاعون گاوی بود. اپیدمی طاعون دامی صدها هزار راس گاو را تلف کرده بود و تهدید بزرگی برای مرگ دامی کشور به حساب می آمد. تولید و عرضه واکسن بیماری طاعون باعث شد این مؤسسه وارد دوره جدیدی از مبارزه با بیماری ها شود و در مدت کوتاهی تولید انواع واکسن ها و سرم های مصرف پزشکی در دستور کار مؤسسه قرار بگیرد. واکسینه شدن سرخک در ایران از سال ۱۳۴۶ با تولید این واکسن شروع شد، ولی پوشش برنامه واکسینه شدن تا قبل از انقلاب بسیار پایین بود. پس از انقلاب اسلامی روند فعالیت ها

رئیس دوم: در سال ۱۳۰۴، شادروان دکتر جین فرانسس کراندل، به عنوان دومین رئیس فرانسوی انستیتو پاستور ایران انتخاب شد. کراندل ۱۰ سال بعد در سال ۱۳۱۳ ه ش در تهران به رحمت خدا پیوست.

رئیس سوم: شادروان دکتر ورنه لگرو فرانسوی به عنوان مدیر علمی انستیتو پاستور تعیین شد.

رئیس چهارم: در سال ۱۳۲۵ شادروان دکتر مارسل بالتازار فرانسوی به عنوان چهارمین و آخرین رئیس فرانسوی به تهران آمد. بالتازار تا سال ۱۳۴۰ رئیس انستیتو پاستور ایران بود و ساختارها و فعالیت های مختلف انستیتو پاستور را متحول کرد بعد از آن تا سال ۱۳۴۵ به سمت مشاور علمی انستیتو پاستور ایران ادامه خدمت داد.

رئیس پنجم: شادروان دکتر مهدی قدسی در سال ۱۳۴۱ به ریاست انستیتو پاستور ایران انتخاب شد و این مسئولیت را تا سال ۱۳۴۸ به عهده داشت [۹، ۱۰].

واکسن کلاسیک حصبه

انستیتو پاستور ایران از همان ابتدا تمرکز خود را روی ساخت واکسن گذاشت. به سرعت واکسن کلاسیک حصبه را برای واکسینه شدن عمومی تولید کرد. با گسترش فعالیت انستیتو پاستور ایران، مبارزه بسیار جدی با بیماری های کشنده عفونی مثل آبله، هاری، وبا، طاعون و سل آغاز شد. واکسن آبله در ایران دقیقاً ۲۰ سال بعد از کشف واکسن آبله در دنیا مورد استفاده قرار گرفت. اولین بار واکسن آبله وقتی استفاده شد که سربازان ایرانی در جنگ های ناحیه شمال قفقاز با روس ها جنگیده بودند و احتمال می رفت که سربازها عامل اپیدمی در کشور باشند. بعدها جناب امیرکبیر هم برای آبله کوبی ایرانی ها تلاش کرد ولی نخستین اقدام جدی برای پیشگیری از آبله با تصویب قانون مایه کوبی همگانی توسط مجلس شورای ملی در سال ۱۳۲۲ آغاز شد. واکسن آبله جزء اولین واکسن هایی بود که در انستیتو پاستور به تولید رسید [۱۱، ۱۲].

پدر واکسن ب ث ژ ایران «مرحوم دکتر مهدی قدسی»

در سال ۱۳۲۶ شمسی ایران انستیتو پاستور ایران برای اولین بار واکسن ب ث ژ را زیر نظر شادروان دکتر «مهدی قدسی» تولید کرد. از این دانشمند بزرگ به عنوان پدر واکسن «ب ث ژ» ایران نام می برند [۱۳].

در مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم سازی رازی از لحاظ کمی و کیفی گسترش پیدا کرد به طوری که تحقیق و تولید عمده ای از واکسن های دامی و انسانی از جمله واکسن های اورپون، سرخچه و سه گانه «سرخک، سرخچه و اورپون» در این سال ها انجام گرفت. همچنین واکسن سیاه سرفه در مؤسسه واکسن سازی رازی ساخته شد [۱۶].

رؤسای مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم سازی رازی

رئیس اول: عبدالله حامدی، (۱۳۰۳-۱۳۰۵) رئیس دوم: مرتضی کاوه، (۱۳۰۵-۱۳۰۷)، رئیس سوم: لویی دلیپ فرانسوی (۱۳۱۰-۱۳۲۹)، رئیس چهارم عزیز رفیعی، (۱۳۲۹-۱۳۴۳) است. خوشبختانه بخش عمده ای از واکسن ها و دیگر فرآورده های بیولوژیک در این سال ها مورد تحقیق و تولید قرار گرفته اند. در سال های پس از انقلاب اسلامی روند فعالیت ها در مؤسسه تحقیقات رازی از لحاظ کمی و کیفی گسترش پیدا کرد به طوری که تحقیق و تولید عمده ای از واکسن های دامی و انسانی از جمله واکسن های اورپون، سرخچه و سه گانه (سرخک، سرخچه و اورپون) در این سال ها انجام گرفت [۱۷].

جایگاه مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم سازی رازی

مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم سازی رازی با تولید سالیانه بیش از سه و نیم میلیارد (دوز) انواع فرآورده های بیولوژیک از جمله واکسن و سرم های مختلف پزشکی، دام پزشکی و آنتی ژن تشخیص آزمایشگاهی به عنوان یکی از بزرگترین مؤسسات نوع خود در جهان و بی نظیر در سطح خاورمیانه شناخته می شود. این مؤسسه دارای ارتباطات گسترده با مجامع شناخته شده بین المللی از جمله سازمان های بهداشت و خواربار جهانی می باشد و از سوی دفتر مبارزه با بیماری های واگیر دامی (مستقر در پاریس) به عنوان آزمایشگاه مرجع بین المللی برای تشخیص برخی از بیماری ها از جمله آبله بزی، آبله گوسفندی و طاعون گاوی معرفی شده است. این مسئله نشان بارزی از اهمیت جایگاه مؤسسه تحقیقات رازی در عرصه بین المللی می باشد. در حال حاضر کتابخانه و مرکز اسناد علمی و تحقیقاتی مؤسسه رازی به عنوان کتابخانه مرجع تخصصی در زمینه بیماری های انسان، دام و طیور که دارای حدود هجده هزار جلد کتاب ارزشمند و ده ها هزار مجله و ژورنال خارجی است که از اکثر مراکز علمی و تحقیقاتی معتبر جهان جمع آوری می گردد. با

فراهم آوری و سازمان دهی منابع و به کارگیری سایت اینترنت و بانک های اطلاعاتی جهان و تبادل اطلاعات با مراکز علمی و معتبر بین المللی از جمله UNESCO, UNICEF, FAO, WHO, OIE نسبت به فراهم آوری آخرین منابع اطلاعاتی روز و تکنولوژی های پیشرفته نقش بسزایی در تأمین نیازهای اطلاعاتی علمی و ارتباطات محققین و پژوهشگران مؤسسه رازی و سایر مراکز علمی و تحقیقاتی کشور را ایفا می نماید [۱۸]. معرفی محققانی از مؤسسه رازی به عنوان چهره های ماندگار و مفاخر علمی، نشان از اعتبار و جایگاه علمی آن در کشور دارد. در این زمینه می توان به دانشمندانی چون مرحوم پروفیسور میرشمسی با جایزه شوشا، تنها دارنده نشان درجه یک دولتی تحقیقات از دست رئیس جمهور وقت، چهره ماندگار و پدر علم واکسن ایران و همچنین سایر محققان نمونه کشوری، اشاره کرد [۱۷].

تولیدات مؤسسه رازی

تولید بیش از ۶۰ نوع فرآورده های بیولوژیک به میزان سالیانه ۳/۵ میلیارد دوز در زمینه های متنوع باکتریایی، ویروسی و انگلی، مؤسسه را به یکی از بزرگترین مؤسسات تولیدی واکسن در جهان تبدیل نموده است [۱۷].

سرخک و عملیات ایمن سازی

در سال های قبل از تولید و اجرای واکسینه شدن، سالیانه بین ۱۵۰ تا ۵۰۰ هزار مورد سرخک در کشور گزارش می شد. با آغاز برنامه گسترش ایمن سازی در کشور در سال ۱۳۶۳ با هدف پوشش کامل کودکان در برابر بیماری های قابل پیشگیری با واکسن از جمله سرخک، آغاز شد. سال ۱۳۷۳ تولید واکسن های کزاز دوگانه و سه گانه به بیش از ۲۰ میلیون دوز رسید که با همکاری وزارت بهداشت ایران، واکسینه شدن همگانی انجام شد و ۳۹ ابتلا به بیماری سرخک در کشور مشاهده شد که ۱۹ ابتلا از آن کودکان بود. در همین سال ایمن سازی در برابر هیپاتیت ب نیز به برنامه های واکسینه شدن اضافه شد. کشورمان ایران نیز برای دستیابی به هدف حذف سرخک و سرخچه، بزرگترین عملیات ایمن سازی تکمیلی این دو بیماری در دنیا را طراحی کرد و ۳۳ میلیون نفر در طی ۳ هفته واکسینه شدند [۱۸].

واکسن «پنوموکوک» و «روتا ویروس»

دو واکسن پنوموکوک و روتاویروس هم در مؤسسه تحقیقاتی رازی ساخته شدند و به تدریج به برنامه واکسینه شدن کشور اضافه شدند هرچند عموم مردم این دو واکسن جدید را نمی شناسند. واکسن «پنوموکوک» برای یک بیماری باکتریایی است که باعث ایجاد عفونت های زیادی از عفونت های ساده تا شدید می شوند. واکسن «روتاویروس» که ویروس آن شایع ترین عامل بروز اسهال کودکان در کشور است و موارد زیادی از ابتلا به آن دیده شده و به ویژه در کودکان زیر دو سال بیشتر شایع است؛ اغلب مردم این واکسن را به نام واکسن اسهال می شناسند [۱۷].

واکسینه شدن در یک روز

در ایران برنامه رسمی برای واکسینه شدن سراسری از سال ۱۳۵۳ آغاز شد. این برنامه از سال ۱۳۶۳ سازمان دهی جدیدی یافت و این بار به صورت منسجم و همراه با آموزش های سراسری و ملی پیگیری شد. نتیجه اینکه اغلب بیماری های واگیر در ایران ریشه کن یا کنترل شده اند و ایران در این زمینه جزو کشورهای پیشرو محسوب می شود. با آغاز برنامه واکسینه شدن سراسری در سال ۱۳۶۳ کودکان ایرانی در مقابل دیفتری، کزاز، سیاه سرفه، سرخک، فلج اطفال و سل ایمن شدند. بسیج به کمک وزارت بهداشت شتافت و با اقدام هماهنگ بیش از ۳۲۰ هزار داوطلب فقط در یک روز حدود ۹ میلیون کودک زیر ۵ سال در سراسر ایران واکسن دریافت کردند. در این طرح در ۱۶ هزار پایگاه واکسینه شدن بیش از ۱۷۵ هزار گروه امدادی تشکیل شد و فلج اطفال در ایران ریشه کن شد [۱۷].

تولیدکننده برتر واکسن فلج اطفال در جهان

مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم سازی رازی به عنوان مرجع اصلی ساخت واکسن در ایران هم بارها اعلام کرده است که ایران با تولید واکسن خوراکی فلج اطفال و اقدام در ریشه کنی آن در کشور کرده است و همچنین تولیدکننده برتر واکسن فلج اطفال در جهان است. خوشبختانه از سال ۱۳۷۴ فلج اطفال در ایران ریشه کن شده است، به گفته کارشناسان وقتی می شود اعلام کرد یک بیماری ریشه کن شده است که بعد از گذشت ۳ سال هیچ آثاری از آن بیماری در کشور وجود نداشته باشد و خوشبختانه از آذرماه ۱۳۷۹ تاکنون فلج اطفال در ایران گزارش نشده است [۱۸].

نظر سازمان بهداشت جهانی برای تولید واکسن در ایران؟

این برنامه با وجود مشکلات ناشی از جنگ تحمیلی به صورت منظم ادامه یافت تا جایی که یونسف اذعان کرد تنها کشور دنیا که در دوران جنگ شاخص های بهداشتی در آن ارتقا یافت و مرگ و میر ناشی از بیماری واگیر نداشت، ایران است. با اعلام سازمان بهداشت جهانی، ایران یکی از بهترین برنامه های واکسینه شدن اجباری در جهان را دارد. توانایی ساخت انحصاری فلج اطفال تزریقی و همچنین تولید انواع داروهای نو ترکیب در یک دهه اخیر نیز پیشرفت های پزشکی ایران به ویژه در جامعه پزشکی جهان حیرت آور بوده است [۱۷].

انتقال فناوری ساخت واکسن به کشورهای دیگر

مؤسسه رازی انتقال فناوری یا کمک به راه اندازی مؤسسه های مشابه به سایر کشورها از جمله اردن، تونس، کره شمالی، ازبکستان و... انجام شده است. مؤسسه رازی تا امروز توانسته است ده ها شرکت دانش بنیان را زیرمجموعه خود به ثبت برساند و هم اکنون پژوهشگران به نامی در همین شرکت های دانش بنیان توانسته اند پیشرفت های قابل توجهی در ساخت واکسن کرونا داشته باشند [۱۷].

رتبه ده جهانی در ساخت واکسن

ایران در حوزه مقابله با بیماری های واگیر جزو کشورهای با شاخص بالا و سازنده واکسن در جهان است. ایران سازنده ۱۱ واکسن انسانی، ۱۷ واکسن دامی، ۱۹ واکسن طیور و یک واکسن مخصوص آبزیان است. طوری که با فعالیت دو مؤسسه انستیتو پاستور و مؤسسه تحقیقاتی سرم و واکسن سازی رازی ایران جزء ۱۰ کشور برتر دنیا در حوزه تولید واکسن های انسانی، دامی و طیور قرار گرفته است.

تاریخچه تزریق واکسن در ایران و نمره ایران در «واکسینه شدن»

صحبت از «واکسن» که می شود ایران نه تنها هیچ وقت از کشورهای دیگر عقب نبوده بلکه همیشه جزو بهترین کشورهای دنیا بوده و کارنامه ای ممتاز دارد [۱۰]. بعضی بیماری های واگیردار که امروزه هم نامشان آشناست به اندازه قرن ها و هزاره ها قدمت دارند؛ یک نمونه اش آبله که بیش از ۳ هزار سال از میان نسل های بشر قربانی گرفته است. همین آبله را از ۲۰۰

سال پیش و از زمان عباس میرزا قاجار و بعدها امیرکبیر در ایران مایه کوبی می کردند تا از دستش خلاص شوند و عاقبت در دهه ۵۰ شمسی بود که برنامه ای جهانی و ۱۰ ساله اجرا شد و آبله در دنیا و ایران ریشه کن شد. در واقع هیچ وقت کار واکسینه شدن و خلاصی از یک بیماری واگیر به این آسانی ها نبوده و هنوز هم نیست؛ هنوز سالانه بیش از ۱۹ میلیون کودک در سراسر جهان از واکسینه شدن محروم می مانند و سیاه سرفه و کزاز نوزادی و هپاتیت و سرخک عامل یک چهارم کل مرگ و میر کودکان در دنیا هستند. امسال که وضعیت بدتر است و به دلیل اختلال ناشی از شیوع ویروس کرونا-۱۹ در پیشبرد واکسینه شدن کشورها، بیش از ۸۰ میلیون کودک در سراسر جهان از دریافت واکسن محروم مانده اند [۱۸].

ایران در واکسینه شدن چه وضعیتی دارد؟

جزو بهترین کشورهای دنیاست و به رتبه پوشش ۹۹ درصدی واکسینه شدن رسیده است. این کار هم آسان نبوده؛ تا دهه ۵۰ پوشش واکسینه شدن در ایران فقط ۳۰ درصد بود و همین سرخک که حالا حذف شده تا دهه ۵۰ سالانه ۲۰ تا ۳۰ هزار ایرانی را می کشت [۱۷].

چگونه به این جا رسیدیم؟

الف- طرح آبله کوبی در مناطق اطراف تهران در دهه ۳۰ شمسی از آبله کوبی تقی و لُق تا واکسینه شدن ۳۰ درصدی!

مایه کوبی آبله که از زمان قاجار شروع شده بود و قانونی تقی و لُق هم برایش تصویب شده بود از سال ۱۳۲۲ در ایران سراسری شد؛ یک قانون جدید در مجلس شورای ملی تصویب شد برای آبله کوبی همگانی. تا آن موقع انستیتو پاستور ایران و سرم سازی رازی هم که حوالی سال ۱۳۰۰ شمسی تأسیس شده بودند آن قدر توانایی داشتند که واکسن کافی برای همه ایرانی ها تولید کنند. از سال ۱۳۵۳ نیز برنامه سراسری جدیدی همراه با آموزش عمومی برای واکسینه شدن کودکان در برابر ۶ بیماری رایج آغاز شد، ولی چندان فراگیر نشد و پوشش واکسینه شدن در ایران در حدود ۳۰ درصد باقی ماند [۱۸].

ب- اجرای واکسینه شدن محدود در دهه ۶۰ شمسی در ایران!

در دهه ۶۰ با وجود شرایط نامساعد ناشی از جنگ تحمیلی پوشش واکسینه شدن در ایران به تدریج افزایش یافت تا جایی

که یونسف اعلام کرد ایران تنها کشور دنیا است که در زمان جنگ شاخص های بهداشتی آن بهبود یافت. در واقع در دهه های اخیر حتی جنگ هم نتوانسته سلامت را در جامعه ایران از اولویت بپندازد. در همان دوران جنگ یعنی از سال ۱۳۶۳ برنامه واکسینه شدن سراسری در ایران سازماندهی منسجم تری یافت و کودکان ایرانی در مقابل کزاز، سیاه سرفه، دیفتی، فلج اطفال، سل و سرخک واکسینه می شدند. در دهه ۷۰ نیز یک نقطه عطف تاریخی رخ داد و جهشی بزرگ ایجاد کرد. سال ۱۳۷۳ به بسیجی های سراسر کشور فراخوان دادند و تا ۲۶ فروردین ۱۶ هزار پایگاه و بیش از ۱۵۰ هزار گروه امدادی واکسینه شدن تشکیل شد و در یک روز جمعه و در واقع در کمتر از ۱۲ ساعت حدود ۹ میلیون کودک ایرانی را در مقابل فلج اطفال واکسینه کردند. در این حد که روزنامه کیهان فردای آن روز گزارش داد: «مرحله اول طرح ریشه کنی فلج اطفال با موفقیت کامل در سراسر کشور به اجرا درآمده است. در منطقه چهارمحال و بختیاری به علت بارش برف سنگین و مسدود بودن جاده ها، هوایروز با اعزام چند فروند هلی کوپتر وارد عمل شد و امدادگران مربوطه را به مناطق مورد نظر منتقل کرد. سه دسته کوهنورد نیز یک روز قبل از روز ملی ریشه کنی فلج اطفال برای رسیدن به نقاط صعب العبور زنجان اعزام شده بودند [۱۹].

ج- عملیات ریشه کنی فلج اطفال در سال ۱۳۷۳ شمسی

نتیجه این مشارکت یک روزه، ولی با جان و دل این شد که سال بعدش معلوم شد فلج اطفال در ایران حذف شده است. اتفاق مشابهی در سال ۱۳۸۲ برای واکسینه شدن سرخک و سرخجه رخ داد و با مشارکت پایگاه های بسیج و وزارت آموزش و پرورش در یک ماه بیش از ۳۰ میلیون ایرانی زیر ۲۵ سال واکسینه شدند؛ اقدامی بی سابقه در جهان.

د- در سال ۱۳۹۸ شمسی ایران گواهی حذف سرخک دریافت کرد

در دهه ۷۰ واکسن هپاتیت ب به برنامه واکسینه شدن سراسری کودکان ایران اضافه شد و در دهه ۸۰ واکسن سه گانه «سرخک، سرخجه، اوریون» هم به بازار آمد و حالا هر کودک ایران در نخستین سال های تولد ۱۰ واکسن دریافت می کند. نتیجه همه این تلاش های ۴۰ ساله این که در ایران آبله و فلج اطفال ریشه کن شده اند و کزاز نوزادان و جذام و مالاریا و سرخک و سرخجه مادرزادی حذف شده اند (به ریشه کنی نزدیک شده اند) و دیفتی

و سیاه سرفه و حصبه و سل و اوریون کنترل شده اند و این یعنی گسترش این بیماری ها متوقف شده است. قسمت جالب تر ماجرا این که در همه این سال ها ایرانی ها با واکسن های ساخت ایران واکسینه شده اند. حالا هم ایران سازنده ۱۱ واکسن انسانی و ۳۷ نوع واکسن دام و طیور و آبزیان است و شاید خیلی ها نمی دانند که ایران جزو ۱۰ کشور برتر تولیدکننده واکسن در جهان است [۲۰-۲۲].

۵- ایران جزو ۱۰ کشور برتر تولیدکننده واکسن در دنیاست

طی یک دهه اخیر بسیاری از کشورهای دنیا ازجمله در خاورمیانه در حوزه تولید واکسن سرمایه گذاری کرده اند و البته، چون تولید واکسن انسانی سخت است بیشتر مشغول تولید واکسن های دام و طیور هستند. بالاخره ما در این حوزه «حق پیش کسوتی» و «همت عالی» و «نبوغ ایرانی» داریم دیگر!

واکسن های مورد نیاز کشور ما

الف- واکسن های باکتریایی

۱. واکسن های زنده تخفیف حدت یافته: ب. ث. ژ
۲. واکسن های کشته شده: سیاه سرفه، حصبه، وبا
۳. پادزهر (توکسین): دیفتی، کزاز
۴. واکسن های پلی ساکاریدی: مننگوکوکسی C ، A ، پنوموکوکسی

ب- واکسن های ویروسی

۱. واکسن های زنده تخفیف حدت یافته: فلج اطفال خوراکی، سرخجه، سرخک، اوریون، تب زرد و کرونا
 ۲. واکسن های کشته کامل: آنفولانزا، فلج اطفال تزریقی، هاری
 ۳. واکسن های کشته (بخشی از پادگن): هپاتیت ب
 - واکسن های دام طیور
- گفتنی است که استفاده از واکسن های زنده تخفیف حدت یافته در افراد مبتلا به نقص دستگاه ایمنی سلولی رسماً ممنوع است [۲۱، ۲۲].

نتیجه گیری

انستیتو پاستور پاریس: مؤسسه غیرانتفاعی و خصوصی فرانسوی است که برای پژوهش در زمینه های زیست شناسی و

میکروارگانیسم ها، بیماری ها و واکسن ها از سال ۱۸۸۷ تشکیل شده است. این مؤسسه بنام بنیان گذار و نخستین رئیس آن لویی پاستور نام گذاری شده است. تاکنون هشت تن از پژوهشگران این مؤسسه برنده جایزه نوبل پزشکی و زیست شناسی شده اند. در حال حاضر انستیتو پاستور در ۲۴ کشور، از جمله ایران، شعبه دارد. دلیل پیشرفت انستیتو پاستور پاریس از ۲۴ انستیتو در جهان غیرانتفاعی و خصوصی بودن آن است. اگر می خواهیم ماهم از تولید واکسن های مورد نیاز کشورمان «انسانی، دامی و طیور» بی نیاز شویم، و به بشریت کمک کنیم.

پیشنهادهات

همکاری دو مرکز تولید کننده واکسن دولتی مان را به صورت علمی و عملی با شرکت های خصوصی تولید کننده واکسن همراه و هم افزا کنیم تا مشکل تولید واکسن های انسانی، دامی و طیور برای همیشه حل شود. پیشینه واکسن سازی در ایران و بررسی تاریخچه و تولید دیگر واکسن ها در کشورمان نیز می تواند سندی بر دستیابی به این هدف و برنامه ملی باشد.

پیش بینی

درآینده در دنیا ویروس های مختلفی به وجود خواهد آمد. نیاز است که کشورمان مراکز توانای غیردولتی در تولید واکسن های مختلف انسانی و دام طیور داشته باشد.

منابع و مؤاخذ

- [1]. Maslehat, S., & Doroud, D. (2019). Pasteur Institute of Iran; a Leading Institute in the Production and Development of Vaccines in Iran. Vaccine Research, 6(1), 33-42.
- [2]. Hossein Azizi, M., Bahadori, M., & Raees-Jalali, G. A. (2012). A Historical Profile of Diphtheria in Iran during the 19th and 20th Centuries. Archives of Iranian Medicine (AIM), 15(3), 181-186.
- [3]. Dejman, M., Habibi, E., Eftekhari, M. B., Falahat, K., & Malekafzali, H. (2014). Pasteur Institute of Iran-an evaluation model. Iranian biomedical journal, 18(3), 189-195.
- [4]. Mostafavi, E., & Keypour, M. (2017). History of plague research center of Pasteur Institute of Iran (1952-2016). Journal of Research on History of Medicine, 6(3), 140-158.

[۵]. مصطفوی احسان، طاهری مرضیه، (۱۳۹۸) معرفی واقفین انستیتو پاستور ایران و نقش سنت وقف در شکل گیری و اعتلای آن. اخلاق و تاریخ پزشکی، ۱۲ (۱): ۲۸۷-۲۹۶

- [6]. Ranjbar, M. M., Ebrahimi, M. M., Shahsavandi, S., Farhadi, T., Mirjalili, A., Tebianian, M., & Motedayen, M. H. (2019). Novel applications of immuno-bioinformatics in vaccine and bio-product developments at research institutes. *Archives of Razi Institute*, 74(3), 219-233.
- [7]. Ghazizade Hashemi, S. A., Bayyenat, S., Purbafrani, A., Taghizade Moghaddam, H., & Saeidi, M. (2014). Comparison of Immunization in Iran and Turkey between Years 1980-2013. *International Journal of Pediatrics*, 2(3.3), 75-83.
- [8]. Tadayon, K., Mostafavi, E., Hajizadeh, A., Ghaderi, R., & Parham, P. (2019). A very French connection, a brief discourse in commemoration of life and services of the late Louis Pierre Joseph Delpy on his 120th birthday anniversary. In *Veterinary Research Forum*, 10 (4) 271-275
- [9]. Hosseini-Chegeni, A., & Mostafavi, E. (2019). Louis-Pierre Delpy: A French Scholar and Former Director of the Razi Institute of Iran (1931-1951). *Archives of Iranian medicine*, 22(11), 675-679.
- [10]. Meshkini, A. H., Kebriaeezadeh, A., Dinarvand, R., Nikfar, S., Habibzadeh, M., & Vazirian, I. (2012). Assessment of the vaccine industry in Iran in context of accession to WTO: a survey study. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 20(1), 1-7.
- [11]. Sazmand, A., Bahari, A., Papi, S., Otranto, D. (2020). Parasitic diseases of equids in Iran (1931–2020): a literature review. *Parasites & vectors*, 13(1), 1-19.
- [12]. Heldens, J. G. M., Patel, J. R., Chanter, N., Ten Thij, G. J., Gravendijck, M., Schijns, V. E. J. C., ... Schetters, T. P. (2008). Veterinary vaccine development from an industrial perspective. *The Veterinary Journal*, 178(1), 7-20.
- [13]. [۶]. ادامه تحقیقات آزمایشگاهی پروفیسور بالتازار در اکتلو (<http://www.farsnews.com/۱۳۹۶۱۱۱۵۰۰۰۸۳۱>)
- [14]. Azizi, M. H., Nayernouri, T. (2008). The Establishment and the First Four Decades of the Activities of the Pasteur Institute of Iran, *Arch Iranian Med* 2008; 11 (4): 477–481.
- [15]. Enayatrads, M., & Mostafavi, E. (2017). Pasteur Institute of Iran: History and Services. *Journal of Research on History of Medicine*, 6(4), 210-226.
- [16]. Fazeli, M., Fayaz, A., Bashar, R. (2019). One-Hundred-Year Efforts by the Pasteur Institute of Iran as a Part of the Rabies Infectious Control Puzzle in the World. *Novelty in Biomedicine*, 7(3), 165-179.
- [17]. Moradi-Lakeh, M., Esteghamati, A. (2013). National Immunization Program in Iran: whys and why nots. *Human vaccines & immunotherapeutics*, 9(1), 112-114.
- [18]. Marandi, V., Tabatabaeian, S. H., Jafari, P., Azarnoosh, M. (2017). Vaccine production industry in Iran and the necessity for policy coherence. *Vaccine Research*, 4(3), 85-86.
- [19]. Fallah, F., Abdolghafoorian, H. (2015). The history of tuberculosis and bacillus Calmette–Guérin vaccine in Iran. *Archives of Pediatric Infectious Diseases*, 3(1 TB), e20766.1-5.
- [20]. Azizi, M. H. (2010). A Brief History of Smallpox Eradication in Iran, *Arch Iran Med*, 13 (1): 69–73.
- [21]. WHO and UNICEF estimates of national immunization coverage (2021), 1-22. (https://www.who.int/immunization/monitoring_surveillance/data/moz.pdf)
- [۱۵]. وبگاه رسمی مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم سازی رازی (<https://www.rvsri.ac.ir/portal/>)

بررسی گونه‌های ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹ و واکسن‌ها

سمیرا عبدی خانی^{۱+}، شکوه رضائی^{۱+}، یحیی سفیدبخت^{۱*}، ساره ارجمند^۱

چکیده

با توجه به گزارش‌هایی مبنی بر وجود جهش‌های موجود در ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹، هدف اصلی مقاله معرفی انواع جهش‌ها و گونه‌های حائز اهمیت در سایر کشورها می‌باشد. در واقع، یکی از دلایل اهمیت چنین مطالعه‌ای وجود پروتئین سطحی به نام تاجی (S) است که تاکنون متحمل بیشترین جهش‌ها شده است. این پروتئین به عنوان هدف اصلی توسط شرکت‌های بزرگ واکسن و داروسازی به کار گرفته شده است. در این مقاله با توجه به اهمیت و نقش پروتئین تاجی، سعی شده است جهش‌ها، پیدایش گونه‌های جدید و پیامدهای احتمالی ناشی از ظهور آنها در حیطه ساخت و طراحی دارو و واکسن مورد بحث و بررسی قرار گیرد. همچنین در این مطالعه، برنامه‌های رایج واکسن کووید-۱۹ (برمبنای mRNA، ویروس غیرفعال، زیرواحد پروتئینی، وکتور ویروسی تکثیر شونده و ذرات شبیه ویروس) معرفی شده‌اند. همچنین، طبق استانداردهای بین‌المللی پایش هر کدام از روش‌ها نیز در حال انجام است که بر اساس تحلیل‌های دقیق علمی و مدل‌های آماری بهتر می‌توان از پتانسیل‌های این روش‌ها در کاهش اثرات همه‌گیری استفاده نمود.

واژگان کلیدی: ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹، پروتئین تاجی، جهش، واکسن

* عهده‌دار مکاتبات، استادیار، تلفن ۰۲۱۲۹۹۰۵۰۲۱، آدرس الکترونیکی: y_sefidbakht@sbu.ac.ir

⁺ نویسندگان اول مشترک

^۱ مرکز تحقیقات پروتئین، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران

سرعت جهش در ویروس‌های RNA دار

نرخ جهش خود به خودی در میان ویروس‌ها بسیار متفاوت است. بر اساس یافته‌های تحقیقات این گونه مشخص شده است که ویروس‌های حاوی ژنوم RNA سریع‌تر از ویروس‌های حاوی ژنوم DNA و ویروس‌های حاوی ژنوم تک‌رشته‌ای سریع‌تر از ویروس‌های دو رشته‌ای جهش می‌یابند [۲]. در سایر مطالعات گزارش شده است که به‌طور کلی سرعت جهش ویروسی تقریباً بین 10^{-8} و 10^{-4} جایگزینی در هر نوکلئوتید در هر سلول عفونی است، همچنین این محدوده برای ویروس‌های حاوی ژنوم RNA از 10^{-4} تا 10^{-6} تعریف شده است [۲ و ۱۲]. به‌طور کلی، بررسی سرعت جهش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است زیرا نتایج حاصل از آن ممکن است پدیدار شدن جهشی را نشان دهد که منجر به مقاومت دارویی، فرار از آنتی‌بادی یا گسترش دامنه میزبان شود [۱۳].

جهش‌های کرونا ویروس جدید ۲۰۱۹

ژنوم تمام موجودات تکثیرکننده از جمله ویروس‌ها در طی میلیون‌ها سال تکامل شکل گرفته‌اند. از جمله عوامل پیش‌برنده جریان تکاملی موجودات، رخداد جهش در ماده ژنتیکی آنها می‌باشد که منجر به ایجاد انواع مختلفی از تغییرات در ژنوم می‌شود که می‌توانند پیامدهای قابل‌توجه یا ناچیزی یا به عبارتی اثرات مثبت یا منفی را بر چرخه تکثیر و سازگاری ویروس داشته باشند. یکی از انواع جهش‌های ویروس‌های حاوی ژنوم RNA، جهش‌های نقطه‌ای هستند که اثرات آنها بر توالی RNA به صورت جایگزینی یک یا چند نوکلئوتید و همچنین اثرات آنها بر توالی آمینواسیدی به‌صورت جایگزینی یک آمینواسید شناسایی می‌شوند و به‌طور کلی به این نوع جهش‌ها «جهش‌های جایگزینی»^۱ گفته می‌شود [۱۴]. این نوع ویروس‌ها میزان جهش جایگزینی بالایی را نشان می‌دهند که از آن جمله می‌توان به ویروس کرونای جدید ۲۰۱۹ اشاره نمود [۱۵ و ۱۶]. نوع دیگری از جهش‌های نقطه‌ای به نام جهش‌های «درج» و «حذف» شناخته شده‌اند که نوعی «تغییر

RNA ویروس‌ها دسته‌ای از ویروس‌ها می‌باشند که ژنوم یا ماده ژنتیکی آنها از RNA تشکیل شده است. ژنوم این ویروس‌ها معمولاً RNA تک‌رشته‌ای^۱ و در برخی موارد دو رشته‌ای^۲ است. تاکنون، بسیاری از بیماری‌های ناشی از نوع ویروس‌ها شناسایی شده‌اند که از آن جمله می‌توان به آنفلوآنزا، ایدز، ابولا، هپاتیت و بیماری‌های ناشی از ویروس‌های خانواده کرونا به‌ویژه ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹ اشاره نمود [۱]. به‌طور کلی ویروس‌های دارای ژنوم RNA به‌دلیل توانایی آنها برای تکامل سریع و سازگار شدن با محیط، ماهیت همه‌گیری دارند. این تکامل سریع به‌نوبه خود تا حدی به سطح بالایی از تنوع ژنتیکی وابسته است که از ویژگی‌های بارز این دسته از ویروس‌ها است. به عبارتی ظرفیت قابل‌توجه برخی ویروس‌ها برای سازگاری با میزبان‌ها و محیط‌های جدید بستگی زیادی به توانایی آنها در ایجاد تنوع جدید در مدت زمان کوتاه دارد [۲]. در واقع این تنوع ناشی از ویژگی «مستعد خطا»^۳ آنزیم RNA پلیمراز این ویروس‌ها می‌باشد [۳ و ۴]. مطالعات نشان داده است که ژنوم این دسته از ویروس‌ها طی تکثیر دچار جهش‌هایی از قبیل جایگزینی، درج و حذف می‌شود. از آنجایی که ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹ نیز از جمله ویروس‌های RNA دار محسوب می‌شود، بنابراین از این قاعده مستثنی نمی‌باشد [۵]. پس از شروع همه‌گیری کووید-۱۹، چندین گونه جهش‌یافته مختلف از ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹ نیز ظهور کرده است که به‌نظر می‌رسد این‌ها ناشی از رخداد جهش‌های مختلف از جمله جهش‌های جایگزینی و حذف در یکی از پروتئین‌های ساختاری ویروس به نام پروتئین تاجی (S) است [۶]. این پروتئین نقش مهمی در اتصال به گیرنده سلول میزبان و ورود به آن دارد [۷]. بنابراین مطالعاتی صورت گرفته است که نشان می‌دهد جهش‌های موجود در پروتئین تاجی منجر به افزایش انتقال‌پذیری ویروس شده است [۸، ۹]. به‌دلیل اهمیت جهش‌ها، رخداد این جهش‌ها در این پروتئین یکی از اهداف محققان در زمینه واکسن‌سازی و طراحی دارو است [۱۰ و ۱۱]. در این مقاله سعی شده است که مهم‌ترین و شناخته شده‌ترین گونه‌های جهش‌یافته این ویروس و همچنین واکسن‌های طراحی شده علیه آن مورد بحث و بررسی قرار گیرند.

¹ ssRNA

² dsRNA

³ Error-prone

⁴ Substitution (or Replacement) mutations

بررسی گونه‌های ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹ و واکسن‌ها

جدول ۱: خصوصیات گونه‌های ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹

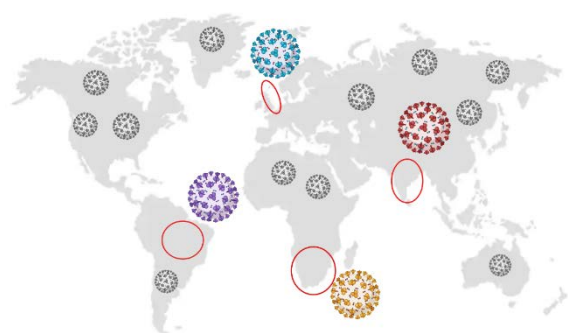
موقعیت جغرافیایی	تاریخ انتشار	نام	انتقال پذیری ۵
انگلستان	دسامبر ۲۰۲۰	B.۱.۱.۷	≈ ۵۰٪ بیشتر
ژاپن/برزیل	دسامبر ۲۰۲۰	P.۱ (B.۱.۱.۲۸.۱)	–
آفریقای جنوبی	اکتبر ۲۰۲۰	B.۱.۳۵۱	≈ ۵۰٪ بیشتر
هند	اکتبر ۲۰۲۰	B.۱.۶۱۷	–
ایالات متحده	جوئن ۲۰۲۰	B.۱.۴۲۹ B.۱.۴۲۷	≈ ۲۰٪ بیشتر

چارچوب^۱ محسوب می‌شوند، به این معنا که رخداد این جهش‌ها منجر به تغییر چارچوب خوانش توالی ژنتیکی می‌شوند [۱۷]. تاکنون، پایگاه‌های اطلاعاتی در رابطه با این ویروس تعداد جهش‌های فراوانی را گزارش داده‌اند که شامل ۳۹۸۹۱ جهش جایگزینی، ۱۰۲۸ جهش حذف و ۱۴۲ جهش درج هستند (۱). از میان این جهش‌ها، جهش‌های مربوط به پروتئین تاجی مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته‌اند زیرا که این پروتئین در اتصال و ورود ویروس به سلول میزبان نقش دارد و هدف اصلی در زمینه طراحی دارو و واکسن می‌باشد. بنابراین، در این مقاله جهش‌های این پروتئین سطحی و انواع جدید این ویروس از جمله انواع انگلیسی، برزیلی، آفریقایی، هندی و ... که ناشی از جهش‌های مختلف هستند، مورد بحث قرار می‌گیرند.

در واقع رایج‌ترین جهش‌هایی که در این ویروس گزارش شده‌اند، جهش‌های جایگزینی اسیدهای آمینه می‌باشند که به‌طور گسترده‌ای در توالی‌های موجود یافت می‌شوند [۱۸]. مطالعات قبلی نشان می‌دهد که جهش‌های جایگزینی در پروتئین تاجی و به‌ویژه در جایگاه اتصال آن به گیرنده می‌تواند ساختار آنتی‌ژنی و اتصال پروتئین ویروسی به گیرنده سلول میزبان را تحت‌تأثیر قرار دهد [۱۹]. همچنین چشمگیرترین جهش از نوع درج نیز همان‌طور که در مطالعات پیشین ذکر شد [۲۰]، درج مربوط به جایگاه برش چند بازی مربوط به آنزیم برشی فورین^۲ است که به‌عنوان جایگاهی اساسی در روند جدا شدن زیرواحدهای پروتئین تاجی و متعاقباً ورود ویروس به سلول میزبان نقش دارد.

گونه‌های ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹

در حال حاضر، واریانت‌های ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹ نگرانی‌های خاصی را در سراسر جهان ایجاد کرده‌اند. نتایج حاصل از تحقیقات نشان می‌دهند که گونه‌های پدیدار شده ممکن است با تغییراتی در اتصال گیرنده‌ها، کاهش خنثی‌سازی توسط آنتی‌بادی‌های تولید شده (در اثر ابتلا یا واکسیناسیون) علیه عفونت، کاهش کارایی تشخیص و درمان، یا افزایش میزان انتقال یا شدت بیماری همراه باشد (۲). بر اساس این مطالعات، گونه‌های مورد توجه به‌همراه مشخصات آنها در جدول ۱ معرفی شده‌اند.



شکل ۱: پراکندگی گونه‌های ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹ در مناطق جغرافیایی مختلف (الگوی رنگ‌های ویروس: آبی (انگلستان)، قرمز (هند)، نارنجی (آفریقای جنوبی) و بنفش (برزیل)).

¹ Frame-shift

² Furin

³ Endemic

⁴ Christopher Dye

⁵ Transmissibility

بررسی گونه‌های ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹ و واکسن‌ها

اتصال پروتئین به گیرنده واقع شده است [۶]. همان‌طور که قبلاً اشاره شد این دمین با ACE2 برهمکنش می‌کند [۲۰] و از طرفی در حال حاضر به‌نظر می‌رسد وجود این جهش در این دمین می‌تواند موجب افزایش انتقال بین افراد (انسان-انسان) شود [۲۲] و [۲۷]. همچنین سایر تحقیقات نشان داده‌اند که جهش حذفی ۶۹-۷۰ موجب افزایش عفونت ویروسی از طریق پروتئین S می‌شود [۲۶]. شکل ۲ نمایی شماتیک از اتصال ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹ و گونه‌های آن را نشان می‌دهد.

گونه برزیل

گونه P.1 که با نام B.1.1.28 نیز شناخته شده است، از دسامبر سال ۲۰۲۰ به عنوان گونه‌ای از ویروس جدید موجب شیوع عمده بیماری کووید-۱۹ در استان آمازوناس برزیل گردید [۲۸ و ۲۹]. اطلاعاتی مبنی بر این گونه شامل چندین جهش پروتئین تاجی است و همچنین مشخص شده است که این جهش‌ها منجر به فرار ویروس از خنثی‌سازی آنتی‌بادی‌های مونوکلونال می‌شود [۲۹]. علاوه بر این، گونه دیگری با نام P2 و از آپریل ۲۰۲۰ شناسایی شده است که متعلق به برزیل می‌باشد (۲).

گونه آفریقای جنوبی

این گونه از اکتبر سال ۲۰۲۰ با نام B.1.351 در آفریقای جنوبی شناسایی شد [۲۸]. جهش‌هایی که در این نوع معرفی شده‌اند عبارتند از deletion 242-244, N501Y, E484K, K417N, D80A, D614G, D215H, L18F, A701V که از میان این جهش‌ها تنها یکی در زیر واحد S2 قرار می‌گیرد و سایر جهش‌ها در زیر واحد S1 پروتئین تاجی مشاهده شده‌اند [۲۸]. گونه آفریقای می‌تواند از آنتی‌بادی‌های درمانی فرار کند و همچنین طی مطالعاتی مشخص شده است که تیتراژ خنثی‌سازی B.1.351 برای واکسن‌های فایزر^۳ و استرازنیکا^۴ ۸ تا ۹ برابر کاهش یافته است [۲۸ و ۳۰].

گونه ایالات متحده

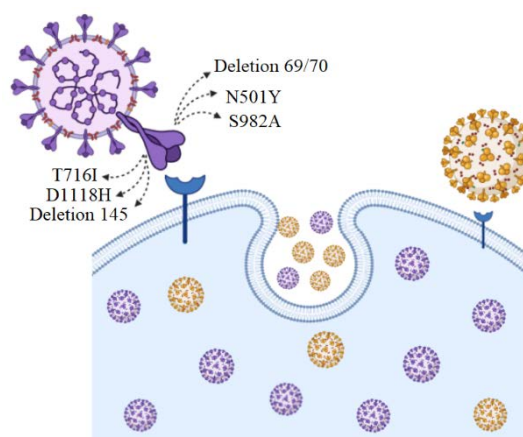
گونه‌های B.1.427 و B.1.42 که با نام CAL.20C شناخته می‌شوند در ابتدا در کالیفرنیا شناسایی شدند و در حال حاضر در

مناطق جغرافیایی مختلفی پدیدار شده‌اند و سپس به سایر مناطق دیگر گسترش یافته‌اند (شکل ۱).

بیش از ۷۰٪ از نظرسنجی‌هایی که توسط نشریه نیچر از محققان انجام شد، حاکی از این بود که توانایی انطباق و فرار از سیستم ایمنی ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹ از بدن باعث گردش مداوم آن می‌شود که در نتیجه، ممکن است لازم باشد واکسن‌های ساخته شده هر ساله مانند واکسن آنفلوانزا تولید و تجویز شود [۲۱].

گونه انگلیسی

گونه B.1.1.7 که با نام VOC 202012/01 نیز شناسایی شده است، برای اولین بار در انگلستان پدیدار شد و با افزایش موارد مبتلایان کووید-۱۹ همراه بود [۲۲]. پس از آن، گسترش این نوع در سایر کشورها همچون برزیل و ایالات متحده گزارش شد [۲۴] و [۲۳]. در این گونه ۱۷ جهش (۱۴ جهش نقطه‌ای غیر مترادف و ۳ حذف) شناسایی شده است که نتایج مطالعات حاکی از این است که برخی از این جهش‌ها در پروتئین تاجی این گونه رخ داده است [۲۵]. در واقع این پروتئین جهش‌های چندگانه‌ای را متحمل شده است که عبارتند از deletion 69-70, deletion 145, S982A, T716I, P681H, D614G, A570D, N501Y و D1118H؛ برخی از این جهش‌ها در زیر واحد S1 (دمین اتصال) گیرنده^۱ و دمین N-ترمینال^۲ و برخی دیگر در زیر واحد S2 یافت می‌شوند [۲۶]. یکی از این جهش‌ها N501Y می‌باشد که در دمین



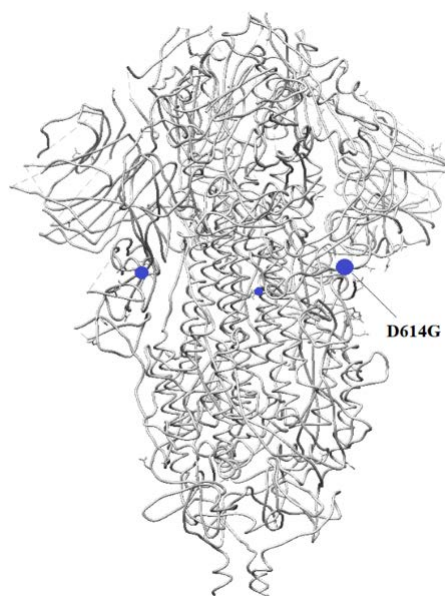
شکل ۲: ویروس کرونا و گونه جهش‌یافته آن هنگام اتصال به گیرنده سلول میزبان

¹ Receptor-binding domain (RBD)

² N-terminal domain (NTD)

³ Pfizer

⁴ AstraZeneca



شکل ۳: موقعیت جهش D614G (با رنگ آبی) روی هر سه زیرواحد پروتئین تاجی

20C: مشتق شده از 20A و دارای 57H و ORF3a و ORF1a 265I (پراکنده در سراسر جهان).
 20D: مشتق شده از 20B و دارای 1246I و ORF1a و 3278S می‌باشد. این گونه در آمریکای جنوب، اروپای جنوبی و آفریقای جنوبی مشاهده شده است.
 20E: مشتق شده از 20A و دارای جهش‌های N 220V، ORF10، 30L و ORF14 67F و S222V می‌شاسند. این گونه در اروپا یافت شده است.
 20F: مشتق از 20B و دارای 300F و ORF1a و S 477N می‌باشد. این گونه از ویروس در استرالیا مشاهده شده است.
 20G: مشتق شده از 20C و دارای 1653D، ORF1b، 172V و N 67S و N 199L می‌باشد. این گونه ایالات متحده یافت شده است.
 20H / 501Y.V2: مشتق شده از 20C و دارای 80A، S، 215G و S 484K، S 501Y، S 701V می‌باشد که در آفریقای جنوبی متمرکز است.
 20I / 501Y.V1: مشتق شده از 20B و حاوی S 501Y، B، S، 570D و S 681H، 27* ORF8 می‌باشد و همچنین این گونه در انگلستان مشاهده شده است.

سراسر ایالات متحده و ۲۹ کشور دیگر در حال گسترش هستند [۳۱]. این گونه کاهش قابل توجه خنثی‌سازی توسط برخی درمان‌های براساس آنتی‌بادی مونوکلونال EUA را نشان داده است (۲).

گونه هند

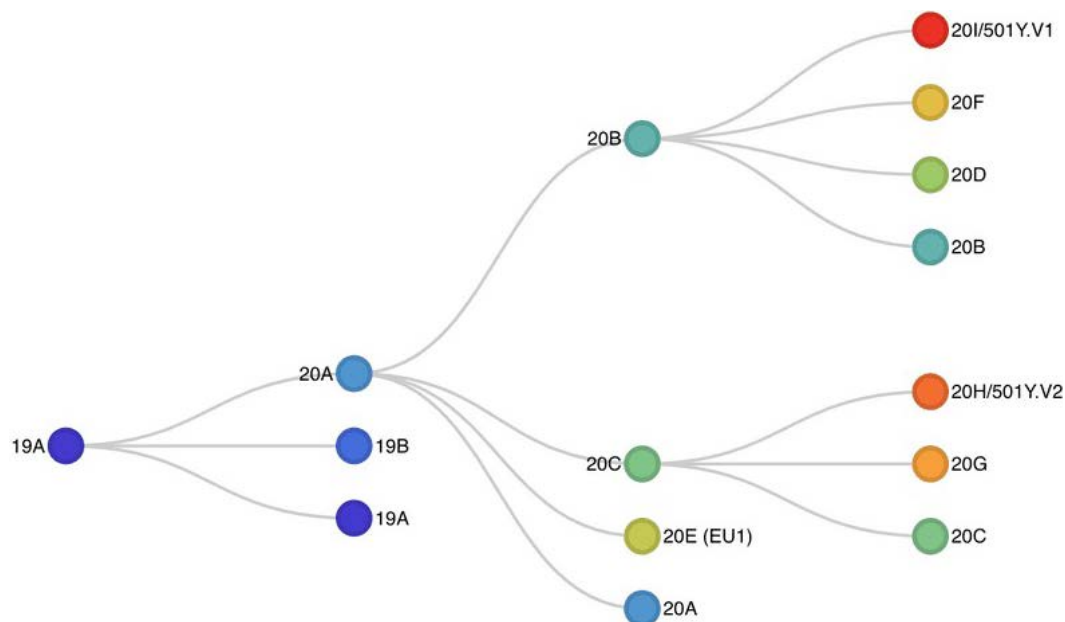
این گونه از ویروس با نام B.1.617 شناخته شده است. گزارشی در نشریه نیچر بر این اساس ارائه گردید که ویروس کرونا در هند علیرغم میزان بالای آلودگی قبلی در شهرهای بزرگ، در حال حاضر سریع‌تر از هر زمان دیگری در این کشور در حال شیوع است به گونه‌ای که این بیماری همه‌گیر هندوستان را با چنان سرعتی فراگرفته است که دانشمندان را متحیر کرده است (۳). تعداد موارد روزانه از اوایل ماه مارس روند به شدت افزایشی داشته است. و براساس این گزارش‌ها، برخی از محققان اظهار داشتند که سرعت و مقیاس شیوع فعلی ویروس ممکن است به دلیل پدیدار شدن گونه جدیدی از ویروس در این کشور باشد (۳).

جهش D614G: یک جهش غالب و پایدارکننده

مطالعات نشان داده‌اند که در بسیاری از توالی‌های ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹ یکی از جهش‌ها یا به عبارتی جایگزینی‌های متداول که مشاهده شده است جهشی به نام D614G در پروتئین تاجی بوده است (شکل ۳) که فراوانی این جهش در بین توالی‌های حاصل از کشورهای مختلف توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است [۳۲]. سایر تحقیقات نشان‌دهنده است که پروتئین جهش‌یافته (S^{G614}) نسبت به پروتئین اصلی (S^{D614}) پایدارتر است و داده‌های اپیدمیولوژیک پیشنهاد می‌کنند که پروتئین جهش‌یافته روی انتقال ویروس نیز مؤثر می‌باشد [۳۳].

طی یک دسته‌بندی دیگر توسط Nextstrain و براساس جهش‌ها و گونه‌های پدیدار شده از سال ۲۰۲۰ تاکنون چندین شاخه مجزا از آنچه در قسمت‌های قبلی ذکر شد، معرفی شده‌اند (شکل ۴) (۴) که عبارتند از:

20A: این گونه به‌عنوان گونه همه‌گیری پایه که دارای جهش S^{614G} می‌باشد، شناخته شده است که دارای جهش D614G در پروتئین تاجی است (پراکنده در سراسر جهان)
 20B: مشتق شده از 20A و دارای جهش‌های N 203K، N204R و ORF14 50N (پراکنده در سراسر جهان).



شکل ۴: دسته‌بندی گونه‌های مختلف ویروس براساس Nextstrain (۴).

می‌شود [۳۹ و ۴۰]. در حال حاضر، کرونا ویروس جدید ۲۰۱۹ یکی از پیچیده‌ترین ویروس‌هایی است که باعث ایجاد عفونت گسترده در سراسر جهان شده است که پس از شیوع این ویروس تولید واکسن تا مدتی با محدودیت‌هایی مواجه شده بود [۴۱]. با توجه به اهمیت نقش واکسن در جلوگیری از بیماری‌های عفونی، اکنون برنامه‌های مختلفی برای طراحی و ساخت واکسن کووید-۱۹ ارائه شده است. از جمله واکسن‌هایی که تاکنون شناسایی شده‌اند می‌توان به (الف) برنامه‌های مبنی بر اسید نوکلئیک (DNA و RNA)، (ب) برنامه‌های مبنی بر ذرات شبیه ویروس، (پ) برنامه‌های مبنی بر زیرواحد پروتئینی (پپتید)، (ت) برنامه‌های مبنی بر وکتور ویروسی (تکثیر و غیرتکثیر)، (ث) برنامه‌های مبنی بر پروتئین نوترکیب و (ج) برنامه‌های مبنی بر ویروس ضعیف شده و یا ویروس غیرفعال زنده اشاره نمود [۴۲].

از میان برنامه‌های ذکر شده در بالا، برخی از آنها به منظور ساخت واکسن علیه کووید-۱۹ مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته‌اند و تاکنون برخی شرکت‌ها و مراکز واکسن سازی توانسته‌اند واکسن‌های نسبتاً مؤثری را عرضه کنند. در ادامه، دو واکسن مؤثر اولیه که بر پایه نوکلئیک اسید طراحی شده‌اند و کارایی بالایی را نشان داده‌اند، و

مقاومت دارویی ناشی از جهش‌های ژنوم ویروسی

ظهور عوامل بیماری‌زای مقاوم در برابر دارو یکی از مهم‌ترین مشکلات پزشکی در دهه‌های گذشته است [۳۴ و ۳۵]. ویروس‌های RNA به‌عنوان یک نگرانی عمده مورد توجه‌اند زیرا که برخی از آنها می‌توانند مقاومت قابل توجهی را فقط پس از مدت کوتاهی قرار گرفتن در معرض داروهای ضد ویروسی به دست آورند [۱۵ و ۳۶]. در واقع، از لحاظ تکاملی به نظر می‌رسد که ویروس‌های حاوی RNA تا حد زیادی متحمل جهش‌های تصادفی می‌شوند که می‌توانند برای ویروس مضرتر واقع شوند زیرا نرخ جهش بالای ویروس منجر به ایجاد انواع جهش یافته ویروسی می‌شود که منجر به ایجاد معضلاتی در حیطه پزشکی می‌شوند [۱۵ و ۳۷].

برنامه‌های رایج واکسن کووید-۱۹

با توسعه برنامه گسترده ایمن‌سازی سازمان جهانی بهداشت در سال ۱۹۷۴ و اتحاد جهانی واکسینه شدن و ایمن‌سازی در سال ۲۰۰۰، اهمیت جهانی واکسینه شدن علیه بیماری‌های عفونی مورد توجه قرار گرفت [۳۸]. اگرچه از نظر تاریخی، چندین بیماری عفونی پیچیده نشان داده شده است که معضلاتی در تولید واکسن ایجاد

واکسن mRNA-1273

یکی دیگر از واکسن‌های شناخته شده واکسن mRNA-1273 است که یک واکسن مبتنی بر mRNA کپسوله شده با نانوذرات لیپیدی است؛ در واقع این واکسن به گونه‌ای طراحی شده است که کل پروتئین تاجی (با طول توالی کامل: پروتئین ۱۲۷۳ آمینو اسید است) را رمزگذاری می‌کند [۴۵]. بر اساس گزارش مرکز پیشگیری و کنترل بیماری (CDC^۱)، عوارض جانبی در محل تزریق این واکسن شامل درد، قرمزی و ورم می‌شوند؛ در حالی که سایر عوارض در قسمت‌های مختلف بدن فرد شامل خستگی، سردرد، درد عضلانی، لرز، تب و حالت تهوع می‌باشند (۷).

دو واکسن ذکر شده در فوق، از جمله واکسن‌های بر پایه نوکلئیک اسید (mRNA) هستند که به‌عنوان واکسن‌های اولیه که وارد فاز بالینی شدند، شناسایی شده‌اند. در جدول ۲، ویژگی‌های کلی برخی از واکسن‌های رایج کووید-۱۹ ارائه شده است [۴۶].

از جمله این واکسن‌ها می‌توان به واکسن‌های بر پایه وکتور ویروسی تکثیر شونده، واکسن بر پایه ویروس غیرفعال، واکسن بر پایه زیرواحد پروتئینی و واکسن بر پایه ذرات شبیه ویروس اشاره نمود (شکل ۵).

واکسن 02 Soberana کوبا

تاکنون پنج واکسن کوبایی معرفی شده‌اند که تحت آزمایش‌های بالینی قرار دارند. همه این واکسن‌ها براساس زیرواحد پروتئینی هستند. این بدان معنی است که آنها بخشی از پروتئین تاجی را هدف قرار داده‌اند که در نتیجه ساخت این واکسن‌ها منجر به تولید آنتی‌بادی‌های خنثی‌کننده می‌شود و در نهایت مانع روند اتصال ویروس به سلول میزبان انسانی می‌شود (۸). براساس گزارشی از نشریه نیچر 02 Soberana یکی از معروف‌ترین واکسن‌های کوبایی شناخته شده است که آن را متفاوت از سایر واکسن‌های موجود معرفی می‌کند زیرا این واکسن یک واکسن «ترکیبی^۲» است به این معنی که سازندگان این واکسن، آن را به گونه‌ای طراحی کرده‌اند که یک آنتی‌ژن ضعیف با یک آنتی‌ژن قوی‌تر ترکیب می‌شود تا پاسخ ایمنی شدید را ایجاد کند. برای ساختن 02 Soberana، دانشمندان قطعاتی از پروتئین تاجی ویروس کرونا را به یک شکل

همچنین تعداد دیگری از واکسن‌های شناخته شده و در حال توسعه شرح داده شده‌اند.

واکسن BioNTech-Pfizer

محققان BioNTech کار بر روی واکسن را در ژانویه سال ۲۰۲۰ با ساخت یک مولکول نوکلئیک اسیدی به نام RNA پیام‌رسان (mRNA) آغاز کردند (۴). در واقع ساخت این RNA پیام‌رسان بر پایه پروتئین تاجی است [۴۳]. در مراحل بعد، هنگام تزریق سازه واکسنی به سلول‌ها، محققان مشاهده کردند که پروتئین‌های تاجی ایجاد شده در بدن آزاد می‌شوند که متعاقباً این پروتئین‌ها قادرند پاسخ سیستم ایمنی بدن را تحریک کنند (۵).

در ماه مارس ۲۰۲۰، BioNTech با همکاری شرکت Pfizer برای گسترش تحقیقات، یک آزمایش بالینی را آغاز کرد و در نهایت واکسن نهایی را به نام عمومی tozinameran و نام تجاری Comirnaty نامگذاری کردند (۵). علاوه بر نام‌های ذکر شده، این واکسن با نام BNT162b2 نیز شناخته شده است [۴۳]. کارایی واکسن را ۹۵٪ اعلام نموده‌اند و همچنین تزریق آن در دو دوز صورت می‌گیرد و ایمنی ناشی از آن نیز مانند سایر واکسن‌های ویروسی به طور میانگین بیش از ۲ ماه مشخص شده است [۴۳].

از جمله معضلات اولیه این واکسن می‌توان به شرایط سخت نگهداری آن اشاره نمود به گونه‌ای که در ابتدا این واکسن می‌بایست در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد (۶۰- تا ۸۰- درجه سانتی‌گراد) نگهداری می‌شد اما با گذشت زمان، این شرکت‌ها اعلام کردند که شرایط نگهداری آن بهبود یافته است و می‌توان واکسن را در دمای ۲۵- تا ۱۵- درجه سانتی‌گراد پایدار نگه داشت (۵ و ۶).

همچنین عوارض جانبی مختلفی از آزمایشات بالینی واکسن فایزر گزارش شده است که شایع‌ترین عوارض شامل درد، خستگی، درد عضلانی (میالژی)، سردرد، لرز، تب، درد مفصل و حالت تهوع می‌شوند [۴۴]. سایر موارد عبارتند از گرفتگی عضله، تعرق، سرگیجه، گرگرفتگی، بی‌اشتهایی، کاهش خواب، خارش، سوزن سوزن شدن، اسهال و گرفتگی بینی [۴۴]. علاوه بر این گزارش‌ها، مشخص شده است که بیشتر علائم تهدید کننده زندگی فرد بیمار نبوده‌اند [۴۴].

¹ Centers for Disease Control and Prevention

² Conjugate

بررسی گونه‌های ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹ و واکسن‌ها

دریافت کد اخلاق و کارآزمایی انسانی از وزارت بهداشت شده است واکسن کوو برکت تولید شده در شرکت شفا فارمد است. این واکسن از نوع ویروس غیرفعال شده است و در حال حاضر در مرحله سوم کارآزمایی بالینی قرار دارد. یکی دیگر از واکسن‌هایی که در ایران در مرحله کارآزمایی بالینی قرار دارد واکسن کوو پارس متعلق به موسسه تحقیقات واکسن و سرم‌سازی رازی است که بر پایه پروتئین نوترکیب تاجی طراحی شده است. مصرف این واکسن به صورت سه دوز (دو دوز تزریقی و یک دوز استنشاقی) در حال بررسی می‌باشد. واکسن از نوع ویروس غیرفعال شده فخر اوک نیز که در مجموعه سپند وابسته به وزارت دفاع طراحی شده است در اسفند ۱۳۹۹ موفق به دریافت کد اخلاق از سازمان غذا و دارو شده است و مطالعات بالینی آن شروع شده است. همچنین شرکت سیناژن به صورت مشترک با شرکت استرالایبی وکسین و موسسه انستیتو پاستور به طور مشترک با مؤسسه فینلای کوبا (واکسن Soberana 02) بر روی توسعه و انجام مطالعات بالینی واکسن کرونا (به شکل پروتئین نوترکیب) در حال کار هستند (۹).

غیرفعال از سم کزاز که یک آنتی‌ژن قدرتمند است و می‌تواند تولید سلول‌های ایمنی و آنتی‌بادی‌ها را تقویت کند، ترکیب کردند [۴۷].

واکسن Sputnik V

ساخت اولین واکسن تأیید شده روسیه در اوایل مارس ۲۰۲۰ و توسط مرکز ملی اپیدمیولوژی و میکروبیشناسی در مسکو شروع شد و نام Sputnik V را به خود اختصاص داد و همچنین تاکنون مشخص شده است که این واکسن ۹۱/۶٪ مؤثر است [۴۸]. این واکسن از دو جز تشکیل شده است که شامل یک وکتور نوترکیب آدنو ویروس نوع ۲۶ و یک وکتور آدنو ویروس نوترکیب ۵ می‌باشد که هر دو حامل دارای ژن پروتئین تاجی ویروس کرونا می‌باشند [۴۹].

واکسن‌های ایرانی

در حال حاضر چندین مؤسسه و شرکت در ایران مشغول کار بر روی واکسن کوید-۱۹ هستند. نخستین واکسن ایرانی که موفق به

جدول ۲: ویژگی‌های کلی برخی از واکسن‌های رایج کوید

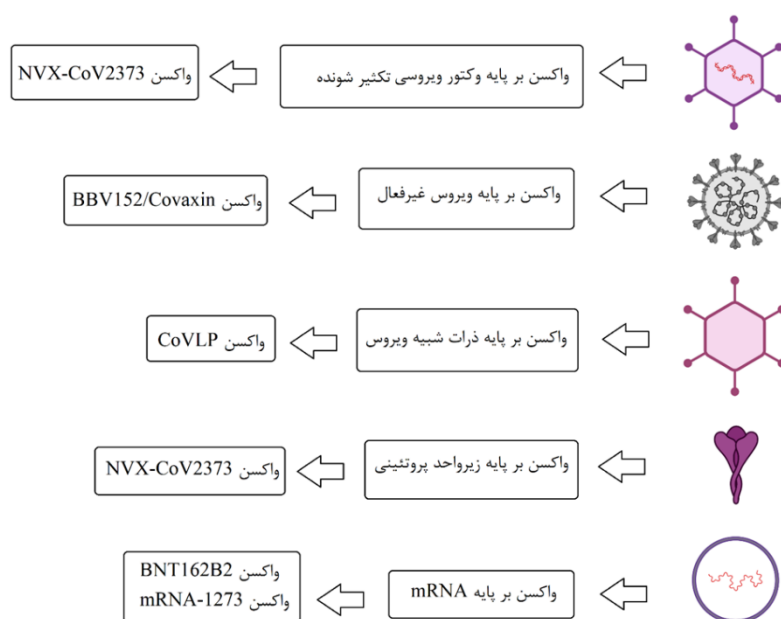
نام واکسن	mRNA-1273	BNT162B2	AZD1222	BBV152/Covaxin	NVX-CoV2373	CoVLP
سازنده	Moderna/NIAID	BioNTech/Pfizer/Fosun Pharma	AstraZenca/Oxford University	Bharat Biotech	Novavax	Medicago/Glaxo Smith Kline
تاریخ شروع در فاز بالینی	جولای ۲۰۲۰	جولای ۲۰۲۰	آگوست ۲۰۲۰	نوامبر ۲۰۲۰	سپتامبر ۲۰۲۰	نوامبر ۲۰۲۰
تعداد شرکت کنندگان	۳۰۰۰۰	۴۴۰۰۰	۳۰۰۰۰	۲۶۰۰۰	۴۵۰۰۰	۳۰۶۱۲
دمای نگهداری (درجه سانتی گراد)	-۲۰	-۷۰	-۸	-۸	-۸	-۸
دوز مورد استفاده	دو دوز	دو دوز	دو دوز	۲ دوز	۲ دوز	۲ دوز
کارایی واکسن	۹۴٪	(افراد بالای ۶۵ سال = ۹۴٪)	(افراد ۱۸ تا ۵۵ سال = ۹۰٪)	-	-	-

جانبی باشند [۵۲-۵۰]. در سایر مطالعات نیز مشخص شده است که نگرانی اولیه برای استفاده از واکسن برای بیماری‌های ناشی از ویروس‌های خانواده کرونا این است که این واکسن‌ها ممکن است باعث واکنش ایمنوپاتولوژیک شود [۵۳]. بنابراین، علاوه بر مزایای انواع واکسن‌هایی که تاکنون علیه کووید-۱۹ تولید شده‌اند، توجه

اهمیت پایش اثربخشی و اثرات بلندمدت واکسن‌های کووید-۱۹

طی مطالعاتی که بر روی واکسن‌های پیشین همچون واکسن ابولا انجام گرفت، مشخص شد که واکسن‌هایی که بر پایه ویروس ضعیف شده یا غیرفعال هستند ممکن است دارای برخی عوارض

بررسی گونه‌های ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹ و واکسن‌ها



شکل ۵: روش‌های عملیاتی رایج واکسن کووید-۱۹ و نمونه واکسن‌های موجود

وبگاه‌های بازدید شده در این مقاله

- (1) <http://cov-glue.cvr.gla.ac.uk/#/home>
- (2) <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/cases-updates/variant-surveillance/variant-info.html#print>
- (3) <https://www.nature.com/articles/d41586-021-01059-y>
- (4) <https://nextstrain.org/blog/2021-01-06-updated-SARS-CoV-2-clade-naming>
- (5) <https://www.nytimes.com/interactive/2020/science/coronavirus-vaccine-tracker.html>
- (6) <https://www.cdc.gov/vaccines/covid-19/info-by-product/pfizer/index.html>
- (7) <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/vaccines/different-vaccines/Moderna.html>
- (8) <https://blogs.lse.ac.uk/latamcaribbean/2021/03/31/cubas-five-covid-19-vaccines-the-full-story-on-soberana-01-02-plus-abdala-and-mambisa/>
- (9) <https://www.mashreghnews.ir/news/1226888/%D9%87%D9%85%D9%87-...>

منابع و مؤاخذ

- [1]. Poltronieri P, Sun B, Mallardo M. (2015). RNA viruses: RNA roles in pathogenesis, coreplication and viral load. Current genomics. 16(5), 327-35.
- [2]. Sanjuán R, Domingo-Calap P. (2016). Mechanisms of viral mutation. Cellular and molecular life sciences. 73(23), 4433-48.
- [3]. Steinhauer DA, Domingo E, Holland JJ. (1992). Lack of evidence for proofreading mechanisms

به این چالش‌ها بررسی شرایط و پایش سلامت و بررسی‌های آماری در گروه‌های مختلف می‌تواند در ساخت و بهبود این روش‌ها حائز اهمیت باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به رخداد جهش‌های جدید و پیدایش گونه‌های متفاوت با ویروس اولیه، شناسایی و بررسی جهش‌های موجود در ویروس کرونا جدید ۲۰۱۹ از اهمیت بالایی برخوردار است. زیرا طبق مطالعات مشخص شده است که پروتئین سطحی این ویروس که در اتصال و انتقال آن به سلول میزبان نقش دارد، متحمل بیشترین و اثرگذارترین جهش‌ها شده است که می‌تواند بر سرعت انتقال ویروس اثر داشته باشد. بنابراین، بررسی جهش‌ها و گونه‌های پدیدار شده در زمینه طراحی دارو و سایر اقدامات درمانی از جمله تولید واکسن با کارایی بالا عامل مهمی است که همواره مورد توجه محققان می‌باشد. همچنین پایش عملکرد و عوارض واکسن‌ها در گروه‌های سنی و با توجه به بیماری‌های زمینه‌ای جهت شناخت بهتر و افزایش کارایی مهم است.

*شماره در براکت منظور منابع و مؤاخذ است و شماره در پرانتز منظور وبگاه است.

- [18]. Cortey M, Li Y, Diaz I, Clilverd H, Darwich L, Mateu E. (2020). SARS-CoV-2 amino acid substitutions widely spread in the human population are mainly located in highly conserved segments of the structural proteins. *bioRxiv*.
- [19]. Tian X, Li C, Huang A, Xia S, Lu S, Shi Z, Lu L, Jiang S, Yang Z, Wu Y, Ying T. (2020). Potent binding of 2019 novel coronavirus spike protein by a SARS coronavirus-specific human monoclonal antibody. *Emerging microbes & infections*. 9(1), 382-5.
- [۲۰]. رضائی، شکوه، قاسملو، عبدالرحمن، سفیدبخت، یحیی، (۱۳۹۹)، ویروس کرونای جدید ۲۰۱۹: منشأ و مکانیسم بیماری‌زایی، نشریه نشاء علم، سال دهم، شماره دوم، خرداد ماه ۹، صفحات ۱۳۰-۱۳۷.
- [21]. Torjesen I. (2021). Covid-19 will become endemic but with decreased potency over time, scientists believe. *BMJ: British Medical Journal* (Online). 372.
- [22]. Leung K, Shum MH, Leung GM, Lam TT, Wu JT. (2021). Early transmissibility assessment of the N501Y mutant strains of SARS-CoV-2 in the United Kingdom, October to November 2020. *Eurosurveillance*. 26(1), 2002106.
- [23]. Claro IM, da Silva Sales FC, Ramundo MS, Candido DS, Silva CA, de Jesus JG, Manuli ER, de Oliveira CM, Scarpelli L, Campana G, Pybus OG. (2021). Local Transmission of SARS-CoV-2 Lineage B. 1.1. 7, Brazil, December 2020. *Emerging infectious diseases*. 27(3), 970.
- [24]. Galloway SE, Paul P, MacCannell DR, Johansson MA, Brooks JT, MacNeil A, Slayton RB, Tong S, Silk BJ, Armstrong GL, Biggerstaff M. (2021). Emergence of SARS-CoV-2 b. 1.1. 7 lineage—united states, december 29, 2020–january 12, 2021. *Morbidity and Mortality Weekly Report*. 70(3), 95.
- [25]. Davies NG, Abbott S, Barnard RC, Jarvis CI, Kucharski AJ, Munday JD, Pearson CA, Russell TW, Tully DC, Washburne AD, Wenseleers T. (2021). Estimated transmissibility and impact of SARS-CoV-2 lineage B. 1.1. 7 in England. *Science*. 372(6538).
- [26]. Kemp S, Harvey W, Datir R, Collier D, Ferreira I, Carabelli A, Robertson DL, Gupta RK. (2020). Recurrent emergence and transmission of a SARS-CoV-2 Spike deletion Δ H69/V70. *bioRxiv*.
- [27]. Zhao S, Lou J, Cao L, Zheng H, Chong MK, Chen Z, Chan RW, Zee BC, Chan PK, Wang MH. (2021). Quantifying the transmission advantage associated with N501Y substitution of SARS-CoV-2 in the UK: an early data-driven analysis. *Journal of travel medicine*. 28(2).
- [28]. Zhou D, Dejnirattisai W, Supasa P, Liu C, Mentzer AJ, Ginn HM, Zhao Y, Duyvesteyn HM, Tuekprakhon A, Nutalai R, Wang B. (2021). Evidence of escape of SARS-CoV-2 variant B. 1.351 from natural and vaccine-induced sera. *Cell*.
- [29]. Maggi F, Novazzi F, Genoni A, Baj A, Spezia PG, Focosi D, Zago C, Colombo A, Cassani G, Pasciuta R, Tamborini A. (2021). Imported SARS-CoV-2 Variant P. 1 in Traveler Returning from Brazil to Italy. *Emerging infectious diseases*. 27(4), 1249.
- associated with an RNA virus polymerase. *Gene*. 122(2), 281-8.
- [4]. Hong YB, Choi YW, Jung GH. (2004). Increased DNA polymerase fidelity of the Lamivudine resistant variants of human hepatitis B virus DNA polymerase. *BMB Reports*. 37(2), 167-76.
- [5]. van Dorp L, Acman M, Richard D, Shaw LP, Ford CE, Ormond L, Owen CJ, Pang J, Tan CC, Boshier FA, Ortiz AT. (2020). Emergence of genomic diversity and recurrent mutations in SARS-CoV-2. *Infection, Genetics and Evolution*. 83, 104351.
- [6]. Hoffmann M, Arora P, Groß R, Seidel A, Hörnich B, Hahn A, Krüger N, Graichen L, Hofmann-Winkler H, Kempf A, Winkler MS. (2021). SARS-CoV-2 variants B. 1.351 and B. 1.1. 248: Escape from therapeutic antibodies and antibodies induced by infection and vaccination. *BioRxiv*.
- [7]. Huang Y, Yang C, Xu XF, Xu W, Liu SW. (2020). Structural and functional properties of SARS-CoV-2 spike protein: potential antiviral drug development for COVID-19. *Acta Pharmacologica Sinica*. 41(9), 1141-9.
- [8]. Coutinho RM, Marquitti FM, Ferreira LS, Borges ME, da Silva RL, Canton O, Portella TP, Lyra SP, Franco C, Plucinski MM, Lessa FC. (2021). Model-based estimation of transmissibility and reinfection of SARS-CoV-2 P. 1 variant. *medRxiv*.
- [9]. Volz E, Mishra S, Chand M, Barrett JC, Johnson R, Geidelberg L, Hinsley WR, Laydon DJ, Dabrera G, O'Toole Á, Amato R. (2021). Transmission of SARS-CoV-2 Lineage B. 1.1. 7 in England: Insights from linking epidemiological and genetic data. *medRxiv*.
- [10]. Polack FP, Thomas SJ, Kitchin N, Absalon J, Gurtman A, Lockhart S, Perez JL, Pérez Marc G, Moreira ED, Zerbini C, Bailey R. (2020). Safety and efficacy of the BNT162b2 mRNA Covid-19 vaccine. *New England Journal of Medicine*. 383(27), 2603-15.
- [11]. Mummé Y. (2020). Molecular targets for COVID-19 drug development: Enlightening Nigerians about the pandemic and future treatment. *Biosafety and Health*.
- [12]. Sanjuán R, Nebot MR, Chirico N, Mansky LM, Belshaw R. (2010). Viral mutation rates. *Journal of virology*. 84(19), 9733-48.
- [13]. Peck KM, Lauring AS. (2018). Complexities of viral mutation rates. *Journal of virology*. 92(14).
- [14]. Baranovich T, Wong SS, Armstrong J, Marjuki H, Webby RJ, Webster RG, Govorkova EA. (2013). T-705 (favipiravir) induces lethal mutagenesis in influenza A H1N1 viruses in vitro. *Journal of virology*. 87(7), 3741-51.
- [15]. Carrasco-Hernandez R, Jácome R, López Vidal Y, Ponce de León S. (2017). Are RNA viruses candidate agents for the next global pandemic? A review. *ILAR journal*. 58(3), 343-58.
- [16]. Matyášek R, Kovařík A. (2020). Mutation patterns of human SARS-CoV-2 and bat RaTG13 coronavirus genomes are strongly biased towards C>U transitions, indicating rapid evolution in their hosts. *Genes*. 11(7), 761.
- [17]. Loewe, L. (2008). Genetic mutation. *Nature Education*. 1(1), 113.

- [42]. Le TT, Andreadakis Z, Kumar A, Román RG, Tollefsen S, Saville M, Mayhew S. (2020). The COVID-19 vaccine development landscape. *Nat Rev Drug Discov.* 19(5), 305-6.
- [43]. Polack FP, Thomas SJ, Kitchin N, Absalon J, Gurtman A, Lockhart S, Perez JL, Pérez Marc G, Moreira ED, Zerbini C, Bailey R. (2020). Safety and efficacy of the BNT162b2 mRNA Covid-19 vaccine. *New England Journal of Medicine.* 383(27), 2603-15.
- [44]. Kadali RA, Janagama R, Peruru S, Malayala SV. (2021). Side effects of BNT162b2 mRNA COVID-19 vaccine: A randomized, cross-sectional study with detailed self-reported symptoms from healthcare workers. *International Journal of Infectious Diseases.* 106, 376-381.
- [45]. Baden LR, El Sahly HM, Essink B, Kotloff K, Frey S, Novak R, Diemert D, Spector SA, Rouphael N, Creech CB, McGettigan J. (2021). Efficacy and safety of the mRNA-1273 SARS-CoV-2 vaccine. *New England Journal of Medicine.* 384(5), 403-16.
- [46]. Kyriakidis NC, López-Cortés A, González EV, Grimaldos AB, Prado EO. (2021). SARS-CoV-2 vaccines strategies: a comprehensive review of phase 3 candidates. *npj Vaccines.* 6(1), 1-7.
- [47]. Mega ER. (2021). Can Cuba beat COVID with its homegrown vaccines?. *Nature.* <https://doi.org/10.1038/d41586-021-01126-4>
- [48]. Baraniuk C. (2021). Covid-19: What do we know about Sputnik V and other Russian vaccines?. *Bmj.* 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n743>
- [49]. Pagotto V, Ferloni A, Soriano MM, Diaz M, Braguinsky N, Asprea V, Vidal GG, Silveira MG, Zingoni P, Aliperti V, Michelangelo H. (2021). Active surveillance of the SPUTNIK V vaccine in health workers. *medRxiv.* <https://doi.org/10.1101/2021.02.03.21251071>
- [50]. Richardson JS, Dekker JD, Croyle MA, Kobinger GP. (2010). Recent advances in Ebolavirus vaccine development. *Human vaccines.* 439-49.
- [51]. Regules JA, Beigel JH, Paolino KM, Voell J, Castellano AR, Hu Z, Muñoz P, Moon JE, Ruck RC, Bennett JW, Twomey PS. (2017). A recombinant vesicular stomatitis virus Ebola vaccine. *New England Journal of Medicine.* 376(4), 330-41.
- [52]. Baldo A, van den Akker E, E Bergmans H, Lim F, Pauwels K. (2013). General considerations on the biosafety of virus-derived vectors used in gene therapy and vaccination. *Current gene therapy.* 13(6), 385-94.
- [53]. Tseng CT, Sbrana E, Iwata-Yoshikawa N, Newman PC, Garron T, Atmar RL, Peters CJ, Couch RB. (2012). Immunization with SARS coronavirus vaccines leads to pulmonary immunopathology on challenge with the SARS virus. *PloS one.* 7(4), e35421.
- [30]. Hoffmann M, Arora P, Groß R, Seidel A, Hörnich BF, Hahn AS, Krüger N, Graichen L, Hofmann-Winkler H, Kempf A, Winkler MS. (2021). SARS-CoV-2 variants B. 1.351 and P. 1 escape from neutralizing antibodies. *Cell.*
- [31]. McCallum M, Bassi J, De Marco A, Chen A, Walls AC, Di Iulio J, Tortorici MA, Navarro MJ, Silacci-Fregni C, Saliba C, Agostini M. (2021). SARS-CoV-2 immune evasion by variant B. 1.427/B. 1.429. *bioRxiv.*
- [32]. Plante JA, Liu Y, Liu J, Xia H, Johnson BA, Lokugamage KG, Zhang X, Muruato AE, Zou J, Fontes-Garfias CR, Mirchandani D. (2020). Spike mutation D614G alters SARS-CoV-2 fitness. *Nature.* 1-6.
- [33]. Zhang L, Jackson CB, Mou H, Ojha A, Rangarajan ES, Izard T, Farzan M, Choe H. (2020). The D614G mutation in the SARS-CoV-2 spike protein reduces S1 shedding and increases infectivity. *BioRxiv.*
- [34]. Infectious Diseases Society of America (IDSA). (2011). Combating antimicrobial resistance: policy recommendations to save lives. *Clinical Infectious Diseases.* 52(suppl_5), S397-428.
- [35]. Spellberg B, Guidos R, Gilbert D, Bradley J, Boucher HW, Scheld WM, Bartlett JG, Edwards Jr J, Infectious Diseases Society of America. (2008). The epidemic of antibiotic-resistant infections: a call to action for the medical community from the Infectious Diseases Society of America. *Clinical infectious diseases.* 46(2), 155-64.
- [36]. Weber DJ, Rutala WA, Fischer WA, Kanamori H, Sickbert-Bennett EE. (2016). Emerging infectious diseases: Focus on infection control issues for novel coronaviruses (Severe Acute Respiratory Syndrome-CoV and Middle East Respiratory Syndrome-CoV), hemorrhagic fever viruses (Lassa and Ebola), and highly pathogenic avian influenza viruses, A (H5N1) and A (H7N9). *American journal of infection control.* 44(5), e91-100.
- [37]. Simon-Loriere E, Holmes EC. (2011). Why do RNA viruses recombine?. *Nature Reviews Microbiology.* 9(8), 617-26.
- [38]. Greenwood B. (2014). The contribution of vaccination to global health: past, present and future. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences.* 369(1645), 20130433.
- [39]. Heaton PM. (2020). Challenges of Developing Novel Vaccines with Particular Global Health Importance. *Frontiers in Immunology.* 1-13.
- [40]. Eyal N, Halkitis PN. (2020). AIDS activism and coronavirus vaccine challenge trials. *AIDS and Behavior.* 24(12), 3302-5.
- [41]. Chen W. (2020). Promise and challenges in the development of COVID-19 vaccines. *Human Vaccines & Immunotherapeutics.* 1-5.

۷۰ سال دسته‌بندی و نامگذاری آنزیم‌ها: معرفی دسته هفتم واکنش‌های آنزیمی

مهران حبیبی رضائی^{۱*}

چکیده

اولین اقدام صورت گرفته در جهت نامگذاری سامان‌یافته مواد شیمیایی غیرآلی و آلی به ترتیب مربوط نیمه دوم قرن‌های هجدهم و نوزدهم میلادی است. با این وجود، استانداردسازی بین‌المللی نامگذاری مواد شیمیایی با بنیانگذاری اتحادیه بین‌المللی شیمی محض و کاربردی (IUPAC) در سال ۱۹۱۹ م. (۱۲۹۷ خ.) تحقق عینی یافت. همچنین علیرغم کاربرد واژه کاتالیز با مفهوم تسریع واکنش‌های شیمیایی در نیمه دوم قرن هجدهم، ارائه مفهوم امروزی کاتالیز و همچنین، معرفی اولین فعالیت آنزیمی در دهه سوم قرن نوزدهم جامه عمل پوشید. در ادامه، اقدام در جهت استانداردسازی بین‌المللی آنزیم‌ها تا زمان بنیانگذاری اتحادیه بین‌المللی بیوشیمی (IUB) که از دهه پایانی قرن بیستم به اتحادیه بین‌المللی بیوشیمی و زیست‌شناسی مولکولی (IUBMB) تغییر نام داد، در ابتدای نیمه دوم قرن بیستم معطل ماند. تا اینکه در ابتدای دهه ششم قرن مزبور، IUB با سازمان‌دهی و تشکیل کمیسیون آنزیم (EC) در ابتدا با مشورت و در ادامه با همکاری IUPAC، شروع به انتشار گزارش‌های دسته‌بندی و نامگذاری آنزیم‌ها بر اساس نوع واکنش نمود. نتیجه اقدام مزبور انتشار ۶ گزارش و ۱۳ الحاقیه نامگذاری و دسته‌بندی آنزیم‌ها تا پایان قرن بیستم بود. بر این اساس آنزیم‌ها در ۶ دسته، نامگذاری و دسته‌بندی شدند. تا اینکه، بعد از ۷۰ سال از زمان تلاش بین‌المللی و سازمان یافته برای نامگذاری آنزیم‌ها و نیز ۶۰ سال بعد از انتشار اولین گزارش کمیسیون آنزیمی، گروهی از آنزیم‌ها در دسته هفتم (EC 7) نامگذاری و دسته‌بندی شدند. در مقاله حاضر ضمن اطلاع‌رسانی در مورد اضافه شدن دسته هفتم به ۶ دسته آنزیم‌ها توسط کارگروه نامگذاری آنزیم از اتحادیه بین‌المللی بیوشیمی و زیست‌شناسی مولکولی (EN-IUBMB) و کمیسیون مشترک نامگذاری بیوشیمیایی اتحادیه بین‌المللی بیوشیمی و زیست‌شناسی مولکولی و اتحادیه بین‌المللی شیمی محض و کاربردی (JCBN)، سرگذشت نامگذاری آنزیم‌ها از ابتدا- تاکنون مرور می‌شود.

واژگان کلیدی: کاتالیز؛ کمیسیون نامگذاری اتحادیه بین‌المللی بیوشیمی و زیست‌شناسی مولکولی (EN-IUBMB)؛ دسته‌بندی و نامگذاری آنزیم‌ها؛ ترنس‌لوکازها؛ EC 7

*عهده‌دار مکاتبات: استاد، تلفن، ۰۲۱-۶۱۱۱۳۲۱۴-۰۲۱ دورنگار، ۰۲۱-۶۶۹۷۱۹۴۱ آدرس رایانامه mhabibi@ut.ac.ir

^۱ آزمایشگاه بیوتکنولوژی پروتئین (PBRL)، دانشکده زیست‌شناسی، دانشگاه تهران

آغاز نامگذاری

آنزیم‌ها به‌عنوان کاتالیست‌های زیستی با منشأ سلول‌های زنده، از طریق کاستن از بزرگی سد انرژی مربوط به زایش حالت گذار در مکانیسم واکنش‌های بیوشیمیایی، امکان تأمین کمینه انرژی لازم برای غلبه گونه‌های واکنش‌گر (سوبسترا) بر سد انرژی تبدیل واکنش‌گر به محصول را فراهم کرده، واکنش‌ها را کارآمدتر و سریع‌تر می‌کنند. ایفای نقش تسریع واکنش توسط آنزیم‌های مختلف با سازوکارهای متفاوت انجام می‌شود و پیش‌بینی دسته آنزیم به‌دلیل فراهم‌سازی امکان مطالعه ساختار و عملکرد مولکول‌های آنزیمی، از جنبه‌های پژوهشی و کاربردی از اهمیت بالا برخوردار است.

دسته‌بندی حاضر آنزیم‌ها مرهون تلاش‌های سازمان‌یافته دانشمندان شیمی و بیوشیمی در طی دو قرن اخیر است. براساس اسناد موجود، اولین توصیه‌های نامگذاری مواد شیمیایی با تأکید روی مواد غیرآلی، اول بار در سال ۱۷۸۲ م. (۱۱۶۱ خ.) توسط شیمیدان فرانسوی لوئیس مروو^۸ منتشر و توسط سایر شیمیدان‌های فرانسوی اصلاح شد [۱]. اولین نامگذاری بین‌المللی برای ترکیبات آلی در سال ۱۸۶۰ م. (۱۲۳۹ خ.) مرهون اقدامات کارگروهی به ریاست دانشمند آلمانی فردریش ککوله فون استرادیونیتز^۹ است که اساس نامگذاری کنونی ترکیبات آلی را معرفی کرد. تلاش‌ها برای ایجاد اجماع بین‌المللی در نامگذاری ترکیبات آلی با برگزاری چندین نشست از جمله نشست سال ۱۸۹۲ م. (۱۲۷۱ خ.) در ژنو مورد پیگیری قرار گرفت و در سال ۱۹۱۱ م. (۱۲۹۰ خ.)، فهرست اقدامات ضروری که می‌بایست توسط یک سازمان بین‌المللی مورد پیگیری قرار گیرد در نشست اتحادیه موسوم به مجمع بین‌المللی انجمن‌های شیمیایی (IACS)^{۱۰} در پاریس به‌صورت مؤکد، عنوان شد. در ادامه این تلاش‌ها و در پاسخ به ضرورت استانداردسازی بین‌المللی وزن‌ها، معیارها، نام‌ها و نمادها در شیمی، شیمیدان‌هایی از صنعت و دانشگاه، IACS توانستند «اتحادیه

بین‌المللی شیمی محض و کاربردی» (IUPAC)^{۱۱} را در سال ۱۹۱۹ م. (۱۲۹۸ خ.)، به‌صورت رسمی بنیانگذاری کنند. IUPAC از همان ابتدا، نامگذاری مواد آلی و غیرآلی، را به‌عنوان یکی از فعالیت‌های مستمر خود در نظر گرفت.

با وجود شناخته شده بودن مفهوم کاتالیز شیمیایی و کاتالیز آنزیمی از چند دهه پیش از بنیانگذاری IUPAC و چند دهه پس آن و همچنین علیرغم وجود نهادهایی مانند انجمن بیوشیمی بریتانیا که در سال ۱۹۱۱ م. (۱۲۹۰ خ.) ابتدا تحت نام کلوب بیوشیمی^{۱۲} فعالیت خود را آغاز و در سال ۱۹۱۳ م. (۱۲۹۲ خ.) به نام انجمن بیوشیمی^{۱۳} تغییر نام داد، نامگذاری آنزیم‌ها تا چندین دهه بعد از تأسیس IUPAC، در دستور کار آن قرار نداشت و از طرف دیگر نهاد بین‌المللی مانند اتحادیه بین‌المللی بیوشیمی (IUB)^{۱۴} که بتواند بیوشیمی را به‌عنوان یک رشته مستقل به رسمیت شناسانده، فرصت‌های همراهی شیمی آلی و فیزیولوژی را عرضه کند و با اجماع نظر دانشمندان کشورهای مختلف نسبت به ساماندهی وضعیت آشفته دسته‌بندی و نامگذاری آنزیم‌ها^{۱۵} اقدام نماید، وجود نداشت.

اصطلاح «کاتالیز»^{۱۶} در اشاره به مفهوم افزایش سرعت و کاتالیزور در اشاره به هر موردی که موجب افزایش سرعت واکنش می‌شود اولین بار در کتاب شیمیدان اسکاتلندی؛ الیزابت فولام^{۱۷}، در سال ۱۷۹۴ م. (۱۱۷۳ خ.)، سال روی کار آمدن سلسله قارجاریان در ایران) به‌کار رفت. با این وجود، اولین توصیف فرآیند کاتالیز به‌صورت واکنش‌های تسریع شده توسط موادی که پس از واکنش بدون تغییر باقی می‌مانند یعنی کاتالیزورها، توسط جونز ژاکوب برزیلیوس^{۱۸} شیمیدان سوئدی در سال ۱۸۳۵ م. (۱۲۱۴ خ.) صورت گرفت. برزیلیوس نتیجه گرفت که علاوه بر «میل شیمیایی» یک نیروی جدید یعنی «نیروی کاتالیزوری» نیز مطرح است [۲]. همچنین از اولین موارد شناخت فعالیت آنزیمی، مشاهدات آنسلم پاین^{۱۹} و جین پرسوز^{۲۰} در سال ۱۸۳۳ م. (۱۲۱۲ خ.) است که طی آن تبدیل نشاسته به شکر توسط رسوب الکلی عصاره جوانه گندم گزارش

^۱ Louis-Bernard Guyton de Morveau

^۲ Friedrich August Kekulé von Stradonitz

^۳ International Association of Chemical Societies

^۴ International Union of Pure and Applied Chemistry

^۵ Biochemical Club

^۶ Biochemical Society (<https://www.biochemistry.org/>)

^۷ International Union of Biochemistry

^۸ Enzymes nomenclature & classification

^۹ Catalysis (*kata*= down and *lyein*=loosen)

^{۱۰} Elizabeth Fulhame

^{۱۱} Jöns Jakob Berzelius

^{۱۲} Anselme Payen ,

^{۱۳} Jean-François Persoz

^{۱۴} Diastase

IUB برداشته شد و طی آن کمیته بین‌المللی بیوشیمی (ICB)^۳ با ۲۰ عضو از ۱۴ کشور یا منطقه با هدف به رسمیت شناخته شدن این کمیته از طرف شورای بین‌المللی اتحادیه‌های علمی (ICSU)^۴ به‌عنوان نماینده بین‌المللی بیوشیمی و با دور نمای تهیه و ارائه اساسنامه رسمی IUB، شکل گرفت.

ICSU، در سال ۱۹۳۱. (۱۳۱۰ خ.). از ادغام دو نهاد؛ جامعه بین‌المللی دانشگاهیان (IAA)^۵ و شورای بین‌المللی پژوهش (IRC)^۶، تشکیل شد. این نهاد بین‌المللی در سال ۱۹۹۸ م. (۱۳۳۱ خ.). با حفظ سر واژه ICSU به شورای بین‌المللی برای علم^۷ و در جولای سال ۲۰۱۸ م. (تیر ۱۳۹۷ خ.). بعد از ادغام شدن با شورای بین‌المللی علوم اجتماعی (ISSC)^۸، به شورای بین‌المللی علم (ISC)^۹، تغییر نام داد. در حال حاضر ۴۰ اتحادیه و جامعه بین‌المللی و بیش از ۱۴۰ سازمان علمی ملی و منطقه‌ای عضو این نهاد هستند و از ایران، دانشگاه تهران از سال ۱۹۶۳ م. (۱۳۴۲ خ.)، در آن عضویت دارد.

و آن را دیاستاز^{۱۰} نامیدند که به‌طور کلی برای آنزیم‌ها مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه، آنها پیشنهاد کردند که در اشاره فعالیت‌های مشابه، سه حرف آخر دیاستاز یعنی "ase" را بصورت پسوند به ریشه معرف ماده تبدیل شوند، اضافه شود. این روش نامگذاری آنزیم‌ها به جز آنزیم‌های پروتئولیتیک، که اغلب با پسوند "in" معرفی می‌شوند، تا به امروز ادامه یافته است. اصطلاح «آنزیم» خود در سال ۱۸۷۶ میلادی (۱۲۵۵ خ.) برگرفته از عبارت یونانی "در مخمر" توسط ویلیام کوهن^{۱۱} ابداع شد. در آن سال‌ها نامگذاری آنزیم‌ها به‌صورت بی‌سامان و غالباً کم‌معنی یا مبهم بود. در بسیاری از موارد آنزیم‌های مختلف نام یکسان و برعکس، چندین نام به یک آنزیم نسبت داده می‌شد، که این موجب سردرگمی می‌شد. اگرچه در سال‌های آغازین کشف و معرفی کاتالیزهای آنزیمی، این شیوه کارساز می‌نمود، با این حال با افزایش سریع تعداد آنزیم‌های کشف شده ضرورت ساماندهی به نامگذاری و دسته‌بندی آنزیم‌ها بیش از پیش اهمیت می‌یافت.

دسته‌بندی و نامگذاری آنزیم‌ها

بنابراین ۲۵ آگوست ۱۹۴۹ م. (سوم شهریور ۱۳۲۸ خ.) را می‌توان تاریخ شکل‌گیری ایده تأسیس IUB دانست. همچنین در جلسه مزبور، انجمن شیمی زیستی^{۱۱} فرانسه برای برگزاری کنگره دوم در ۱۹۵۲ م. (۱۳۳۱ خ.) در پاریس، تعیین شد. با این حال، از همان ماه اول مشکلات سر راه به‌رسمیت شناخته شدن ICB از سوی ICSU و موافقت آن با تأسیس IUB، به‌عنوان نهاد بین‌المللی بیوشیمی نمایان شد. در سپتامبر ۱۹۴۹ م. (مهر ۱۳۲۸ خ.)، یعنی تنها یک ماه بعد از مصوبه ICB، IUPAC به‌عنوان یکی از اتحادیه‌های عضو ICSU، با اضافه کردن شاخه جدید شیمی زیستی^{۱۱}، خود را در شش شاخه بازسازی کرد. از این‌رو، پیش‌نویس اساسنامه اتحادیه بین‌المللی بیوشیمی (IUB) که در سال ۱۹۵۰ م. (۱۳۲۹ خ.) توسط ICB در کپنهاگ تنظیم شد، در نشست ICSU با همراهی و همدلی چندانی مواجه

تا پیش از جنگ جهانی دوم ۱۹۳۹-۴۵ م. (۲۴-۱۳۱۸ خ.)، بیوشیمی اغلب با کنگره‌های سه سالانه بین‌المللی فیزیولوژی نمایندگی می‌شد و این روند تا کمی بعد از جنگ جهانی دوم و برگزاری هفدهمین کنگره بین‌المللی فیزیولوژی در سال ۱۹۴۷ م. (۱۳۲۶ خ.) در اکسفورد ادامه داشت. تا اینکه، در سال ۱۹۴۹ م. (۱۳۲۸ خ.) «اولین کنگره بین‌المللی بیوشیمی» به‌صورت مستقل در حالی با مشارکت ۱۷۰۰ نفر مشتمل بر ۷۰۰ نفر از ۳۲ کشور خارج از کشور توسط انجمن بیوشیمی بریتانیا در کمبریج انگلستان برگزار شد، که برآورد اولیه ثبت نام کننده ۵۰۰ نفر بود و این موفقیت بزرگی به شمار می‌رفت. بدین ترتیب اولین کنگره بین‌المللی بیوشیمی چند سال پیش از تشکیل اتحادیه یعنی (IUB)، برگزار شد. در جلسه پایانی این کنگره در ۲۵ آگوست ۱۹۴۹ م. (سوم شهریور ۱۳۲۸ خ.) اولین گام‌ها برای ایجاد

¹ "in (en) yeast (zume)".

² Wilhelm Friedrich Kühne

³ International Committee of Biochemistry

⁴ International Council of Scientific Unions

⁵ International Association of Academies

(IAA; 1899-1914)

⁶ International Research Council

(IRC; 1919-1931).

⁷ International Council for Science

⁸ International Social Science Council

⁹ International Science Council

¹⁰ Socie' te' de Chimie Biologique

¹¹ Biological chemistry

مولکول‌های درگیر در واکنش، در سه دسته عمومی زیر دسته‌بندی کردند [۶] (جدول ۱).

جدول ۱: دسته‌بندی آنزیم‌ها در سال ۱۹۵۳ م. (۱۳۳۱ خ.) توسط گروهی به رهبری هافمن اوستنهاف

فعالیت آنزیمی (بر اساس نامگذاری کنونی)	دسته‌بندی بر اساس تعداد مولکول‌های درگیر
هیدرولازها، ترنسفرازها و اکسیدوردوکتازها	$A + B = C + D$
لیبازها و سینازها	$A = B + C$
راسمازها	$A = B$

در اوایل دهه پنجاه مالکوم دیکسون^۴ و ادوین وب^۵، که در حال تهیه فهرستی از تمام آنزیم‌های شناخته شده برای کتاب تأثیرگذار آنزیم‌ها (Enzymes) بودند [۷]. پیش‌نویس کتاب قبل از ۱۹۵۵ م. (۱۳۳۳ خ.) تهیه و کتاب در سال ۱۹۵۹ م. (۱۳۳۷ خ.) منتشر شد. آنها خاطر نشان کردند، که با وجود تعداد نسبتاً زیاد آنزیم‌ها، تعداد انواع واکنش‌های آنزیمی کم است. در نتیجه، آنها دسته‌بندی آنزیم‌ها بر اساس نوع واکنش کاتالیز شده را پیشنهاد کردند. بر این اساس، آنها تعداد ۶۵۹ آنزیم شناخته شده تا آن زمان در سه گروه اصلی: هیدرولیز کننده، انتقال دهنده و سایر آنزیم‌ها، دسته‌بندی و آنها را از ۱ تا ۶۵۹ شماره‌گذاری کردند (جدول ۲).

دسته‌بندی و نامگذاری آنزیم‌ها از آگوست سال ۱۹۵۵ م. (۱۳۳۴ خ.) یعنی زمان برگزاری سومین کنگره بین‌المللی بیوشیمی توسط اتحادیه بین‌المللی بیوشیمی (IUB)^۶ در بروکسل به صورت سازمان‌یافته پیگیری شد. بدین ترتیب تشکیل کمیسیون بین‌المللی آنزیم (EC)^۷، با مشورت IUPAC در مجمع عمومی کنگره مزبور به تصویب رسید و کمیسیون کار خود را در سال ۱۹۵۶ به ریاست مارسل فلورکین رئیس IUB آغاز و با مشورت یک کمیته موقت مأموریت آن «دسته‌بندی و نامگذاری آنزیم‌ها و کوآنزیم‌ها، سامان‌دهی به واحدهای فعالیت و روش‌های استاندارد سنجش، همراه با نمادهای مورد استفاده

نشد. ICB در مارس ۱۹۵۱ با درخواست رسمی از ICSU پیش رفت، تا در سپتامبر ۱۹۵۲ م. (۱۳۳۱ خ.) توسط هیئت ICSU در آمستردام مورد بررسی قرار گیرد. در جریان دومین کنگره بین‌المللی بیوشیمی در ژوئیه ۱۹۵۲ م. (تیر ۱۳۳۱ خ.) در پاریس این موضوع همچنان مورد اختلاف بین نمایندگان ICB و بخش شیمی زیستی IUPAC بود که در نتیجه در نشست سپتامبر هیئت ICSU در آمستردام نیز در مورد اساسنامه تأسیس IUB تصمیم‌گیری صورت نپذیرفت. در حالی که اتحادیه بین‌المللی بیوشیمی IUB که مستقل از ICSU و به صورت غیررسمی ایجاد شده بود، مارسل فلورکین^۱، به عنوان جانشین رئیس کمیته، نامه تاریخی، تصویب اساسنامه اتحادیه بین‌المللی بیوشیمی در نتیجه رأی‌گیری در ICB را ۱ مارس ۱۹۵۳ م. (۱۰ اسفند ۱۳۳۱ خ.) برای اعضا ارسال کرد و این تاریخ به عنوان تاریخ رسمی تأسیس اتحادیه در نظر گرفته می‌شود. در نهایت، در تابستان همان سال، بعد از اعلام حمایت IUPAC از IUB در نشست شیمی زیستی که در استکهلم برگزار شد، زمینه برای پذیرش رسمی اتحادیه فراهم شد و در سال ۱۹۵۵ م. (۱۳۳۳ خ.) و در جریان برگزاری سومین کنگره بین‌المللی بیوشیمی در بروکسل IUB به طور رسمی در ICSU پذیرفته شد [۳]. اولین مشارکت دانشمندان ایرانی در زمینه شناسایی و مطالعات آنزیم مربوط به مطالعه تنوع فسفاتازهای موجود در برگ گیاه توسط مجید خورسند^۲ بیوشیمیدان ایرانی است که نتایج پژوهش‌های خود را در سال ۱۹۵۰ م. (۱۳۲۹ خ.) منتشر نموده است [۴]. مقاله انتشار یافته توسط ایشان در سال ۱۹۵۶ م. (۱۳۳۵ خ.) در اولین شماره مجله Acta Med Iran، نیز، از اولین مشارکت‌های مستند شده دانشمندان ایرانی در زمینه آنزیم‌ها محسوب می‌شود [۵].

در دهه ۱۹۵۰ م. (۳۸-۱۳۲۸ خ.)، دو گروه از آنزیم شناسان در صدد ساماندهی به دسته‌بندی و نامگذاری آنزیم‌ها برآمدند. گروه اول به رهبری اتو هافمن اوستنهاف^۲، در سال ۱۹۵۳ م. (۱۳۳۱ خ.) با انتشار مقاله مروری، آنزیم‌ها را بر اساس تعداد

¹ Marcel Florkin

² Madid Khorsand (1935-2018)

³ Otto Hofmann-Ostenhof

⁴ Malcolm Dixon

⁵ Edwin Clifford Webb

⁶ International Union of Biochemistry

⁷ Enzyme Commission

۷۰ سال دسته‌بندی و نامگذاری آنزیم‌ها: معرفی دسته هفتم واکنش‌های آنزیمی

در توصیف سینتیک آنزیم^۱، تعیین شد. اعضای کمیسیون به سیدنی کولویک^۴ و آلبرت لنینجر^۵ از آمریکا؛ دنسول^۶ از فرانسه؛ شرح: مالکوم دیکسون (به‌عنوان رئیس) و ارنست گال^۷ از بریتانیا؛ الکساندر براونشتاین^۲ و والتر انگلهارت^۳ از شوروی؛

جدول ۲: دسته‌بندی آنزیم‌ها در سه دسته اصلی پیش از شروع به کار کمیسیون آنزیمی توسط دیکسون و وب در سال ۱۹۵۹

(A) آنزیم های هیدرولیز کننده (۲۲۱ آنزیم)	
۱-۶۹	هیدرولیز اتصالات -CO-NH-
۷۰-۸۸	هیدرولیز آمین ها
۸۹-۱۰۵	کربوکسیلیک استرها
۱۰۶-۱۲۴	فسفریک استرها
۱۲۵-۱۲۸	سولفوریک استرها
۱۲۹-۱۳۵	تیول استرها
۱۳۶-۱۳۷	فنولیک استرها
۱۳۸-۱۷۶	هیدرولیز پیوند های گلیکوزیدیک
۱۷۷-۱۸۶	هیدرولیز پیوند های اسید انیدریدی
۱۸۷-۲۱۳	دکربوسیلایسون غیر اکسیداتیو
۲۱۴-۲۲۱	هیدرولیز دیگر پیوند ها
(B) آنزیم های انتقال دهنده (۳۵۸ آنزیم)	
۲۲۲-۲۳۰	اکسید کننده -CHNH2.COOH به CO.COOH
۲۳۱-۲۵۹	اکسید کننده سایر گروههای نیتروژن دار
۲۶۰-۳۳۷	اکسید کننده -CHOH- به -CO-
۳۳۸-۳۴۵	اکسید کننده -CH-CH2- به -CH=
۳۴۶-۳۵۳	اکسید یا احیا کننده گروههای گوگردی
۳۵۴-۴۰۲	سایر اکسید کننده ها
۴۰۳-۴۲۰	انتقال آمین (ترنس آمینازها)
۴۲۱	انتقال آمیدین
۴۲۲-۴۲۶	انتقال اسیدهای آمینه، پپتیدها و غیره
۴۲۷-۴۷۴	انتقال گروههای فسفات از نوکلئوزیدتری فسفات ها (فسفو کینازها)
۴۷۵-۴۷۶	انتقال گروههای پیروفسفات از ATP (پیروفسفوکینازها)
۴۷۷-۴۸۲	انتقال درون مولکولی فسفات (فسفوموتازها)
۴۸۳-۴۹۵	انتقال گروههای ارتوفسفات استخلاف شده از تری فسفات ها و رها سازی پیروفسفات معدنی (پیروفسفوریلازها)
۴۹۶-۵۰۳	دیگر واکنش های انتقال فسفات
۵۰۴-۵۲۴	انتقال آسیل (ترنس آسילازها)
۵۲۵-۵۶۰	انتقال گلیکوزیل (ترنسگلیکوزیلازها)
۵۶۱-۵۶۳	انتقال کوانزیم A
۵۶۴-۵۶۷	انتقال گروههای متیل (ترنس متیلازها)
۵۶۸-۵۷۹	انتقال دیگر گروه ها
(C) دیگر آنزیم ها (۸۰ آنزیم)	
۵۸۰-۶۰۳	کانالیز واکنشهای سنتزی همراه با شکستن ATP یا GTP
۶۰۴-۶۴۲	اضافه کردن گروهها به پیوند های دوگانه
۶۴۳-۶۵۵	تغییرات کونفیگوراسیون فضائی (استرو ایزومرازها)
۶۵۶-۶۵۹	کانالیز دیگر واکنش ها

¹ Ernest Frederick Gale

² Alexander Evseevich Braunstein

³ Walter Albert Engelhard

⁴ Sidney P. Colowick

⁵ Albert Lester Lehninger

⁶ P.A.E. Desnuelle

⁷ Otto von Hoffmann-Ostenhof (Biach)

⁸ Kaj Ulrik Linderstrøm-Lang

⁹ Feodor Felix Konrad Lynen

نسخه رسمی را در چندین نشست به بحث گذاشت. در نهایت، این اقدام منجر به ارائه نسخه اول دسته‌بندی و نامگذاری آنزیم‌ها در سال ۱۹۶۱ م. (۱۳۴۰ خ.) در مجمع عمومی IUB در مسکو و سپس انتشار آن شد [۸]. بر این اساس، شش دسته آنزیمی شامل اکسیدوردکتازها (EC 1)، ترانسفرازها (EC 2)، هیدرولازها (EC 3)، لیازها (EC 4)، ایزومرازها (EC 5) و لیگازها (EC 6)، به رسمیت شناخته شد [۹] (جدول ۳).

فوجیو آگامی^۱ و لوئیس للویر^۲ به ترتیب از ژاپن و آرژانتین به عنوان اعضای وابسته توسط دفتر اتحادیه منصوب شدند. در سال ۱۹۵۹ م. (۱۳۳۸ خ.) با درگذشت لیندستروم-لانگ، ادوین وب از بریتانیا (و بعدها استرالیا) نیز به کمیسیون مزبور پیوست.

از همان ابتدا، کمیسیون در ارتباط نزدیک با کمیسیون نامگذاری شیمی زیستی از IUPAC قرار داشت. علاوه بر این، از نظرات مشورتی متخصصان مختلف در این زمینه بهره می‌جست و ۵۲

جدول ۳: دسته‌بندی آنزیم‌ها در شش دسته اصلی توسط کمیسیون آنزیم در دوره ۲۰۱۸-۱۹۶۱ م. (۹۷-۱۳۴۰ خ.)

دسته (Class)	واکنش کاتالیز شونده	شرح واکنش
اکسیدوردکتازها Oxidoreductases	EC 1 اکسیداسیون و احیا	$AH + B \rightleftharpoons A + BH$ (احیا شده) $A + O \rightleftharpoons AO$ (اکسید شده)
ترانسفرازها Transferases	EC 2 انتقال بین مولکولی گروه	$AB + C \rightleftharpoons A + BC$
هیدرولازها Hydrolases	EC 3 هیدرولیز پیوند	$AB + H_2O \rightleftharpoons AOH + BH$
لیازها Lyases	EC 4 شکستن غیر هیدرولیتیک پیوند	$[X-A+B-Y] \rightleftharpoons [A=B + X-Y]$
ایزومرازها Isomerases	EC 5 انتقال درون مولکولی گروه (ایزومریزاسیون)	$ABC \rightleftharpoons BCA$
لیگازها Ligases	EC 6 تشکیل پیوند و سنتز با مصرف انرژی شکستن NTP	$X + Y + ATP \rightleftharpoons XY + ADP + P_i$

کمیسیون مشترک نامگذاری بیوشیمیایی IUPAC / IUB یا JCBN^۳ عهده‌دار وظیفه کمیته دائمی آنزیم‌ها شد. بدین ترتیب گزارش سوم توصیه‌های نامگذاری آنزیم‌ها در سال ۱۹۷۲ م. (۱۳۵۱ خ.) [۱۱] و الحاقیه آن در سال ۱۹۷۶ م. (۱۳۵۵ خ.) برای اولین بار توسط CBN انتشار یافت. در سال ۱۹۷۷ م. (۱۳۵۶ خ.) مسئولیت نامگذاری آنزیم‌ها به کمیته نامگذاری IUB (NC-IUB) واگذار شد و این کمیته با همکاری نزدیک با JCBN گزارش چهارم توصیه‌های نامگذاری آنزیم‌ها را در سال ۱۹۷۸ تهیه و در سال ۱۹۷۹ منتشر نمود [۱۲]. چهار الحاقیه گزارش مزبور نیز به صورت پیوسته در سال‌های ۸۳-۱۹۸۰ م. (۱۳۵۹-۶۲ خ.) توسط NC-IUB منتشر شد. بدین ترتیب گزارش بروز شده به صورت نسخه پنجم نامگذاری آنزیم‌ها در

از پیامد انتشار نسخه اول، بروز برخی مخالفت‌ها در انجام تغییر در نام‌های شناخته شده و بعضاً جا افتاده در آن زمان بود و در عین حال در جهت تحقق هدف و مأموریت کمیسیون به‌ویژه ابداع روشی برای امکان کدگذاری آنزیم‌ها، انجام تغییرات اجتناب‌ناپذیر بود. در نتیجه شورای IUB کمیسیون آنزیم‌ها را منحل و کمیته دائمی آنزیم‌ها را متشکل از E.C. وب (به عنوان دبیر) و عضویت کلویک، هافمن استنهاف و لنینجر، تشکیل داد. این کمیته پس از بحث و بررسی نظرات و انتقادات دریافتی در مورد گزارش منتشر شده کمیسیون آنزیم، در سال ۱۹۶۴ م. (۱۳۴۳ خ.) نسخه دوم گزارش نامگذاری و طبقه‌بندی آنزیم‌ها و منتشر نمود. گزارش مزبور همزمان در جلد ۱۳ "بیوشیمی جامع" نیز منتشر شد [۱۰]. در ادامه، کمیسیون مشترک با عنوان

¹ Fujio Egami

² Luis Federico Leloir

³ IUPAC/IUB Joint Commission on Biochemical Nomenclature

اقدام، در موارد همراهی هیدرولیز ATP با جابجائی بین دو بخش و علیرغم اصلی نبودن عملکرد هیدرولیز، این موارد از کاتالیز آنزیمی همچنان ذیل دسته هیدرولازها (EC 3.6.3.- ATPase) دسته‌بندی می‌شدند. بدین ترتیب ۶ دسته آنزیمی مزبور برای ۶۰ سال بدون تغییر ماند. تا اینکه، در آگوست ۲۰۱۸ م. (شهریور ۱۳۹۷ خ.)، ساختار دسته‌بندی آنزیم‌ها توسط EN-UBMB و JCNB، مورد بازنگری قرار گرفت و در نتیجه دسته هفتم آنزیم‌ها با نام ترنسلوکازها^۱ (EC 7) با عملکرد کاتالیز واکنش‌های انتقال از «سمت ۱» به «سمت ۲»، به ۶ دسته قبل اضافه شد [۸]. با هدف تأمین جامعیت و وضوح تعریف، در توصیف عملکرد آنزیم‌های دسته ۷ و در اشاره به دو سمت ترابری یونی یا مولکولی، از به‌کار بردن «درونی» و «بیرونی» و یا «سیس» و «ترانس»، اجتناب به عمل آمده است. در این بازنگری، شماره زیر دسته (EC 7.x) بیانگر نوع یون یا مولکول‌های جابجا شونده و شماره زیرزیر دسته (EC 7.x.1)، بیانگر منشأ نیروی پیش رانش جابجائی است (جدول ۳). خاطر نشان می‌شود، دسته ۷، پروتئین‌های ترابر تبدلی^۲، شامل فرایندهای غیرکاتالیزوری مانند تبادل یون‌ها در غشا، نمی‌شود. همچنین منافذی که در پاسخ به فسفوریله شدن یا سایر واکنش‌های کاتالیزوری و در نتیجه تغییرات ساختاری باز و بسته شکل می‌گیرند، در دسته ۵ و بصورت EC 5.6 و تحت عنوان ایزومرازهای کونفورماسیونی ماکرومولکولی^۳، دسته‌بندی می‌شوند. دسته‌بندی سازمان یافته آنزیم‌ها در ۷۰ سال گذشته یعنی از ابتدای دهه ۵۰ میلادی (۱۳۲۸ خ.) تاکنون، موهون تلاش و هوشمندی دانشمندان شیمی و بیوشیمی از اواخر قرن هجدهم تا امروز یعنی بیش از ۲۵۰ سال است. نرخ شناسائی و معرفی فعالیت‌های آنزیمی از زمان اولین گزارش، یعنی ابتدای دهه سی ام قرن نوزده میلادی تا زمان دستیابی به اجماع دانشمندان در موضوع ضرورت ایجاد سازوکار سامان‌یافته برای دسته‌بندی و نامگذاری آنزیم‌ها در سال ۱۹۵۵ م. (۱۳۳۴ خ.)، که در آن تعداد آنزیم‌های شناخته شده به ۶۵۹ مورد بالغ شده بود، به‌طور متوسط

اواخر سال ۱۹۸۴ م. (۱۳۶۳ خ.) با سه الحاقیه در سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۸۹ و ۱۹۹۰ م. (۱۳۶۵، ۱۳۶۸ و ۱۳۶۹ خ.)، انتشار یافت [۱۳]. در سال ۱۹۹۱ م. (۱۳۷۰ خ.)، IUB نام خود را به اتحادیه بین‌المللی بیوشیمی و زیست‌شناسی مولکولی (IUBMB) تغییر داد و گزارش ششم نامگذاری آنزیم‌ها در بردارنده ۳۱۹۶ آنزیم مختلف در سال ۱۹۹۲ م. (۱۳۷۱ خ.) [۱۴] با ۵ الحاقیه در سال‌های ۹۹-۱۹۹۴ م. (۱۳۷۳-۷۸ خ.) در قالب ۵ جلد از نشریه بیوشیمی اروپا منتشر شد [۱۵]. از سال ۲۰۰۰ م. (۱۳۷۹ خ.) تاکنون ۱۹ الحاقیه (از شماره ۶ الی ۲۴) گزارش کمیسیون نامگذاری آنزیم‌ها توسط اتحادیه بین‌المللی بیوشیمی و زیست‌شناسی مولکولی (NC-IUBMB) توسط JCBN و NC-IUBMB به ریاست گرارد موس^۱ و میزبانی دانشکده علوم زیستی و شیمیائی دانشگاه کوئین مری لندن^۲ بصورت الکترونیکی منتشر و بروزرسانی می‌شود^۳. همچنین با هدف فراهم‌سازی امکان جستجو، آمارگیری و خبررسانی آنزیم‌ها، در سال ۲۰۰۶ م. (۱۳۸۵ خ.) به نمایندگی از JCBN و NC-IUBMB پایگاه ExploreorEnz^۴ توسط اندرو مک دونالد^۵ از کالج ترینیتی ایرلند، طراحی، توسعه و بروزرسانی می‌شود [۱۶]. در حال حاضر بیش از ۷۸۰۰ مدخل در پایگاه داده مزبور وجود دارد و ورود آنزیم جدید یا اصلاح موارد از پیش وارد شده به آن، تحت نظارت زیر مجموعه NC-IUBMB متشکل از بیش از ۱۰ دانشمند با ملیت‌های مختلف، صورت می‌گیرد. این پایگاه همچنین، امکان دسترسی خودکار پایگاه‌های داده جامع از جمله: BRENDA، ExPASy، KEGG و MetaCyc^۶ و وبگاه آنزیم دانشگاه کوئین مری لندن، به مدخل‌های جدید و اصلاح شده و نیز اطلاعات مندرج در پایگاه داده را تأمین می‌کند.

دسته هفتم آنزیم‌ها

با این حال، هیچ یک از دسته‌های ششگانه مزبور، گروه مهمی از آنزیم‌ها که حرکت یون‌ها یا مولکول‌ها یا جداسازی آنها در غشاها را کاتالیز می‌کنند را توصیف نمی‌کردند. تا پیش از این

¹ Gerard P. Moss

² School of Biological and Chemical Sciences, Queen Mary University of London

³ <http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/>

⁴ <https://www.enzyme-database.org/>

⁵ Andrew McDonald

⁶ <https://www.brenda-enzymes.org/>

⁷ <https://www.expasy.org/>

⁸ <https://www.genome.jp/kegg/>

⁹ <https://metacyc.org/>

¹⁰ Translocases

¹¹ Exchange transporter

¹² Macromolecular conformational isomerases

۷۰ سال دسته‌بندی و نامگذاری آنزیم‌ها: معرفی دسته هفتم واکنش‌های آنزیمی

۶ آنزیم در سال بوده است. تعداد آنزیم‌های دسته‌بندی شده در نسخه نخست گزارش دسته‌بندی آنزیم‌ها توسط کمیسیون آنزیم در سال ۱۹۶۱ م. (۱۳۴۰ خ.)، بالغ بر ۷۱۲ آنزیم بوده است و این تعداد با نرخ متوسط ۹۸ آنزیم در سال بعد از ۶۰ سال به تعداد ۶۵۱۰ آنزیم رسیده است (شکل ۲).

جدول ۴: معرفی دسته هفتم آنزیم‌ها دربردارنده اساس دسته‌بندی در زیردسته‌ها و زیرزیر دسته‌ها

دسته (Class)	واکنش کاتالیز شونده	شرح واکنش
ترنسلوکازها	EC 7	$A(side\ 1) \rightleftharpoons A(side\ 2)$
Translocases		
زیردسته	یون یا مولکول جابجا شونده	منشا نیروی پیش رانش جابجائی
EC 7.1	هیدرون (H^+)	
EC 7.2	کاتیون‌های معدنی و گونه‌های شلاته شده آنها	واکنش‌های اکسیداسیون واحیا
EC 7.3	آنیون‌های معدنی	هیدرولیز نوکلئوزید تری فسفات (NTP)
EC 7.4	اسیدهای آمینه وپپتیدها	هیدرولیز دی فسفات
EC 7.5	کربوهیدرات‌ها و مشتقات آنها	واکنش دکربوکسلاسیون
EC 7.6	دیگر موارد	

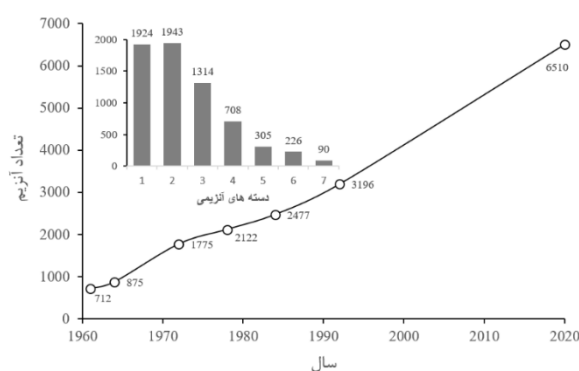
* بصورت رایج پروتون نامیده می‌شود.

بر فعالیت آنزیمی در دهه‌های اخیر است. این اقدام مؤید ضروری بودن بازیینی مستمر قواعد و رویه‌های علمی متناسب با دستاوردهای علمی است و این همه مرهون قابلیت‌هائی مانند؛ انعطاف‌پذیری در پذیرش فرصت‌های جدید، چابکی در تطابق ساختاری متناسب با نیازمندی‌های زمان، حفظ و تقویت ارتباطات شبکه‌ای بین نظام‌های علمی و همت، خستگی ناپذیری و از خود گذشتگی، خردورزانه دانشمندان در قالب نهادهای علمی بوده است.

سخن پایانی

دسته‌بندی سازمان یافته آنزیم‌ها در ۷۰ سال گذشته، مرهون تلاش و هوشمندی دانشمندان شیمی و بیوشیمی از اواخر قرن هجدهم تا امروز یعنی بیش از ۲۵۰ سال است. این دستاورد علمی پیامد بنیانگذاری اتحادیه‌های بین‌المللی شیمی و به‌ویژه بیوشیمی با حدود ۳۰ سال فاصله و همکاری و هم افزائی آنها در ایجاد زیرساخت‌های علمی لازم بوده است. از زمان انتشار اولین فهرست جامع آنزیم‌ها، فهرست روزآمد آنزیم‌ها بیش از ده برابر شده است. با این حال گسترش مرزهای دانش به‌ویژه

فراوانترین آنزیم‌ها متعلق به سه دسته نخست و از آن میان بیشترین نوع کاتالیز آنزیمی فعالیت ترنسفرازی است. بازیینی ساختار دسته‌بندی آنزیم‌ها بعداز ۵۷ سال و پایان دادن به یکی از ابهامات و ایرادهای دسته‌بندی مبتنی بر دسته‌های ششگانه در پائیز سال ۲۰۱۸ م. (۱۳۹۷ خ.)، پی آمد پیشرفت‌های علوم سلولی و مولکولی در شناسائی فرآیندهای ترابری غشائی مبتنی



شکل ۲: نمایش تعداد آنزیم‌های فهرست شده در گزارش‌های کمیسیون نامگذاری آنزیم‌ها (EC) از سال ۱۹۶۱ م. (۱۳۴۰ خ.) تا سال ۲۰۲۰ م. (۱۳۹۹ خ.) به‌همراه تعداد آنزیم‌های دسته‌های هفت‌گانه آنزیمی (بر اساس داده‌های بروز شده پایگاه ExploreorEnz).

- [8]. Tao Z., Dong B., Teng Z., and Zhao Y., (2020) "The Classification of Enzymes by Deep Learning," IEEE Access, vol. 8, pp. 89802–89811.
- [9]. McDonald A. G. and Tipton K. F., (2014) "Fifty-five years of enzyme classification: Advances and difficulties," FEBS J., vol. 281, no. 2, pp. 583–592.
- [10]. Grunewald H., (1965) "Comprehensive Biochemistry. Herausgeg. v.M. Florkin und E. H. Stotz. Band 13: Report of the Commission on Enzymes of the International Union of Biochemistry. Elsevier Publishing Company, Amsterdam-London-New York 1964. 1. Aufl., XII, 164 S., Einzelpreis DM 22.80.," Angew. Chemie, vol. 77, no. 7, pp. 357–357.
- [11]. Hoffmann-Ostenhof O., (1972) "Enzyme Nomenclature, Recommendations, 1972. Announcement," Eur. J. Biochem., vol. 45, no. 1, pp. 1–3.
- [12]. "Enzyme Nomenclature 1978 - 1st Edition." [Online]. Available: <https://www.elsevier.com/books/enzyme-nomenclature-1978/stuart/978-0-12-227161-8>.
- [13]. Webb E. C., (1989) "Enzyme Nomenclature. Recommendations 1984. Supplement 2: corrections and additions," Eur. J. Biochem., vol. 179, no. 3, pp. 489–533.
- [14]. "Enzyme Nomenclature 1992 - 1st Edition." [Online]. Available: <https://www.elsevier.com/books/enzyme-nomenclature-1992/nc-iubmb/978-0-12-227164-9>.
- [15]. "Archive record." [Online]. Available: <https://www.qmul.ac.uk/sbcs/iubmb/enzyme/archive.html>.
- [16]. McDonald A. G., Ad Boyce S., and Tipton K. F., (2008) "ExplorEnz: the primary source of the IUBMB enzyme list," Nucleic Acids Res., vol. 37, pp. 593–597.

دستاوردهای علمی در زمینه غشاهای سلولی و فرآیندهای وابسته به آن، افزودن دسته جدید آنزیم‌های وابسته به فرآیندهای ترابری غشائی موسوم به ترنسلوکازها (دسته هفتم) به دسته‌های ششگانه آنزیم، بعد از ۶۰ سال از زمان انتشار اولین فهرست منتشر شده را ایجاب نمود.

منابع و مؤاخذ

- [1]. Lefèvre, W. "To cite this article: Wolfgang Lefèvre (2018) The Méthode de nomenclature chimique (1787): A Document of Transition," Ambix, vol. 65, no. 1, pp. 9–29, 2018.
- [2]. Lindström B. and Pettersson, L. J. "A brief history of catalysis," CATTECH, vol. 7, no. 4, pp. 130–138, 2003.
- [3]. Slater (Bill), (2005) "The History of IUB(MB)," IUBMB Life (International Union Biochem. Mol. Biol. Life), vol. 57, no. 4–5, pp. 203–211.
- [4]. Courtois J. and Khorsand M., (1950) "Sur quelques propriétés des phosphatases de feuilles," BBA - Biochim. Biophys. Acta, vol. 6, no. C, pp. 175–182.
- [5]. Khorsand M., (1956) "Research on phosphatases of Belladonna leaves and their purification. I.," Acta Med. Iran., vol. 1, no. 1, pp. 88–95.
- [6]. Nord F. F., (1953) Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology, vol. 14. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- [7]. "Enzymes - Malcolm Dixon, Edwin Clifford Webb - Google Books." [Online]. Available: https://books.google.com/books/about/Enzymes.html?id=DkYEzGEACAAJ&hl=en&output=html_text

کیتوزان، بیوپلیمر زیست الگو: منابع، ویژگی ها و کاربردهای آن در زیست پزشکی

مهدی ضرابی^{۱*}، نرگس خسروی^۱، مهران حبیبی رضایی^۲

چکیده

دانش زیست الگو و الهام‌زیستی نه تنها تأمین‌کننده بهبود کیفی محصولات و فرآیندهای فناورانه است، بلکه راه‌حل امیدوار کننده برای برون رفت بشر از مشکلات حاصل از فناوری‌ها و سبک زندگی مدرن است. از جمله دستاوردهای برخورداری از این دانش، جایگزینی کارآمد مواد طبیعی از جمله بیوپلیمرها به جای انواع شیمیایی ساختگی آنهاست. یکی از فراوانترین بیوپلیمرها، کیتین و شکل داستیله آن کیتوزان است. کیتوزان ویژگی‌های منحصربه‌فردی مانند زیست سازگاری، زیست تخریب‌پذیری، زیست فعالی، خاصیت ضد میکروبی و غیرسمی بودن دارد. این زیست ماده، امروزه در زیست پزشکی از جمله مهندسی بافت، زخم پوشی، دارورسانی، تصویربرداری پزشکی و چشم پزشکی کاربردهای زیست الگویی زیادی پیدا کرده است. کیتین به صورت رایج از پوست دور ریز میگو و خرچنگ استخراج و سپس به کیتوزان تبدیل می‌شود. در سال‌های اخیر پژوهشگران با توجه به محدودیت منابع دریایی به منبع مهم جایگزین دیگر کیتین از جمله حشرات توجه نموده‌اند. این مقاله به مرور منابع، ویژگی‌های شیمی فیزیکی، زیستی و کاربردهای کیتوزان در زیست پزشکی می‌پردازد.

واژگان کلیدی: زیست الگو، زیست الهام، بیوپلیمر، کیتین، کیتوزان، زیست پزشکی

* عهده‌دار مکاتبات، استادیار، تلفن ۸۶۰۹۳۰۴۲، نمابر ۸۸۴۹۷۳۲۴، آدرس الکترونیکی mzarabi@ut.ac.ir

^۱ گروه مهندسی علوم زیستی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

^۲ آزمایشگاه بیوتکنولوژی پروتئین (PBRL)، دانشکده زیست شناسی، دانشگاه تهران

جدول ۱: منابع کیتین [۵] (با تغییرات نسبت به منبع)

منابع دریایی	حشرات	میکروارگانسیم ها
- میگو و خرچنگ	گونه ها و جنس هایی از راسته های:	- جلبک سبز
- کوالتراتا ^۷	- راست بالان ^{۱۳} (ملخ ها)	- جلبک قهوه ای
- لابستر ^۸	- سخت بالپوشان ^{۱۴}	- مخمر (نوع-β)
- براکیوپودها ^۹	(سوسک ها)	- دیواره سلولی
- پراون ^{۱۰}	- بال غشایان ^{۱۵} (زنبورها و مورچه ها)	قارچها
- کریل ^{۱۱}		- سیلیوم ^{۱۷} پنی
- کراب ^{۱۲}	- بال پولکداران ^{۱۶} (پروانه ها)	سیلیوم

مقدمه

زیست الگو^۱ مطالعه طبیعت و پدیده‌های آن برای ایجاد ساختارها، دستگاه‌ها، مواد یا فرآیندها است تا بتوانیم راه‌حل‌های نوآورانه منطبق با قوانین طبیعت را برای رفع نیازها و حل مشکلات در زمینه علوم مختلف از جمله مهندسی، معماری، شیمی مصنوعی^۲ و پزشکی پیدا کنیم [۱].

پلی‌ساکاریدها، پلیمرهای^۳ خطی یا شاخه‌دار طبیعی متشکل از واحدهای تک قندی با ویژگی‌های منحصربه‌فرد هستند. از آن میان، کیتین پس از سلولز دومین پلی‌ساکارید فراوان و بسیار در دسترس طبیعت است، که کاربرد گسترده‌ای در صنایع دارویی، آرایشی-بهداشتی، غذایی و زیست پزشکی دارد [۲]. کیتین در ۱۸۱۱ کشف شد. اگرچه تا امروز روی آن و مشتق عمده آن؛ کیتوزان، تحقیقات گسترده‌ای صورت گرفته، اما کاربرد و تجاری‌سازی آنها به دلیل پیچیدگی ساختاری و محدودیت‌های سنتزی تا سال ۱۹۷۷ که جنبه‌های زیستی و شیمیایی آن طی برگزاری اولین کنفرانس کیتین و کیتوزان بیشتر مشخص شد، به تعویق افتاد [۳].

منابع کیتین

کیتین ماده اصلی اسکلت خارجی اعضا شاخه بندپایان^۴ (شامل سخت‌پوستان، حشرات، عنکبوتیان و عقرب‌ها) است. به مقدار کمتر در نرم تنان^۵، کرم‌های بند بند^۶ و دیواره سلولی قارچ‌ها نیز وجود دارد. به دلیل این فراوانی، سالیانه بیش از ۱۰۰۰ تن (کیتین و طبعاً کیتوزان) تولید می‌شود که ۷۰٪ آن از میگو و خرچنگ است [۴، ۵].

اسکلت خارجی میگو که به‌عنوان ضایعات دور ریخته می‌شود، به دلیل مقدار کیتین بالا، منبع اصلی تولید تجاری کیتین (و کیتوزان) در دنیاست که تأمین آن از طریق صید و یا پرورش میگو محدودیت‌هایی دارد. به طوری‌که صید تابع قوانینی سخت‌گیرانه و پرورش آنها نیز محدود به فصل بهار (زمان بعد تخم‌ریزی) است. به همین دلیل محققین اخیراً برای تولید تجاری کیتین به سایر منابع مانند حشرات توجه نموده‌اند.

حشرات با حدود ۹۰۰ هزار گونه شناخته شده (معادل ۸۰٪ کل گونه‌های موجودات زنده) به‌عنوان متنوع‌ترین منبع جانوری، برای تولید کیتین هستند (۱). حشرات همچنین به دلیل امکان پرورش آسان، کم‌هزینه، بدون وابستگی به فصل و نیز قدرت باروری و ازدیاد بالا که در زمان کوتاهی زیست توده متراکم تولید می‌کنند، می‌توانند جایگزین مناسب برای میگو به‌شمار آیند. با توجه به این موضوع از سال ۲۰۰۰ در دنیا بیش از ۱۸ گونه حشره به منظور استخراج کیتین مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

¹ Biomimetics

^۲ Synthetic chemistry: شیمی مصنوعی در حوزه‌های علوم آلی، معدنی، مواد و حتی زیستی از واکنش عناصر برای معماری‌های مولکولی پیچیده از طریق اجرای هدفمند واکنش‌های شیمیایی استفاده می‌کند.
^۳ در فرهنگ لغت بسیار معادل‌سازی شده است و لذا به بیوپلیمر، زیست بسپار می‌گویند.

⁴ Arthropoda

⁵ Mollusca

⁶ Annelida: کرم‌های بند بند (خاکی).

^۷ Coelenterata: آب‌زانی که به صخره‌های ساحلی می‌چسبند.

^۸ Lobster: خانواده‌ای از سخت‌پوستان بزرگ دریایی.

^۹ Brachiopods: بازوپایان، بی‌مهرگان دریایی که با یک پایه به بستر دریا متصلند و یک دریچه بازویی پشتی دارند.

¹³ Orthoptera

^{۱۰} Prawn: اصطلاح رایج برای انواعی از میگوهای بزرگ که در اروپا اهمیت تجاری دارند

¹⁴ Coleoptera

^{۱۱} Krill: سخت‌پوستان کوچک شبیه میگو

¹⁵ Hymenoptera

^{۱۲} Crab: گروهی از سخت‌پوستان.

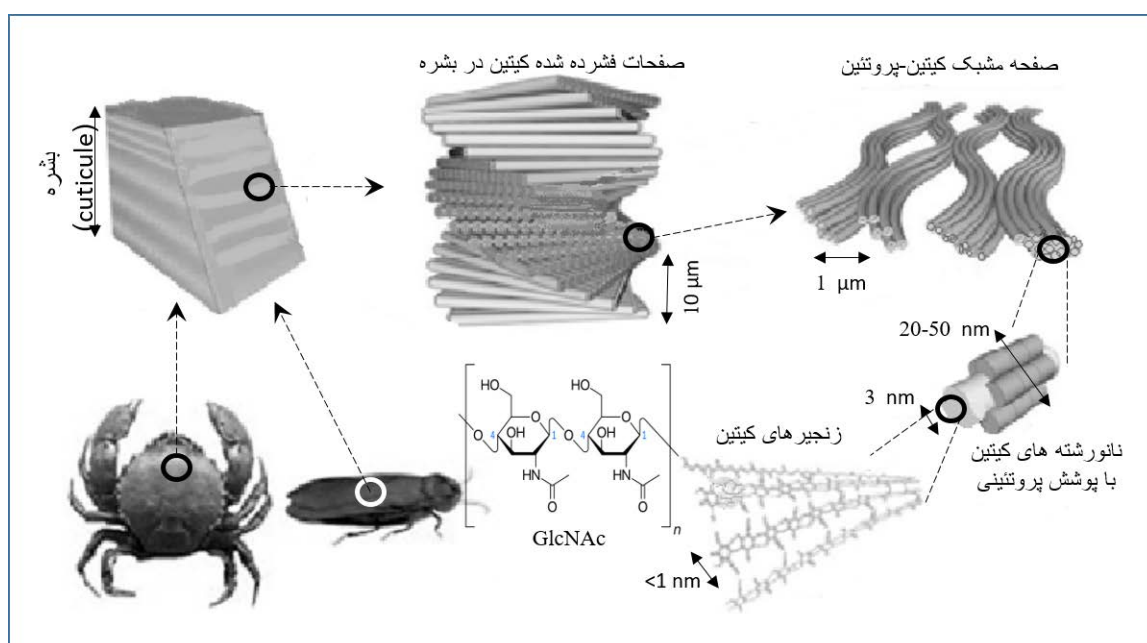
¹⁶ Lepidoptera

^{۱۷} Mycelium: رشته‌های قارچ‌ها

ساختار کیتین و کیتوزان

کیتین هموبیوپلیمری^۲ متشکل از واحدهای تک قندی N-استیل گلوکز آمین (GlcNAc)^۳ است که دستجات ۳-۵ نانومتری آنها با پوششی از پروتئین، به صورت نانو رشته‌های منظم به قطر ۲۰ الی ۵۰ نانومتر آرایش می‌یابند. نانورشته‌های مزبور نیز تشکیل صفحات شبکه‌ای مشبک را می‌دهند که به صورت دسته‌جات فشرده شده، جزء اصلی اسکلت خارجی محکم بسیاری از بندپایان را تشکیل می‌دهند (شکل ۱) [۱۰، ۱۱]

علاوه بر این، با توجه به اینکه برخی حشرات را برای «فرآوری زیستی پسماندهای آلی» و یا تولید «پروتئین مکمل خوراک طیور و آبزیان» پرورش می‌دهند، عملاً مقادیر زیاد پوست یا بدن آنها برای تولید تجاری کیتین در دسترس است [۶، ۷]. همچنین، از آنجایی که لازم است دولت‌ها در قالب برنامه مدیریت جامع کنترل آفات (IPM)^۱ با حشرات آفت کشاورزی و بهداشتی مبارزه کنند، از این رو، به سهولت می‌توان از اجساد آنها به عنوان منبع استخراج کیتین استفاده کرده، یک تهدید بزرگ را به ثروت تبدیل نمود [۸، ۹].



شکل ۱: آرایش کیتین در اسکلت خارجی شاخه بندپایان

تبدیل می‌کنند که پلیمر ناهمگنی متشکل از واحدهای ان-استیل-دی-گلوکز آمین^۴ و دی-گلوکز آمین^۵ است و درجه-های استیل‌شدن مختلفی دارد [۱۰].

استخراج و تولید کیتین و کیتوزان

استخراج کیتین به دو روش شیمیایی و زیستی (میکروبی) صورت می‌پذیرد. روش شیمیایی شامل مراحل: حذف اسیدی

زنجیرهای اصلی کیتین به گونه‌های ناهمسو (نوع فراوان α) و یا همسو (نوع β) با پیوندهای هیدروژنی بین زنجیر به موازات هم قرار گرفته، دستجات برخوردار از تحمل حرارتی بالا و عدم حلالیت را تشکیل می‌دهند [۵، ۱۲].

از آنجا که کیتین در حلال‌های معمولی، آب و اسید رقیق و قلیای غلیظ نامحلول است نمی‌توان از آن در صنعت و پزشکی استفاده کرد. برای رفع این مشکل آن را استیل‌زدایی کرده و به کیتوزان

¹ Integrated Pest Management

³ N-Acetylglucosamine

⁴ N-acetyl-d-glucosamine

⁵ D-glucosamine

^۲ زیست-جور بسیار

ویژگی‌های شیمیایی کیتوزان

از بین آمینو پلی ساکاریدها، ویژگی شیمیایی مهم کیتوزان داشتن ۷ درصد نیتروژن است که در مقایسه با پلیمرهای طبیعی مانند سلولز (با ۱ درصد نیتروژن)، ارزش تجاری بیشتری پیدا می‌کند [۱۹]. ماهیت کاتیونی آن برعکس اکثر پلی ساکاریدها که در محیط اسیدی، خنثی یا منفی هستند، اجازه می‌دهد تا با پلیمرهای مصنوعی یا طبیعی با بار منفی، کمپلکس‌های الکترواستاتیک یا ساختارهای چند لایه‌ای تشکیل دهد [۴]. همچنین گروه‌های آمین واکنشی و ساختار پلی آمین خطی آن می‌تواند با گروه‌های هیدروکسیل واکنش داده و به راحتی بسیاری از یون‌های فلزی را شلاته^۲ کند [۲۰].

ویژگی‌های زیستی کیتوزان

ویژگی‌هایی که کیتوزان و مشتقات آن را برای کاربردهای مختلف زیست پزشکی جذاب‌تر می‌کند، خصوصیات زیستی آنها است که در ادامه به تشریح برخی از آنها می‌پردازیم [۲۱].

- **سمیت و ایمنی‌زائی:** از ویژگی‌های عمومی کیتوزان غیرسمی و غیر ایمنی‌زا بودن است. با این حال، برای برخی از انواع کیتوزان با درجات استیل‌زدایی بیشتر از ۷۵٪، سمیت بسیار جزئی گزارش شده است [۱۷].

- **زیست تخریب پذیری^۳:** کیتوزان در انسان، به صورت غیر آنزیمی یا آنزیمی توسط لیپاز^۴ و آنزیم‌های باکتریایی روده بزرگ به N-استیل گلوکز و N-گلوکز آمین هیدرولیز می‌شود [۱۷، ۲۲]. از این رو، در مقایسه با انواع پلیمرهای دیگر، برای مقاصد دارورسانی و ساخت داربست از کاربری بیشتری برخوردار است.

- **اثرات ضد میکروبی:** اثرات ضد میکروبی کیتوزان عمدتاً به ماهیت کاتیونی آن نسبت داده می‌شود، با این حال، چگونگی عملکرد آن هنوز به خوبی روشن نشده است. از جمله به صورت وابسته به وزن مولکولی، در مقابله با باکتری‌ها دو عملکرد متفاوت دارد. در وزن‌های پایین پس از نفوذ از دیواره باکتری، به DNA باکتریایی متصل شده و موجب بازدارندگی

مواد معدنی، حذف قلیائی پروتئین‌ها و رنگبری مبتنی بر استفاده از حلال‌های آلی است. در روش زیستی، حذف مواد معدنی با استفاده از فعالیت باکتری‌های تولید کننده لاکتیک اسید و پروتئین‌ها با باکتری‌های تولید کننده پروتئاز انجام می‌شود. برای داستیل‌اسیون کیتین و تبدیل آن به کیتوزان نیز از روش شیمیائی مبتنی بر شرایط قلیائی قوی و یا آنزیمی مبتنی بر استفاده از آنزیم کیتین داستیل‌از، استفاده می‌شود [۱۳].

برای اهداف تجاری، علیرغم مشکلات زیست محیطی روش شیمیائی، نظر به محدودیت تولید و هزینه‌های بالاتر روش‌های زیستی، به طور رایج از روش شیمیایی استفاده می‌شود.

انواع کیتوزان و مشخصه‌یابی

عملکرد کیتوزان تجاری تابع درجه استیل‌زدایی آن (بین ۶۰٪ تا ۹۸٪) است. این درجات با روش‌هایی مانند طیف‌سنجی مادون قرمز، طیف‌سنجی رزونانس مغناطیس هسته‌ای (1H-NMR و 13CNMR)، طیف‌سنجی مرئی-فرابنفش، تیتراسیون کلوئیدی، تیتراسیون پتانسیل‌سنجی، تیتراسیون هدایت‌سنجی، آنالیز عنصری، آنالیز HPLC و آنالیز گرمایی با استفاده از DSC مشخصه‌یابی می‌شود [۱۴]. انواع کیتوزان بر اساس تنوع جرم مولکولی آنها از ۵۰ تا ۲۰۰۰ کیلو دالتون تولید می‌شوند [۱۵، ۱۶] که هر کدام خصوصیات بیوشیمیایی و زیست داروئی^۱ متفاوتی دارند [۳].

مشتقات کیتوزان

از آنجا که کیتوزان دارای گروه‌های هیدروکسیل و آمین فعال است، می‌تواند تحت واکنش‌های مختلفی مانند هیدروکسیله شدن، کربوکسیله شدن، آلکیله شدن، آسیله شدن، استری شدن و تیوله شدن قرار گیرد. نتیجه این واکنش‌ها ساخت مشتقات متنوع آن از جمله کیتوزان‌های آلکیله، آسیله، کربوکسیله، استری، تیوله و یا دارای آمونیوم نوع چهارم با خواص فیزیکوشیمیایی مختلف است که هر کدام به عنوان حامل برای اهداف زیست پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۷، ۱۸].

¹ Biopharmacological

^۲ Chelating agent: ترکیبات شیمیایی که با اتصال به یون‌های فلزی یک کمپلکس پایدار تشکیل می‌دهد.

³ Biodegradability

⁴ Lysozyme

پس از مناسبترین زیست‌موادها برای کاربردهای زیست پزشکی محسوب می‌شود [۲۳، ۲۴].

- **مهار تومورها:** کیتوزان و مشتقات آن، با افزایش ترشح اینترلوکین ۱ و ۲ سبب بلوغ و نفوذ لنفوسیت‌های T^9 سیتولیتیک و در نتیجه مهار تومور می‌شوند [۴].
- **فعالیت آنتی‌اکسیدانی:** کیتوزان و مشتقات آن دارای قابلیت مقابله با رادیکال‌های اکسیژن بوده و به عنوان آنتی‌اکسیدان‌هایی مؤثر، مانع بروز اثرات مخرب گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)^{۱۰} فعال بر سلول‌ها از طریق آسیب اکسیداتیو به لیپیدهای غشایی، پروتئین و DNA می‌شوند [۴، ۲۵].

کاربردهای کیتین و کیتوزان

ویژگی‌های منحصر به فرد کیتین و کیتوزان، توجه‌کننده کاربرد وسیع آنها در کشاورزی (تولید پوشش بذر، مواد محافظ گیاهان در برابر آفات و حشره‌کش‌ها)، صنایع نساجی (تولید الیاف ضد میکروب)، سلولزی (تولید انواع کاغذ و کارتن زیست تخریب‌پذیر) و به‌ویژه در عرصه‌های زیست‌پزشکی است. از این‌رو آنها در تولید فراورده‌های تجاری مانند؛ انواع داروها، لوازم آرایشی-بهداشتی، پوشش‌های زیستی (بیوفیلم‌های)^{۱۱} نگهدارنده مواد غذایی، پروبیوتیک‌ها^{۱۲}، تثبیت‌کننده آنزیم‌ها، زیست‌حسگرهای تشخیصی، و اندام‌های مصنوعی رونق دارند [۱۳].

کاربردهای کیتوزان در زیست پزشکی

ساختارهای شیمیایی و زیستی کیتوزان آن را به یک ماده ایده‌آل چند عملکردی در زیست‌پزشکی تبدیل کرده است [۲۲]. در ادامه برخی از کاربردهای مهم آنها معرفی می‌شود.

۱- مهندسی بافت:

هدف مهندسی بافت که تلفیقی از مهندسی مواد و زیست-

از رونویسی DNA و سنتز mRNA می‌شود. اما در وزن-های بالا گروه‌های آمین گلوکوز آمین با سطوح دارای بار منفی باکتری‌ها میانکنش داده و باعث نشت مواد تشکیل‌دهنده داخل سلولی و در نهایت مرگ سلول می‌شود [۴، ۲۱].

همچنین اثرات ضد قارچی کیتوزان در مهار قارچ‌های بیماری‌زای گیاهان^۱ مانند *Penicillium digitatum* عامل کپک سبز مرکبات و *Botrytis cinerea* عامل کپک خاکستری در خیار گزارش شده است. در اینجا نیز اثرات ضد قارچی به وزن مولکولی و درجه استیل‌زدایی کیتوزان مرتبط است [۴].

- **چسبندگی به موکوس^۲:** یکی از ویژگی‌های بارز کیتوزان توانایی چسبیدن به سطوح از جمله سطح موکوس است. از این ویژگی کیتوزان برای انتقال مولکول‌های مفیدی که نمی‌توانند از مسیرهای مخاطی عبور کنند و یا جذب مولکول‌هایی که به مخاط تمایلی ندارند، استفاده می‌شود [۱۷].
- **بهبود زخم^۳:** فرآیند بهبود زخم مستلزم وقوع سه رخداد همزمان بسته شدن زخم با لخته، پاک شدن با التهاب و ترمیم بافت است. اثرات بهبود زخم توسط کیتوزان به خاصیت هموستاتیکی آن نسبت داده می‌شود. به‌طوری‌که، میان‌کنش گروه‌های عاملی آمینی کیتوزان با گروه‌های سطح پلاکتی سبب فعال شدن پلاکت‌ها و در نتیجه سرعت انعقاد می‌گردد. البته سایر ویژگی‌های آن مانند جاذب بودن، فعال‌سازی ماکروفاژها و نوتروفیل‌ها، تسریع تشکیل رگ‌های موئین و فیبروبلاست در زخم موسوم به فرآیند گرانولاسیون^۴ و تسریع در تشکیل سطح اپیتلیال جدید روی زخم باز در فرآیند ترمیم زخم موسوم به فرآیند اپیتلیزاسیون^۵، تشکیل و انقباض محدوده خوردگی زخم^۶، خاصیت ضد درد، هموستازی^۷ و خاصیت ضدباکتریایی کیتوزان، آن را به ترمیم‌کننده کارآمدی تبدیل می‌کند [۱۷].

- **زیست‌سازگاری^۸:** از آنجایی‌که کیتوزان سبب واکنش ناسازگاری موضعی یا سیستمیک در بافت گیرنده نمی‌شود،

¹ Phytopathogenic

^۹ Hemostasis: فرآیندی که باعث قطع خونریزی محل زخم و در عین حال حفظ جریان خون طبیعی در نقاط دیگر می‌شود.

² Mucoadhesives

⁸ Biocompatibility

³ Wound healing

⁹ T lymphocytes

⁴ Granulation

¹⁰ Reactive oxygen species

⁵ Epithelization

¹¹ Biofilm

⁶ Oscar

¹² Probiotics

• **کشت سلول‌های کبدی:** با توجه به فقدان کبد اهدایی برای پیوند ارتوتوپیک^۹، تنها راه درمان نارسایی کامل کبد^{۱۰}، ساخت کبد مصنوعی زیستی^{۱۱} است. کیتوزان به دلیل شباهت ساختاری به گلیکوز آمینوگلیکان^{۱۲} کبد، مناسب‌ترین ماده داربستی برای کشت سلول‌های کبد و ساخت کبد مصنوعی است [۲۲].

• **داربست کشت بافت عصبی:** سلول‌های عصبی آسیب‌دیده به دلیل عدم تقسیم نوروها به سختی بهبود می‌یابند. در این وضعیت نه تنها ترمیم عصب، بلکه رفع مشکلات عملکردی ناشی از آسیب‌ها در سایر قسمت‌های بدن اهمیت دارد. امروزه ترمیم ضایعات عصبی با تولید رشته‌های عصبی بازسازی‌کننده و هدایت آنها به درون کانال‌های عصبی انجام می‌شود. از میان زیست‌مواد زیست‌سازگار غیرقابل تجزیه و قابل تجزیه، کیتوزان مناسب‌ترین برای تولید لوله‌های مصنوعی ترمیم عصب موسوم به کاندوئیت^{۱۳} است [۲۲].

• **ترمیم عروق و پوست:** گلیکوز آمینو گلیکان^{۱۴} به دلیل مهار سلول‌های عضلات عروق و خاصیت ضدانعقادی، سبب باززایی بافت عروق و جلوگیری از سگته‌های قلبی و مغزی می‌شود. شباهت ساختاری کیتوزان با این ماده آن را به بهترین گزینه ساخت بافت ترمیم عروق تبدیل کرده است. با توجه به همین شباهت ساختاری در مهندسی بافت پوست نیز از کیتوزان به عنوان داربست کشت استفاده می‌شود [۲۷، ۲۸].

فرآیند ترمیمی بافت کیتوزان، در حالت مخلوط با پلیمرهای ناهمگن^{۱۵} طبیعی و یا مصنوعی در داربست‌های لیوفیلیزه سه‌بعدی^{۱۶}، هیدروژل‌ها^{۱۷} و فیلم‌ها و همچنین با افزودن موادی مانند پلی وینیل الکل^{۱۸} یا داروهای مؤثر در عملکرد سلول و بازسازی بافت، بسیار موفق‌تر است [۲۹].

پزشکی^۱ است، تولید مواد زیست الگویی^۲ و ریز محیطی^۳ برای جایگزین بافت‌های آسیب‌دیده و یا القاء فرآیندهای ترمیمی پیشرفته می‌باشد. رفع مشکلات بعد از کاشت مواد ترمیمی، زیست‌سازگاری و عملکرد پایدار بافت‌های مصنوعی در انتخاب انواع پلیمرهای طبیعی و مصنوعی برای ساخت داربست‌ها بسیار مهم است، چرا که این مواد باید بتوانند با سلول‌های بدن به-راحتی ترکیب و بافت را تقلید کنند [۲۲، ۲۶، ۲۷]. کیتوزان مناسب‌ترین ماده برای کشت سلولی، ساخت داربست‌ها و ترمیم بافت‌ها به شرح زیر است:

• **ترمیم استخوان:** ساختار متخلخل کیتوزان باعث تجمع سلول‌های استخوان‌ساز^۴ و رسوب مواد معدنی و در نتیجه رشد سریع‌تر سلول‌های استخوانی است. امروزه بافت متخلخل استخوان‌ساز را بر روی کامپوزیت‌های کیتوزان - کلسیم فسفات^۵ (CP) می‌سازند [۲۲].

• **ترمیم غضروف و تاندون:** امروزه ترمیم خود به خودی بافت الاستیک و محکم غضروف آسیب‌دیده با انتخاب زیست ماده مناسب امکان‌پذیر شده است. داربست ترمیمی غضروف، ترکیبی از سلول غضروف و یک ماده حامل به صورت یک ماتریس است. کلاژن II و گلیکوز آمینوگلیکان‌ها از جمله مواد این ماتریس خارج سلولی^۶ هستند که نقشی اساسی در تنظیم بیان فنوتیپ کندروسیتی^۷ و حمایت از کندروژنز^۸ دارند. شباهت ساختاری کیتوزان با گلیکوز آمینوگلیکان‌های غضروف، و قابلیت جذب زیستی بالا، تخلخل و تخریب مناسب آن را به بهترین ماده برای داربست غضروف مفاصل تبدیل کرده است. همچنین ساخت تاندون‌های مصنوعی با کیتوزان امید زیادی برای رفع مشکل پارگی و آسیب تاندون ایجاد کرده است [۲۲، ۲۷، ۲۸].

¹ Biomedicine.

² Biomimetics

³ Microenvironment .

⁴ Osteoblast

⁵ Chitosan-Calcium phosphate

⁶ Extracellular matrix (ECM)

⁷ Chondrocytic

⁸ Chondrogenesis

^۹ Orthotropic : پیوند بافت مصنوعی سلولی در موقعیت آناتومیک یا روی بافت درگیر تومور

¹⁰ Fulminant Hepatic Failure (FHF)

^{۱۱} Bio Artificial Liver (BAL) : کبد مصنوعی (خارج از بدن) برای درمان نارسایی حاد کبدی

¹² Glycosaminoglycans(GAG)

¹³ Conduit

¹⁴ Glycosaminoglycans (GAGs)

¹⁵ copolymers

¹⁶ 3D lyophilized scaffolds

^{۱۷} Hydrogels : شبکه سه بعدی زنجیره های پلیمری آبدوست که می تواند مقدار زیادی آب جذب کند.

^{۱۸} Poly vinyl alcohol(PVA): پلیمر سنتزی محلول در آب.

۲- تولید زخم پوش^۱:

سایر مواد از جمله فاکتورهای رشد، آنتی بیوتیک ها، داروهای ضدالتهابی و واکسن نیز استفاده می شود [۲۸]. امروزه محققین به دنبال تولید نسل دوم سامانه های هوشمند دارورسانی هستند که ضمن اثربخشی بیشتر نسبت به نسل اول، فاقد عوارض جانبی بوده و توزیع دقیق در محدوده درمانی را امکان پذیر نمایند. ویژگی های ژل سازی در محل^۴، چسبندگی مخاطی، آب دوستی و افزایش نفوذ، کیتوزان را به بهترین گزینه برای اینکار تبدیل کرده است [۲۹، ۲۲].

۵- سایر موارد:

کیتوزان برای مصارف دیگری مانند ساخت: لایه حاجب طبیعی جهت تصویربرداری زیستی [۲۲]، لنزهای تماسی پایدار که با شفافیت نوری، نفوذپذیری نسبت به اکسیژن و سازگاری ایمونولوژیکی، ترشونده، مقاوم در برابر پارگی و کشش، و زیست تخریب پذیر هستند [۵]، نخ بخیه با قدرت جذب بالا، انعطاف پذیر و مقاوم در برابر مواد خورنده مانند صفرا، ادرار و شیره پانکراس [۲۷]، و نیز در دندانپزشکی برای تولید ضد پلاک، خمیر دندان و چسب های دندان و ارتودنسی [۲۸] استفاده گسترده پیدا کرده است.

در ایران تحقیقات پیرامون تولید کیتین و کاربرد کیتوزان در زیست پزشکی، علیرغم سابقه نه چندان دور در سالهای اخیر روندی رو به افزایش داشته که تاریخچه آن به شرح زیر می باشد:

تولید کیتین و کیتوزان در ایران

گزارشات مرتبط با تولید کیتین در ایران، بیشتر به استخراج آن از میگو در شرایط آزمایشگاهی بر می گردد [۳۰-۳۳]. همچنین سه شرکت دانش بنیان ادعای تولید کیتین و کیتوزان از منابع آبزیان (۲، ۳ و ۴)، تولید تجاری پانسمان های جاذب، چسب و ژلهایی بر پایه کیتوزان طبیعی مستخرج از میگو (۲)، پودر ضد خونی از کیتوزان طبیعی (۳) را به شکل تجاری داشته اند. البته مدارک علمی معتبر در مورد استاندارد محصولات، خلوص و یا تأیید کاربرد آنها هنوز در دسترس نیست و این اطلاعات صرفاً از مطالب مندرج در وب سایت این شرکت ها گرفته شده است.

کندی یا عدم بهبود زخم های مزمن دیابتی، سوختگی و بستر، به دلیل افزایش عفونت های باکتریایی و مقاومت های دارویی، کاربرد زخم پوش های ترمیمی را اجتناب ناپذیر کرده است. اثرات ذاتی ضد باکتریایی و ضد درد و نیز فعالیت هموستاتیک کیتوزان به عنوان یک دارو، در کنار قابلیت آن برای ساخت داربست آن را به بهترین ماده برای زخم پوش ها تبدیل می کند [۲۹، ۲۲].

۳- تولید داروی ضد انعقاد خون:

محققان به دنبال جایگزین طبیعی و ارزان قیمت، هپارین تنها داروی غیرسمی ضد انعقاد خون هستند. مواد طبیعی مانند سلولز و استرهای اسید سولفوریک نشاسته علیرغم خاصیت ضد انعقادی، به دلیل سمیت قابل استفاده نیستند. در حال حاضر، کیتین دی سولفوریک اسید (از مشتقات کیتین) با کمترین سمیت، تنها جایگزین ارزان هپارین است [۲۷].

۴- دارورسانی (تحویل و رهایش)^۲:

کیتوزان حامل قدرتمندی برای رهایش دارو، مواد و ژن هاست [۲۲]. از جمله برای کاهش عوارض قلبی مصرف دوکسوروبیسین^۳، متداول ترین داروی شیمی درمانی، آن را در نانوذرات کیتوزان انکپسوله می کنند تا ضمن جذب بهتر در روده کوچک، عوارض منفی آن را کاهش دهند [۱۷]. همچنین برای رفع مشکل ناپایداری و نیز افزایش جذب پروتئین ها و پپتیدهای دارویی در رهایش هدفمند، آنها را در کیتوزان که در PH پایین پایدار بوده و می تواند به خوبی به سطوح مخاطی چسبیده و به مقدار زیاد جذب شود، انکپسوله می کنند [۲۸]. در مورد تحویل نوکلئیک اسیدها (انتقال ژن، پلاسمید و siRNA)، نیز تاکنون از پلیمرهای مصنوعی و یا وکتورهای ویروسی استفاده می شد. اما اخیراً از کیتوزان که مزایای بیشتری حتی نسبت به ویروس ها دارد، استفاده می شود. چرا که ترکیب بار مثبت کیتوزان با بار منفی اسید نوکلئیک، یک پلی الکترولیت پیچیده می سازد که نه تنها اسیدهای نوکلئیک را در برابر نوکلئاز محافظت می نماید، بلکه در پیوند با بار منفی غشای سلولی جذب آنها را نیز افزایش می دهد [۲۸]. از این رو در ژن درمانی غیرویروسی نیز کاربرد زیادی پیدا کرده است [۲۲]. از کیتوزان همچنین برای رهایش

¹ Wound dressing

² Drug delivery

³ Doxorubicin

⁴ In situ gelling

نانوذرات حامل دوکسوروبیسین به منظور کاهش اثرات جانبی دارو [۵۲]، نانوذرات کیتوزان-پلورونیک^۹ برای انتقال دهانی داروی شیمی درمانی جمسیتابین^{۱۰} [۵۳] و سامانه‌ی دارورسانی نانوذرات کیتوزان حاوی داروی دوکسوروبیسین جهت درمان سرطان سینه [۵۴] اشاره کرد.

از مطالعات مهندسی بافت نیز می‌توان به ساخت نانو کامپوزیت متخلخل کیتوزان-PVA تقویت شده با نانولوله کربنی برای مهندسی بافت عصبی [۵۵]، داربست زیست‌الگویی نانو هیدروکسی آباتیت-کیتوزان-ژلاتین برای مهندسی بافت استخوان [۵۶]، داربست الکترورسی شده پلی (هیدروکسی بوتیرات)-کیتوزان برای مهندسی بافت غضروف [۵۷]، نانوالیاف ریسیده شده از پلی‌کاپرولاکتون-کیتوزان^{۱۱} برای مهندسی بافت کبد [۵۸]، هیدروژلی الیگوپیرول-کیتوزان^{۱۲} برای مهندسی بافت غضروف [۵۹]، پتانسیل داربست الکترورسی شده پلی (۳-هیدروکسی بوتیرات)-کیتوزان-نانوسیم‌های آلومینا در مهندسی بافت استخوان [۶۰] و داربست نانوالیافی کیتوزان-صمغ کتیرا-PVA در مهندسی بافت [۶۱]، اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

کاربردهای متعدد کیتوزان در زیست پزشکی را می‌توان به دلیل قابلیت شکل‌پذیری آن به صورت داربست، غشاء، هیدروژل، فیلم، میکرو یا نانوزل، نانوالیاف، میکرو یا نانوذرات بسیار متنوع کرد [۱۲]. از همین رو تمایل به استفاده از کیتوزان در زمینه‌های رو به توسعه پزشکی، زیست پزشکی، دارو و لوازم آرایشی باعث افزایش تقاضا برای تأمین کیتین در سراسر جهان شده است. برای مثال در سال ۲۰۱۵ با تولید ۲۸۰۰۰ تن، تقاضای خرید جهانی تقریباً ۶۰۰۰۰ تن بوده است [۱۵]. بنا بر این حجم نیاز و تقاضا، دانشمندان دائماً در صدد شناخت منابع جدید و روش‌های استخراج بهینه آنها هستند. با توجه به اهمیت این موضوع و همچنین محدودیت و هزینه بالای پرورش میگو در کشور، تحقیقات در مورد منابع جایگزین و چگونگی استخراج

از همین رو تولید انبوه استاندارد آنها با در نظر گرفتن محدودیت تولیدات دریایی کشور در هاله ابهام است.

در این میان تنها دو گزارش در کشور به استخراج کیتین از حشرات شامل سوسک‌های حمام آمریکایی^۱ و آلمانی^۲ [۳۴] و شب‌پره آرد^۳ [۳۵] اشاره دارد.

کاربرد کیتوزان در زیست پزشکی ایران

اولین گزارش به سال ۱۳۸۳ و طراحی پوست مصنوعی بر پایه غشاء کامپوزیتی کیتوزان، ژلاتین و پلی وینیل الکل برمی‌گردد [۳۶]. سپس در سال ۱۳۸۵، اثر هیدروژل کیتوزان برای جلوگیری از خونریزی و نشسته هوا از فیستول^۴ ریه گزارش شده است [۳۷].

مطالعات زیادی بر روی خاصیت ضد زخم و فعالیت ضد-میکروبی کیتوزان از جمله خواص ضدباکتریایی پوست میگو [۳۸]، فعالیت ضد باکتریایی و قارچی کیتوزان حشرات [۳۴]، زخم پوش نانوفیبری [۳۹]، زخم پوش هیدروژل زخم دیابت [۴۰]، داربست کلاژن-کیتوزان دارای نانوذرات کورکومین [۴۱]، هیدروژل پلی وینیل الکل-کیتوزان دارای نانوذرات اکسیدروی [۴۲]، هیدروژل پلی وینیل الکل-کیتوزان-نانو اکسید روی [۴۳]، نانوالیاف‌های ریسیده وینیل الکل-کیتوزان-نشاسته [۴۴] و هیدروژل آلژینات-کیتوزان به همراه هیسپیریدین^۵ [۴۵] در کشور انجام شده است.

از مطالعات پیرامون رهایش دارو بر مبنای کیتوزان هم می‌توان به بررسی سیستم نانوذره‌ای تری اتیل کیتوزان و دی متیل-اتیل-کیتوزان برای رهایش انسولین [۴۶]، نانوذرات مشتقات کیتوزان به عنوان حامل انتقال انسولین از طریق کولون [۴۷]، نانوذرات کیتوزان تیوله شده به عنوان سیستم انتقال دهانی برای آمیکاسین^۶ [۴۸]، سیستم انتقال ژن با مشتقات کیتوزان از راه سلول‌های اپیتلیال کلیه [۴۹]، سیستم نانوذره‌ای کیتوزان به عنوان یک وکتور برای انتقال ژن به ریه [۵۰]، نانوذرات کیتوزان تیوله شده برای افزایش جذب دهانی دوستاکسل^۷ [۵۱]، استفاده از آنتی‌بادی مونوکلونال، تراستوزوماب^۸، به عنوان عامل رسانش هدفمند

¹ *Periplaneta americana*

² *Blattella germanica*

³ *Ephesia kuehniella Zeller*

⁴ Fistula

⁵ Hesperidin

⁶ Amikacin

⁷ Docetaxel

⁸ Trastuzumab

⁹ Pluronic

¹⁰ Gemcitabine

¹¹ Polycaprolactone/ Chitosan

¹² Oligopyrrole/chitosan

Se-Kwon: Chitin and chitosan derivatives (Advances in drug discovery and developments), CRC Press, 16.

[4]. Cheung, R. C. F., Ng, T. B., Wong, J. H., & Chan, W. Y. (2015). Chitosan: an update on potential biomedical and pharmaceutical applications. *Marine drugs*, 13(8), 5156-5186.

[5]. Jiménez-Gómez, C. P., & Cecilia, J. A. (2020). Chitosan: A Natural Biopolymer with a Wide and Varied Range of Applications. *Molecules*, 25(17), 3981.

[6]. Hahn, T., Tafi, E., Paul, A., Salvia, R., Falabella, P., & Zibek, S. (2020). Current state of chitin purification and chitosan production from insects. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 95(11), 2775-2795.

[7]. Zainol Abidin, N. A., Kormin, F., Zainol Abidin, N. A., Mohamed Anuar, N. A. F., & Abu Bakar, M. F. (2020). The Potential of Insects as Alternative Sources of Chitin: An Overview on the Chemical Method of Extraction from Various Sources. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(14), 4978.

[8]. González-Chang, M., Tiwari, S., Sharma, S., & Wratten, S. D. (2019). Habitat management for pest management: Limitations and prospects. *Annals of the Entomological Society of America*, 112(4), 302-317.

[9]. Mohan, K., Ganesan, A. R., Muralisankar, T., Jayakumar, R., Sathishkumar, P., Uthayakumar, V. ... & Revathi, N. (2020). Recent insights into the extraction, characterization, and bioactivities of chitin and chitosan from insects. *Trends in Food Science & Technology*.

[10]. Yeul, V. S., & Rayalu, S. S. (2013). Unprecedented chitin and chitosan: A chemical overview. *Journal of Polymers and the Environment*, 21(2), 606-614.

[11]. Karlsson, A. M. (2010). High Strength and Light-weight Materials Inspired by the Exoskeleton of Arthropods.

[12]. Anitha, A., Sowmya, S., Kumar, P. S., Deepthi, S., Chennazhi, K. P., Ehrlich, H. ... & Jayakumar, R. (2014). Chitin and chitosan in selected biomedical applications. *Progress in Polymer Science*, 39(9), 1644-1667.

[13]. Hamed, I., Özogul, F., & Regenstein, J. M. (2016). Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): A review. *Trends in food science & technology*, 48, 40-50.

[14]. Kasaai, M. R. (2009). Various methods for determination of the degree of N-acetylation of chitin and chitosan: a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(5), 1667-1676.

[15]. Tyliszczak, B., Drabczyk, A., Kudłacik-Kramarczyk, S., & Sobczak-Kupiec, A. (2020). Sustainable Production of Chitosan. In *Sustainable Production: Novel Trends in Energy, Environment and Material Systems* (pp. 45-60). Springer, Cham.

کیتین و تولید انبوه کیتوزان از آن بسیار ضروری است. در همین

راستا چگونگی استخراج کیتین از حشرات به عنوان منبعی ارزان

و در دسترس و تولید تجاری کیتوزان بومی استاندارد از آن

توسط محققین دانشگاه تهران (دانشکده علوم و فنون نوین، مرکز

تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک (IBB) و آزمایشگاه

بیوتکنولوژی پروتئین دانشکده علوم (PBRL) و با پشتیبانی

مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF)^۱

در حال انجام است تا امکان تولید تجاری این مواد با ارزش با

قیمت مناسب در کشور فراهم گردد.

تشکر و قدردانی

وظیفه خود می دانیم تا از راهنمایی های استاد گرانقدر جناب

آقای دکتر موسوی موحدی که مشوق نگارش این مقاله بودند و

زحمات ایشان در ویرایش نهایی مقاله صمیمانه سپاسگزاری

نمایم.

به استحضار می رساند این مقاله کل یا بخشی از آن در جایی به

چاپ نرسیده است.

* شماره در گروه منظور منابع و مؤخذ است و شماره در پرازنز

منظور وبگاه است.

وبگاه های بازدید شده در این مقاله

(1). <https://www.si.edu/spotlight/buginfo/bugnos>

(2). <http://fa.chitotech.com>

(3). <https://atinmed.com/about/>

(4). <http://iranichitosan.ir/>

منابع و مؤخذ

[1]. Stenvinkel, P., Painer, J., Johnson, R. J., & Natterson-Horowitz, B. (2020). Biomimetics—Nature's roadmap to insights and solutions for burden of lifestyle diseases. *Journal of Internal Medicine*, 287(3), 238-251.

[2]. Ahmad, S. I., Ahmad, R., Khan, M. S., Kant, R., Shahid, S., Gautam, L., ... & Hassan, M. I. (2020). Chitin and its derivatives: Structural properties and biomedical applications. *International Journal of Biological Macromolecules*.

[3]. E.junginer Hans, M.M.Sadeghi Assal (2014). Synthesis, characterization, and biomedical applications of chitosan and its derivatives. In: Kim

¹ Iran National Science Foundation

- موثر بر واکنش استیل زدایی کیتین و ارزیابی زیست سازگاری. مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، جلد ۱، شماره ۱، ص ۵۵-۶۳.
- [۳۱]. خاکشور، محمد صادق. و پازوکی، جمیله. (۲۰۱۷). مقایسه ی خواص ضد باکتری کیتین، کیتوزان و کیتوالیگومرهای به دست آمده از پوسته ی میگوی سفید سرتیز (*Metapenaeus affinis*). دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره ۲۷، شماره ۱۵۱، ص ۶۲-۷۳.
- [۳۲]. کردی، معصومه. و فرخی، ناصر. (۲۰۱۹). تهیه کیتوزان با کیتین های تولیدی از میگو با استفاده از دو اسید متفاوت و تعیین درجه استیلاسیون با استفاده از طیف FTIR. انسان و محیط زیست، شماره ۴۹، ص ۹۱-۹۷.
- [۳۳]. هردانی، سارا. ارچنگی، بیتا. ذوالقرنین، حسین. و زمانی، اسحاق (۱۳۹۷). بهینه سازی استحصال کیتین و کیتوزان خالص از پوسته کیتینی گونه های *Portunus pelagicus* و *Litopenaeus vannamei*. سال دهم، شماره ۲، ص ۲۳۱-۲۳۸.
- [34]. Basseri, H., Bakhtiyari, R., Hashemi, S. J., Baniardelani, M., Shahraki, H., & Hosainpour, L. (2019). Antibacterial/antifungal activity of extracted chitosan from American cockroach (Dictyoptera: Blattidae) and German cockroach (Blattodea: Blattellidae). Journal of medical entomology, 56(5), 1208-1214.
- [35]. Mehranian, M., Pourabad, R. F., Bashir, N. S., & Taieban, S. (2017). Physicochemical characterization of chitin from the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Macromolecular Science, Part A, 54(10), 720-726.
- [36]. Bahrami, S. B., & Mirzadeh, K. S. (2004). A novel artificial skin based on chitosan/gelatin/PVA composite membrane. In Transactions-7th world biomaterials congress (Vol. 410).
- [37]. Ghazizadeh, Y., Mirzadeh, H., Amanpour, S., AHMADI, H., & RABANI, S. (2006). Investigation of effectiveness of chitosan hydrogel to stop bleeding and air leakage from lung fistula: an in vivo study.
- [۳۸]. خاکشور، محمد صادق. پازوکی، جمیله (۱۳۹۶). استخراج کیتوزان α , β و γ از خرچنگ *Portunus segnis*. سپیا *pharaonis* و قارچ *Aspergillus niger* و مقایسه ی خواص ضد میکروبی آنها، نشریات علمی یافته های نوین در علوم زیستی، جلد ۴، شماره ۳، ص ۲۵۵-۲۶۳.
- [۳۹]. فتحی، آناهیتا. زارعی، لیلا. منافی، زهرا (۱۳۹۷). بررسی اثر پانسمان های نانوفیبری حاوی کیتوزان در ترمیم زخم در مدل موش سوری، مجله پزشکی ارومیه، دوره بیست و نهم، شماره ۶، ص ۴۳۷-۴۴۳.
- [۴۰]. رزمجوئی، کاووس. نصیرالاسلامی، احسان. دادپی، معصومه. چهری، همایون. گل آقائی، علیرضا (۱۳۹۷). هیدروژل فیزیکی کیتوسان جهت درمان زخم دیابتی، مجله علوم پیراپزشکی و بهداشت نظامی، سال سیزدهم، شماره ۲، ص ۱۱-۲۰.
- [41]. Rezaei, M., Oryan, S., Nourani, M. R., Mofid, M., & Mozafari, M. (2018). Curcumin nanoparticle-incorporated collagen/chitosan scaffolds for enhanced wound healing. Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials, 7(3), 159-166.
- [16]. Chenite, A., Buschmann, M., Wang, D., Chaput, C., & Kandani, N. (2001). Rheological characterisation of thermogelling chitosan/glycerol-phosphate solutions. Carbohydrate polymers, 46(1), 39-47.
- [17]. Zhao, D., Yu, S., Sun, B., Gao, S., Guo, S., & Zhao, K. (2018). Biomedical applications of chitosan and its derivative nanoparticles. Polymers, 10(4), 462.
- [18]. Kumar, M. R., Muzzarelli, R., Muzzarelli, C., Sashiwa, H., & Domb, A. J. (2004). Chitosan chemistry and pharmaceutical perspectives. Chemical reviews, 104(12), 6017-6084.
- [19]. Kumar, M. N. R. (2000). A review of chitin and chitosan applications. Reactive and functional polymers, 46(1), 1-27.
- [20]. Vunain, E., Mishra, A. K., & Mamba, B. B. (2017). Fundamentals of chitosan for biomedical applications. In Chitosan Based Biomaterials Volume 1 (pp. 3-30). Woodhead Publishing.
- [21]. Kravanja, G., Primožič, M., Knez, Ž., & Leitgeb, M. (2019). Chitosan-based (Nano) materials for novel biomedical applications. Molecules, 24(10), 1960.
- [22]. Dash, M., Chiellini, F., Ottenbrite, R. M., & Chiellini, E. (2011). Chitosan—A versatile semi-synthetic polymer in biomedical applications. Progress in polymer science, 36(8), 981-1014.
- [23]. Schmalz, G. (2014). Strategies to improve biocompatibility of dental materials. Current Oral Health Reports, 1(4), 222-231.
- [24]. Rodrigues, S., Dionísio, M., López, C. R., & Grenha, A. (2012). Biocompatibility of chitosan carriers with application in drug delivery. Journal of functional biomaterials, 3(3), 615-641.
- [25]. Park, P. J., Je, J. Y., & Kim, S. K. (2003). Free radical scavenging activity of chitoooligosaccharides by electron spin resonance spectrometry. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(16), 4624-4627.
- [26]. Jayakumar, R., Menon, D., Manzoor, K., Nair, S. V., & Tamura, H. (2010). Biomedical applications of chitin and chitosan based nanomaterials—A short review. Carbohydrate polymers, 82(2), 227-232.
- [27]. Islam, S., Bhuiyan, M. R., & Islam, M. N. (2017). Chitin and chitosan: structure, properties and applications in biomedical engineering. Journal of Polymers and the Environment, 25(3), 854-866.
- [28]. Ahsan, S. M., Thomas, M., Reddy, K. K., Sooraparaju, S. G., Asthana, A., & Bhatnagar, I. (2018). Chitosan as biomaterial in drug delivery and tissue engineering. International journal of biological macromolecules, 110, 97-109.
- [29]. Muxika, A., Etxabide, A., Uranga, J., Guerrero, P., & De La Caba, K. (2017). Chitosan as a bioactive polymer: Processing, properties and applications. International Journal of Biological Macromolecules, 105, 1358-1368.
- [۳۰]. یعقوبی، نکیسا. میرزاده، حمید. و هرمزی، فرزین. (۲۰۰۲). بهینه سازی استخراج کیتین و تهیه کیتوسان از پوست میگو: بررسی عوامل

- (2011). Targeted delivery of doxorubicin-utilizing chitosan nanoparticles surface-functionalized with anti-Her2 trastuzumab. *International journal of nanomedicine*, 6, 1977.
- [53]. Hosseinzadeh, H., Atyabi, F., Dinarvand, R., & Ostad, S. N. (2012). Chitosan-Pluronic nanoparticles as oral delivery of anticancer gemcitabine: preparation and in vitro study. *International journal of nanomedicine*, 7, 1851.
- [۵۴]. واعظی فر، صدیقه. مولایی، محمد (۱۳۹۸). تهیه و مشخصه یابی سامانه‌ی دارورسانی نانوذرات کیتوزان حاوی داروی دوکسوروبیسین جهت استفاده در درمان سرطان سینه، مجله دانشکده پزشکی اصفهان، سال سی و هفتم، شماره‌ی ۵۴۱، ص ۱۰۵۳-۱۰۴۷.
- [55]. Shokrgozar, M. A., Mottaghitlab, F., Mottaghitlab, V., & Farokhi, M. (2011). Fabrication of porous chitosan/poly (vinyl alcohol) reinforced single-walled carbon nanotube nanocomposites for neural tissue engineering. *Journal of biomedical nanotechnology*, 7(2), 276-284.
- [56]. Jamalpoor, Z., Mirzadeh, H., Joghataei, M. T., Zeini, D., Bagheri-Khoulanjani, S., & Nourani, M. R. (2015). Fabrication of cancellous biomimetic chitosan-based nanocomposite scaffolds applying a combinational method for bone tissue engineering. *Journal of biomedical materials research Part A*, 103(5), 1882-1892.
- [57]. Sadeghi, D., Karbasi, S., Razavi, S., Mohammadi, S., Shokrgozar, M. A., & Bonakdar, S. (2016). Electrospun poly (hydroxybutyrate)/chitosan blend fibrous scaffolds for cartilage tissue engineering. *Journal of Applied Polymer Science*, 133(47).
- [58]. Semnani, D., Naghashzargar, E., Hadianfar, M., Dehghan Manshadi, F., Mohammadi, S., Karbasi, S., & Effaty, F. (2017). Evaluation of PCL/chitosan electrospun nanofibers for liver tissue engineering. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 66(3), 149-157.
- [59]. Kashi, M., Baghbani, F., Moztaezadeh, F., Mobasheri, H., & Kowsari, E. (2018). Green synthesis of degradable conductive thermosensitive oligopyrrole/chitosan hydrogel intended for cartilage tissue engineering. *International journal of biological macromolecules*, 107, 1567-1575.
- [60]. Toloue, E. B., Karbasi, S., Salehi, H., & Rafienia, M. (2019). Potential of an electrospun composite scaffold of poly (3-hydroxybutyrate)-chitosan/alumina nanowires in bone tissue engineering applications. *Materials Science and Engineering: C*, 99, 1075-1091.
- [61]. Koosha, M., Solouk, A., Ghalei, S., Sadeghi, D., Bagheri, S., & Mirzadeh, H. (2019). Chitosan/gum tragacanth/PVA hybrid nanofibrous scaffold for tissue engineering applications. *Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials*, 9(1), 16-23.
- [42]. Khorasani, M. T., Joorabloo, A., Moghaddam, A., Shamsi, H., & MansooriMoghaddam, Z. (2018). Incorporation of ZnO nanoparticles into heparinised polyvinyl alcohol/chitosan hydrogels for wound dressing application. *International journal of biological macromolecules*, 114, 1203-1215.
- [43]. Khorasani, M. T., Joorabloo, A., Adeli, H., Mansoori-Moghaddam, Z., & Moghaddam, A. (2019). Design and optimization of process parameters of polyvinyl (alcohol)/chitosan/nano zinc oxide hydrogels as wound healing materials. *Carbohydrate polymers*, 207, 542-554.
- [44]. Adeli, H., Khorasani, M. T., & Parvazinia, M. (2019). Wound dressing based on electrospun PVA/chitosan/starch nanofibrous mats: Fabrication, antibacterial and cytocompatibility evaluation and in vitro healing assay. *International journal of biological macromolecules*, 122, 238-254.
- [45]. Bagher, Z., Ehterami, A., Safdel, M. H., Khastar, H., Semiari, H., Asefnejad, A., ... & Salehi, M. (2020). Wound healing with alginate/chitosan hydrogel containing hesperidin in rat model. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 55, 101379.
- [46]. Bayat, A., Larijani, B., Ahmadian, S., Junginger, H. E., & Rafiee-Tehrani, M. (2008). Preparation and characterization of insulin nanoparticles using chitosan and its quaternized derivatives. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 4(2), 115-120.
- [47]. Bayat, A., Dorkoosh, F. A., Dehpour, A. R., Moezi, L., Larijani, B., Junginger, H. E., & Rafiee-Tehrani, M. (2008). Nanoparticles of quaternized chitosan derivatives as a carrier for colon delivery of insulin: ex vivo and in vivo studies. *International journal of pharmaceutics*, 356(1-2), 259-266.
- [48]. Atyabi, F., Talaie, F., & Dinarvand, R. (2009). Thiolated chitosan nanoparticles as an oral delivery system for amikacin: in vitro and ex vivo evaluations. *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 9(8), 4593-4603.
- [49]. Safari, S., Zarrintan, M. H., Soleimani, M., Dorkoosh, F. A., Akbari, H., Larijani, B., & Tehrani, M. R. (2012). Evaluation and optimization of chitosan derivatives-based gene delivery system via kidney epithelial cells. *Advanced pharmaceutical bulletin*, 2(1), 7.
- [50]. Mohammadi, Z., Dorkoosh, F. A., Hosseinkhani, S., Gilani, K., Amini, T., Najafabadi, A. R., & Tehrani, M. R. (2011). In vivo transfection study of chitosan-DNA-FAP-B nanoparticles as a new non viral vector for gene delivery to the lung. *International journal of pharmaceutics*, 421(1), 183-188.
- [51]. Saremi, S., Atyabi, F., Akhlaghi, S. P., Ostad, S. N., & Dinarvand, R. (2011). Thiolated chitosan nanoparticles for enhancing oral absorption of docetaxel: preparation, in vitro and ex vivo evaluation. *International journal of nanomedicine*, 6, 119.
- [52]. Yousefpour, P., Atyabi, F., Vasheghani-Farahani, E., Movahedi, A. A. M., & Dinarvand, R.

نگاه جدید به سرو ۴۰۰۰ ساله ابرکوه

سید کاظم علوی پناه^{۱*}

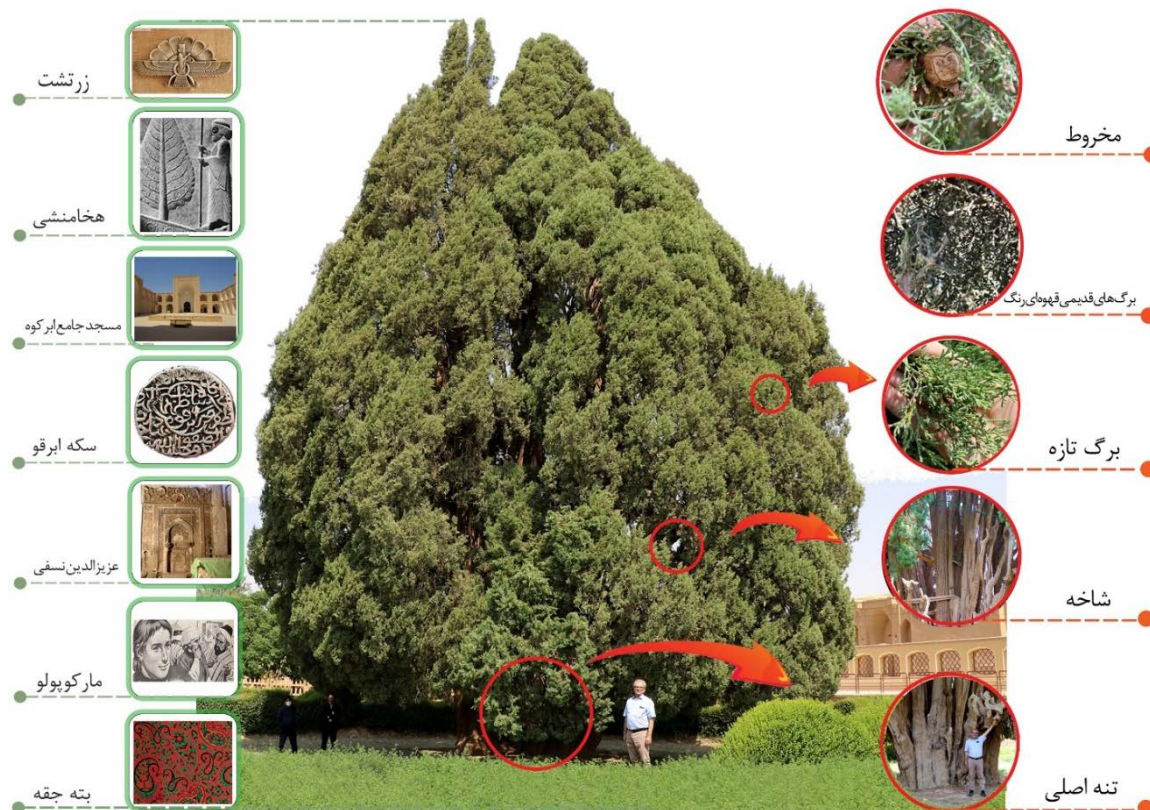
چکیده

سرو ابرکوه مسن‌ترین سرو ایران در ۱۴۰ کیلومتری غرب یزد آرمیده در کنار قنات قدیمی (شاهکار ایرانیان) و از رقم‌های سرو زرین با نام علمی *Cupressus sempervirens L. var. horizontalis* دارای سنی بیش از ۴۰۰۰ سال است. درواقع از ۵۷۳ اصله درخت کهن‌سال از ۳۶ گونه مختلف در ایران شهرت ملی و جهانی این سرو در متون تاریخی و ادبی مانند کتاب نزه‌القلوب نوشته حمدالله مستوفی (۷۴۰ هجری قمری) بازتاب داشته است. بی‌همتایی این سرو که در سال ۱۳۸۲ به‌عنوان اثر طبیعی ملی ثبت‌شده را نمی‌توان صرفاً به دلیل سن حدود ۴۰۰۰ ساله و یا ارتفاع ۲۵ متری و قطر تنه حدود ۳ متری آن دانست، بلکه این سرو کهن‌سال که در مرکز ایران قرار دارد، شاهدی بر فراز و نشیب‌های طبیعی و تاریخی از قبیل جنگ‌ها و رخداد‌های گوناگون می‌باشد، زیرا زمانی بس طولانی و شرایط طبیعی بسیار دشواری را سپری کرده است. از آن جمله می‌توان به حافظه تاریخی دوران: هخامنشی، اشکانی، ساسانی، ظهور اسلام و آمدورفت ده‌ها سلسله اشاره کرد.

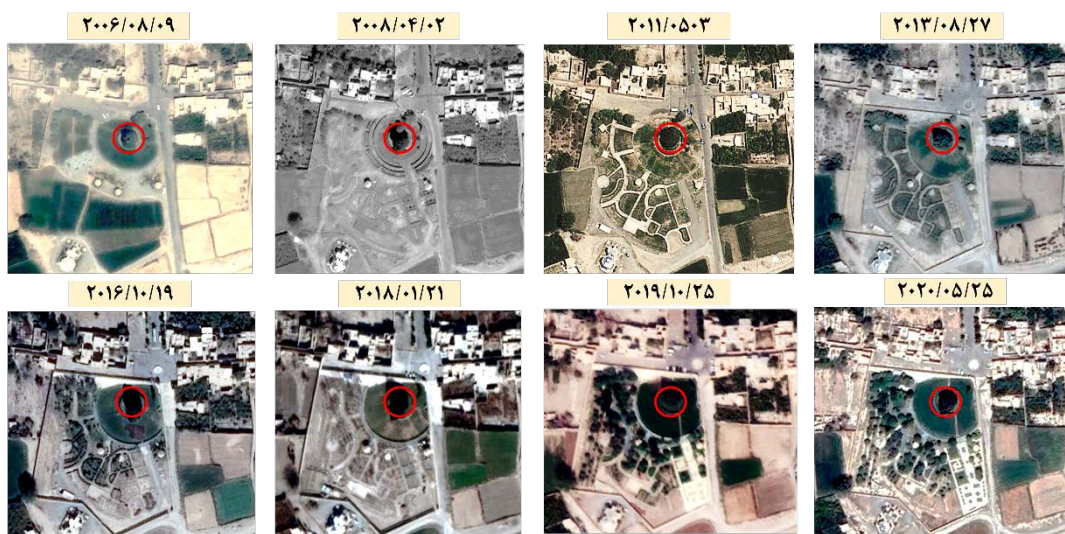
واژگان کلیدی: سرو، ابرکوه، حافظه تاریخی، فرهنگ

* عهده‌دار مکاتبات: استاد، تلفن: ۰۹۱۲۳۲۰۷۲۰۲، پست الکترونیکی: salavipa@ut.ac.ir

^۱ گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران



شکل ۱: سرو ابرکوه، در سمت چپ برخی از حافظه‌های تاریخی از زمان بازدید مارکوپولو و طرح بته‌جقه الهام گرفته شده است. سمت راست برخی از ویژگی‌های سرو از قبیل مخروط و برگ‌های تازه و برگ‌های قدیمی، شاخه‌های فرعی مهارشده برای حفاظت از شکستگی و تنه اصلی را نشان می‌دهد.



سرو ۴۰۰۰ ساله ابرکوه

Source: Google Earth, Maxar Technologies

شکل ۲: بررسی تصاویر ماهواره‌ای مربوط در یک دوره ۱۵ ساله از ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۰ نشان‌دهنده تغییرات زیادی در پیرامون این درخت بوده که مواردی از آن ممکن است میکروکلیمای سرو از جمله دمای پیرامون سرو را تغییر دهد.

سرو ابرکوه مسن‌ترین سرو ایران در ۱۴۰ کیلومتری غرب یزد آرمیده در کنار قنات قدیمی (شاهکار ایرانیان) و از رقم‌های سرو زربین با نام علمی *Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis* دارای سنی بیش از ۴۰۰۰ سال است [۱،۲]. درواقع از ۵۷۳ اصله درخت کهن‌سال از ۳۶ گونه مختلف در ایران شهرت ملی و جهانی این سرو در متون تاریخی و ادبی مانند کتاب نزه‌القلوب نوشته حمدالله مستوفی (۷۴۰ هجری قمری) بازتاب داشته است [۱،۳]. بی‌همتایی این سرو که در سال ۱۳۸۲ به‌عنوان اثر طبیعی ملی ثبت‌شده را نمی‌توان صرفاً به دلیل سن حدود ۴۰۰۰ ساله و یا ارتفاع ۲۵ متری و قطر تنه حدود ۳ متری آن دانست، بلکه این سرو کهن‌سال که در مرکز ایران قرار دارد، شاهدی بر فراز و نشیب‌های طبیعی و تاریخی از قبیل جنگ‌ها و رخداد‌های گوناگون می‌باشد، زیرا زمانی بس طولانی و شرایط طبیعی بسیار دشواری را سپری کرده است. از آن جمله می‌توان به حافظه تاریخی دوران: هخامنشی، اشکانی، ساسانی، ظهور اسلام و آمدورفت ده‌ها سلسله اشاره کرد. منابع نشان می‌دهد که ایرانیان کاشت این سرو را به زرتشت نسبت می‌دهند. در کتاب اسطوره‌های زرتشت در ایران نوشته شده است: نکته‌ای که در مورد سرو ابرکوه حائز اهمیت است آن است که «ساخت روایت و داستان» برای یک جاذبه گردشگری همیشه بوده و هست. همه جای دنیا از میان منابع گردشگری که ماهیت تاریخی یا طبیعی دارند تبدیل به «جاذبه گردشگری» شده‌اند که داستانی در دل خود دارد قطعاً ما نمی‌خواهیم مردم را گمراه کنیم اما همین نکته که در گذر زمان مردم این درخت را دست کاشت زرتشت پیامبر می‌دانسته‌اند، امروز خود می‌تواند نماد گردشگری سرو باشد [۴]. در کتاب تاریخ بیهقی نوشته خواجه ابوالفضل محمد بن حسین بیهقی (۱۳۷۶) در رابطه با کاشت درختان سرو دیگر نیز سخن به میان آمده است. این درخت در شهری جای گرفته که خود این شهر نیز یکی از قدیمی‌ترین شهرها بوده که روزگاری دارای

شکوه و عظمت خاصی بوده است، به‌گونه‌ای که از دوران مغول و تیموری و صفویه سکه بنام خود دارد که آخرین سکه ضرب شده در دوران صفویه در شکل ۱ ملاحظه می‌شود [۵]. این شهر قرار بود که در سال ۱۳۵۶ به‌عنوان مرکز باستان‌شناسی یونسکو عظمت گذشته خود را به دست آورد که بنابر دلایلی این موضوع تحقق نیافت. این سرو هر ساله میزبان هزاران گردشگر از اقصی نقاط جهان می‌باشد. در گذشته گردشگران مشهور مانند مارکوپولو و آندره گدار باستان‌شناس معروف فرانسوی می‌باشد. روزگاری ابرکوه در مسیر جاده ابریشم از یک‌طرف و حمله خارجی‌ها از جمله مغول‌ها هم فرصت و هم تهدیدی برای درخت سرو محسوب می‌شده است. شرایط بسیار خشک و کویری این محیط، برای مثال بارندگی ناچیز و تبخیر و تعرق بسیار زیاد، همراه با زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم موجب آن نشده است که این سرو شادابی خود را از دست بدهد یا به عبارتی این سرو ۴۰۰۰ ساله حتی یک روز هم روی خزان به خود ندیده است. پس جا دارد که این درخت را گنجینه‌ای پایدار از تاریخ و اسرار و مقاومت بدانیم و از طرف دیگر نمادی از توجه مردم این دیار به حفظ و نگهداری آن در تمامی دوره‌های تاریخی دانست. علاوه بر موارد مذکور اطلاعات با ارزش دیگری هم این درخت را بی‌همتا نموده است که شامل: ۱) ذخیره ژنتیکی، حافظه محیط زیستی و اقلیمی، اندام‌های زیرخاکی و هوایی مانند ریشه دورانی و دواير متحد‌المرکز ساقه دانست که هرکدام اطلاعات با ارزشی از گذشته را در خود دارند. ۲) اطلاعات دیگر شامل زمین‌شناسی و تکامل هست. با توجه نیازهای رویشگاهی این سرو، پژوهشگران حضور این گونه گیاهی در فلات مرکزی ایران را بیانگر وجود اقلیم معتدل و مرطوب در گذشته می‌دانند. مطالعات گرده‌شناسی نشان‌دهنده وجود سرو زربین در بخش‌های وسیعی از ایران مرکزی در گذشته دور است. از این‌رو عقیده برخی گیاه‌شناسان بر این

است که سرو ابرکوه نیز از معدود بازماندگان آن دوران است [۶،۷]. در ضمن وجود چوب سرو زرین در سازه‌های به جا مانده از ساسانیان و نام‌گذاری شهری در استان فارس بنام سروستان نیز این موضوع را تأیید می‌کند. مطالعات گرده‌شناسی احتمال آغاز جنگل‌های دست کاشت سرو زرین در اواخر تمدن ایلامی‌ها در حدود ۵۰۰۰ سال قبل را می‌دهد؛ بنابراین سرو ابرکوه چه به‌طور طبیعی و چه دست کاشت نمادی از دوران زمین‌شناسی گذشته است [۶،۷]. آیا می‌دانید تقریباً عمر سرو ابرکوه اختلاف زمانی خیلی زیادی با پیدایش جنگل‌های اروپا نداشته است؟! پس انتظار بجایی است که اگر ادعا کنیم این فسیل زنده اطلاعات با ارزشی از وضعیت اقلیمی گذشته و به‌ویژه تغییر اقلیم و گرمایش جهانی می‌دهد. (۳) در مورد سرو ابرکوه می‌باید گفت که این سرو موجودی غریب در شرایطی عجیب است! البته شاید نه فقط سرو غریب است بلکه عزیزالدین نسفی عارفی که مدت‌ها در این شهر زیست و در همین شهر هم جهان را بدرود گفت غریب است [۸]. نه تنها خودش بلکه گفته‌هایش هم غریب است. او می‌گوید: هرچه حیرت بیشتر نظاره کردن بیشتر، از جهت آنکه عقل علت حیرت است و حیرت علت نظاره کردن است. پس آنکه عقل او بیشتر است حیرت او بیشتر است؛ و برای آن‌کس که حیرتش بیشتر است، نظاره کردن بیشتر خواهد بود [۵]. آثار مهم باستانی دیگر این شهر مانند مسجد جامع و مقبره عزیزالدین نسفی در فاصله کمتر از ۲ کیلومتری درخت سرو گویای گذشته‌ای درخشان است.

می‌دانیم در فرهنگ ایران، درخت سرو نشان آزادی و آزادگی است و برخی بر این عقیده‌اند که به‌جقه هم نماد سروی است که به دلایل و تعبیر مختلف، سر خم کرده است. قابل توجه است که شاید پارچه‌های مشهور ترمه و به‌جقه بافت یزد بی‌ارتباط با این موضوع نباشد. این یکی از پیرترین درختان در ایران با تحمل شرایط طاقت‌فرسای کویری همچنان با طراوت بوده و هنوز سر خم نکرده است و همزیستی مسالمت‌آمیز با

شرایط کویر را حفظ نموده است. الگوی ما کسانی نباشند که شمشاد یک‌ساله خانه خود را به سرو و صنوبر ۱۰۰ ساله باغ خود نمی‌دهند بلکه کسانی باشند که درخت راست‌قامت ۴۰۰۰ ساله شهر خود را به ۱۰۰ درخت کج‌ومعوج نخواهند داد؛ زیرا اینان به‌خوبی می‌دانند اگر راستی می‌جویی آن سرو چمن دارد. امید آن داریم که ما همگی راه آزاده و آزادگی در پیش بگیریم چو سرو! نگارنده این متن با بررسی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که تغییرات زیادی در پیرامون این درخت روی داده است که مواردی از آن ممکن است میکروکلیمای سرو از جمله دمای پیرامون سرو را تغییر دهد (شکل ۲)؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود مطالعات و اقدامات گسترده برای کاربرد مصالح طبیعی با در نظر گرفتن توان تشعشعی آنها [۵] از قبیل چوب و خشت خام برای حفظ اکوسیستم و ثبات میکروکلیمای این درخت به عمل آید.

مقاوم به دهر است و خرم به باغ

عجب دارد این سرو تاب و توان

علی مراد پور رضایی (پوری)

سپاسگزاری

از کسانی که به این درخت لطف داشته و از آن نگهداری نمایند سپاسگزاری می‌شود. از همکاری اداره محیط‌زیست و هیئت‌امنای حفظ و ارتقای سرو و دیگر مسئولین برای دریافت اطلاعات بیشتر از سرو به‌ویژه آقایان دکتر یوسف عرفانی فرد، مهندس طباطبایی، احمد مولودی و خانم‌ها رؤیا احمدی و مهندس رسا رئیسی که هر کدام به نحوی کمک کردند تشکر می‌شود و امید است با تداوم این همکاری‌ها بتوان به چاپ یافته‌ای دیگر در آینده اقدام نمود.

منابع و مؤاخذ

- [۱]. خوشنویس مصطفی، صادق زاده حلاج محمدحسین، متینی زاده محمد، احمدی شهرام، شیروانی انوشیروان، تیموری مریم. (۱۳۹۷). سروهای کهن ایران. طبیعت ایران ۳(۳)، ۴۴-۵۹.

- use of timber in the palaces and palace-like structures of the Sasanian Empire in "Persis" (SW Iran). *Journal of Archaeological Science* 12, 134-141.
- [7]. Saeidi Ghavi Andam S, Djamali M, Nelle O, Naderi Beni A, Haghighifard M, Brisset E, Poschlod P (2020). Vegetation history of the Maharlou Lake basin (SW Iran) with special reference to the Achaemenid period (550–330 BC). *Vegetation History and Archaeobotany*.
- [۸]. فدایی مهربانی مهدی. (۱۳۸۸). پیدایی اندیشه سیاسی عرفانی در ایران؛ از عزیز نسفی تا صدرالدین شیرازی، تهران، نشر نی، ۱۱۲ ص
- [۲]. مظفریان، ولی‌الله. (۱۳۸۳). درختان و درختچه‌های ایران. تهران: انتشارات فرهنگ معاصر.
- [۳]. اشکوری محمدجعفر، علوی نیا ابرقویی و همکاران. (۱۳۹۸). سکه‌های دارالضرب طاووس در ابرکوه، نشریه تاریخ و فرهنگ، شماره ۱۰۲، ص ۱۱۷-۱۴۸.
- [۴]. آموزگار ژاله و فضل‌احمد. (۱۳۹۴). اسطوره زندگی زرتشت. انتشارات نشر چشمه ۲۰۰ ص.
- [۵]. علوی پناه، سید کاظم. (۱۳۹۶). رمزگشایی آتش و پدیدارشناسی حرارت. انتشارات دانشگاه تهران، ۲۲۰ ص.
- [6]. Djamali M, Askari Chaverdi A, Balatti S, Guibal F, Santelli C (2017) On the chronology and

A new outlook on the 4000-year-old cypress of Abarkooh

Seyed Kazem Alavipanah^{*,1}

The Cypress of Abarkooh (Persian: Sarv-e Abarkooh), is a *Cypresses sempervirens* tree in Abarkooh in Yazd Province of Iran. This ancient tree with a height of 25 meters which is estimated to be over four thousand years, considered as one of the tree in Iran, was recognized as a national natural monument in 2003 and has been a major tourist attraction. Currently this tree protected by the Cultural Heritage Organization of Iran. This individual tree is located in central parts of Iran next to an old Qanat in the city of Abarkooh. This genetic reserve is unique not only from the aspect of age, botanical forms and beauty, but also from historical and ancient point of view. It has witnessed many events over the history both environmental and social, such as wars, global warming, and climate change. As a matter of fact, there are many more aspects to the study of this tree that reveal its value; namely ecological memory which provides us with valuable information on environmental factors of the past, and geological and evolutionary information. Anthecologists are investigating the hypothesis of having many Mediterranean cypress trees planted by Elamites around 5000 years ago which strongly admits the value of this tree in revealing historical information from the past.

Keywords: Cypress, Abarkuh, historical memory, Culture

* Author for Correspondence, Professor, Tel: +98 9123207202, E-mail: salavipa@ut.ac.ir

¹ The Department of Remote Sensing, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

Chitosan, a Biomimetic Biopolymer: Sources, Characteristics and its Applications in Biomedical

Mehdi Zarabi^{*1}, Narges Khosravi¹, Mehran Habibi-Rezaei²

Biomimetics and bioinspiration science is not only provide the quality improvement of technological products and processes, but also a promising solution for human beings to get out of the problems caused by modern technologies and lifestyles. One of the achievements of this knowledge is the efficient replacement of natural materials such as biopolymers with synthetic chemicals. One of the most abundant biopolymers is chitin and its deacetylate form, chitosan. Chitosan has unique characteristics including biocompatibility, biodegradability, bioactivity, non-toxicity, and antimicrobial activation. This biomaterial has found many biomimetics applications in biomedical today, including tissue engineering, wound dressing, drug delivery, bio imaging, and ophthalmology. Chitin is commonly extracted from the waste skin of shrimp and then converted to chitosan. In recent years, researchers have considered an important alternative source of chitin, including insects, due to the limited marine resources. This work reviews the sources, physicochemical, biological, and usages of chitosan in biomedical fields.

Keywords: Biomimetics, Bioinspiration, Biopolymers, Chitin, Chitosan, Biomedical.

* Author for Correspondence, Assistant Professor, Tel: +98 21 86093042, Fax: 88497324, Email: mzarabi@ut.ac.ir

¹ Department of Life Science Engineering, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran

² Protein Biotechnology Research Lab (PBRL), School of Biology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran.

70 Years Classification and Nomenclature of the Enzymes: The Seventh Classes of Enzymes

Mehran Habibi-Rezaei^{1,*}

The first attempt to organized nomenclature of the inorganic and organic chemicals dates back to the second half of the eighteenth and nineteenth centuries. However, the international standardization of chemical nomenclature came to the founding of the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) in 1919. Despite the use of the term catalysis with the concept of accelerating chemical reactions in the second half of the eighteenth century, the modern concept of catalysis was introduced in the third decade of the nineteenth century almost at the same time as the introduction of the first enzymatic activity. Nevertheless, the international standardization of enzymes nomenclature was delayed until the sixth decade of the century when the International Union of Biochemistry (IUB), (which was renamed as the International Union of Biochemistry and Molecular Biology or IUBMB) was founded at the beginning of the second half of the 20th century. The IUB began to publish reports on the classification and naming of enzymes based on the type of reaction, through organizing the Enzyme Commission (EC), first in consultation with and then in cooperation with the IUPAC. The result was the publication of six reports and 13 supplements naming and classifying enzymes by the end of the twentieth century. Based on this, enzymes were named and classified into 6 classes. Until, 70 years after the international and organized effort to name enzymes and 60 years after the publication of the first report of the Enzyme Commission, a group of enzymes were named as “Translocases” and classified in the seventh class (EC 7). Here, while informing about the addition of the seventh class to the pre-registered 6 classes of enzymes by the Enzyme nomenclature working group from of IUBMB (EN-IUBMB) and the IUBMB/IUPAC Joint Biochemical nomenclature commission (JCBN), the history of enzyme classification and nomenclature from the beginning to the present is reviewed.

Keywords: Catalysis; EN-IUBMB; Enzyme classification & Nomenclature; Translocases; EC 7

* Author for Correspondence, Professor, Tel: +98 21 61113214, Fax: 6697194, Email: mhabibi@ut.ac.ir

¹ Protein Biotechnology Research Lab (PBRL), School of Biology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran.

Investigation of the Ncov-2019 Variants and Vaccines

Samira Abdikhani^{+,1}, Shokouh Rezaei^{+,1}, Yahya Sefidbakht^{*,1}, Sareh Arjmand¹

According to reports about the appearance of various mutations in the novel coronavirus 2019 (nCoV-2019), the main purpose of this article is to introduce the types of mutations and important variants around the world. This study mainly focuses on the surface protein of the virus, called Spike (S) protein. S protein has undergone the most known mutation to date and has been used as the main target by vaccine platforms. Therefore, considering the importance and role of S protein, an attempt has been made to discuss mutations, the emergence of new variants, and their possible consequences in design and development of drugs and vaccines. Furthermore, developed nCov-19 vaccine platforms (based on mRNA, inactivated virus, protein subunit, replicating viral vector, and virus-like particles) being introduced. Also, according to international standards, monitoring of each method is being performed, which based on accurate scientific analysis and better statistical models, the potentials of these methods can be used to reduce the effects of the epidemic.

Keywords: nCoV-2019, Spike Protein, Mutation, Vaccine

* Author for Correspondence, Assistant Professor, Tel: +98 21 229905021, E-mail: y_sefidbakht@sbu.ac.ir

+ First/Equal authors

¹ Protein Research Center, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

History of Vaccine Production in Iran

Azim Akbarzadeh Khyavi^{*,1}

Vaccine production in Iran has a long history and its history dates back to more than 101 years ago. All these years, we have all been vaccinated with vaccines made in Iran against tuberculosis, hepatitis B, polio, diphtheria, pertussis, tetanus, measles, rubella and mumps. About a century has passed since the production of vaccines in Iran, which is ranked 10th worldwide in the production of vaccines. In addition to producing the vaccines needed to vaccinate children and adults, Iran has been able to export the same vaccines to Asian, African and some European countries. We are 97% self-sufficient in the production of livestock vaccines, but we import 70% in the field of poultry vaccines.

Keywords: Human and Animal Vaccines, A Century of Research and Activity, Vaccination, Pasteur Institute of Iran, Razi Vaccine and Serum Research Institute, Iran.

* Author for Correspondence, Professor, Tel: +982166465406, E-mail: azimakbarzadeh@pasteur.ac.ir

¹ Pasteur Institute of Iran, Pasteur St., Tehran, Iran

An Outlook at the Scientific Life of Iranian and World Scientists (2nd part)

Elnaz Hosseini¹, Mehrnaz Ebrahimi², Parviz Norouzi², Ali A. Moosavi-Movahedi^{*1}

Studying the biographies of great scientists helps a lot in understanding the intellectual path of researchers that can influence their scientific life and research methods. This article studies the biographies of Jaber bin Hayyan (Jaber) and Abu Rihan Biruni, as Iranian scientists and Marie Curie and Nikola Tesla as Western scientists. It is attempted to monitor the moral highlights and their lives as well. Jaber is the name of a Muslim and Iranian chemist. According to him, Alchemy was considered the king of all sciences. He believed the human history is comparable to a huge Alchemy that aims to reach perfection for human.

Abu Rihan Biruni was worldwide Iranian knowledge man and multidimensional figures in science. He was an expert in various sciences such as mathematics, astronomy, calendars, anthropology, historiography, chronology, medicine, and natural sciences.

Marie Curie was the first female scientist to win the Nobel Prize in Radioactivity. She was also the first lady to receive the Nobel Prize in physics and chemistry.

Nikola Tesla had a special genius and talent that made him a mysterious figure in physics and electricity. Tesla's experiments show that he was ahead of the time he lived.

Keywords: Alchemy, Experimental Sciences, Radioactivity, Tesla meter

* Author for Correspondence, Professor, Tel: +982166403957, E-mail: moosavi@ut.ac.ir

¹ Institute of Biochemistry and Biophysics of University of Tehran, Iran

² Center of Excellence in Electrochemistry of University of Tehran, Iran

Futurology of the Main Technological Forces that Will Shape the Future Engineering

Morteza Sharifi^{a,1}, Mahmood Mohassel Fegghi^a

Futurology is the scientific study of possible and desirable developments in the future, so as to provide the necessary insight to design its requirements. From the perspective of futurology, prediction of the future is not possible precisely. However, a comprehensive plan can be presented, in which all possible states with the potential to become the future can be explored and identified. On the other hand, research in the engineering futurology and analyzing the upcoming technologies is the investigation of science-based changes and the powerful challenges of innovation by focusing on the social issues and concerns. The analysis of the future-oriented engineering technologies is the identification of the complex and dynamic systems and processes in such a collective and interdisciplinary way that seeks to create a correct and clear understanding of the future for the stakeholders and provide a platform for sustainable development. In this paper, we briefly mention some important technological forces, which will change the future, and give us a vision of the superior technology roadmap.

Keywords: Engineering Futurology, Futuristic Technology Analysis, Digital World, Computations and Communications, Artificial Intelligent, Inevitable Technologies Forces.

*Author for Correspondence, Assistant Professor, Tel: +984133393738, Email: mohaselfegghi@tabrizu.ac.ir

¹ Faculty of Electrical and Computer Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran

The Fourth Industrial Revolution and the Fundamental Changes Ahead

Abolfazl Kiani Bakhtiari^{*,1}, Ali A. Moosavi-Movahedi²

In recent years, technological developments and successive innovations in manufacturing processes have created profound changes in the world's industrial landscape. In the meantime, we have witnessed the emergence of the concept of the fourth industrial revolution or industry 4.0 and researchers have also shown increasing attention to this issue. This new industrial paradigm, created by combining technologies based on physical cyber systems and digital transformation, transformational implications for industry and the economy. Today we are at the beginning of a revolution that is fundamentally changing our way of life, work and relationships. This phenomenon is not comparable to any of the past human experiences in terms of scale, coverage and complexity; and we are still a long way from fully understanding the speed and scope of this new revolution. What is clear is that effective action must be taken as soon as possible to take advantage of the positive effects and consequences and to counter the possible threats of this industrial revolution.

The present article deals with the fundamental components of the Fourth Industrial Revolution and emerging changes in the fields of industry, products and services, business and market models, work environment and skills development. This also emphasizes the necessity to be prepared to face issue of industrial development.

Keywords: Fourth Industrial Revolution, Industry 4.0, Emerging Technologies, Digital Economy, Platform Enterprises.

* Author for Correspondence, Faculty Member, Tel: +982122043000, Fax: +982122043001, E-mail: Kiani@imi.ir

¹ Industrial Management Institute (IMI)

² Institute of Biochemistry and Biophysics, University of Tehran, Tehran, Iran



Outlook on the History of Research Laboratories Networks in Iran

Mohammad Sadegh Oliaei^{*,1}

This article examines the history of establishing the research laboratories networks (RLN) and the consequences of their formation on higher education centers in Iran. The results of this study show we need more stable management for supporting the establishment of RLN. The laboratory networks that are currently active in the country are also generally service-oriented, and the established national laboratories are more active in this direction. The output of so-called national laboratories in the country should be improved relative to other countries. Due to the expansion of higher education centers and the increasing number of researchers, the presence active RLN is one of the main priorities and one of the important necessities of the country.

Keywords: Laboratory network, National laboratory, Research laboratories network

* Author for Correspondence, Assistant Professor, Tel: +982182233542, E-mail: m-oliaei@msrt.ir

¹ Minister of Research, Ministry of Science, Research and Technology

Plan-S: Requirements and Challenges

Esmail Vaziri^{*1}, Ali Akbar Saboury²

Open Access (OA) movement has been started in the 1990s aiming to access to all scholarly literature. In order to follow the OA in horizon 2020, it was scheduled that all scientific publications and related data that result from research funded by public grants must be accessed and shared to the whole society without any restrictions. In order to implementing this goal, an initiative for the OA publishing was launched in 2018, named Plan S, which was supported by Coalition S, an international consortium of research funding to make the OA to research publications. The idea introduced after the Berlin declaration on the OA (2004) that have emphasized to access and share research outputs and their related data. Therefore, national and international organizations made some decisions in order to support this plan. According to our evaluations, it is reveal that regarding to several actions in recent decades on the OA, some considerations on the publication copyrights and their ownerships especially outputs generated from publicly funded research are continued. On the other hand, with emphasize of Coalition S protocol to access to the research outputs and their related raw data, some critical considerations should be stated, include organizational, individual, legal, behavioral, and cultural parameters. Consequently, due to all of these challenges, it seems that universal demand on open science and access to the scientific literature has been increased in the recent years, therefore, research policy makers and funders might to consider their situation concerning this decision.

Keywords: Open Access; Scientific Research, Plan-S, Coalition S, Research data

* Author for Correspondence, Assistant Professor, E-mail: evaziri@uoaz.ac.ir

¹ Department of Information Science and Knowledge Studies, University of Zabol, Zabol, Iran

² Institute of Biochemistry and Biophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

Investigation of Higher Education Planning with Emphasis on The Pathology of Basic Sciences

Ahmad Shaabani^{*,1}

Progress in any field is not possible without planning as well as improvement in science and technology. A prerequisite for any planning is to draw the current situation, describe the desired position, and explain the strategies, approaches, administrative policies, and executive-operational plans to reach the desired condition from the current situation. The Higher Education Plan draws up the current state of higher education in the country from various aspects and provides sufficient knowledge of the subsystems, student distribution, and faculty members at the provincial and national levels. The higher education plan is one of the most comprehensive reports in higher education in the country, which has been compiled in the framework of a comprehensive scientific map of the country. However, it requires revising and updating the data and information and, most importantly, monitoring the progress in quantitative indicators, especially quality and project objectives. This document can be a reasonable basis for planning and policy in various areas of higher education; however, the historical course of its compilation until its approval and implementation - the end of the life of 4 governments - shows the lack of belief of those involved in higher education in the country in such documents. Management and supervisory problems and limited financial resources are among the crucial factors in the unsuccessful implementation of this plan. In this article, the higher education plan has been explained and analyzed, and finally, by drawing the status of basic sciences, suggestions have been presented to strengthen and improve the quality of basic sciences.

Keywords: University, Higher Education, Plan, Comprehensive Scientific Map, Student, Basic Sciences

* Author for Correspondence, Professor, Tel: +982129902800, Fax: +982122431663, E-mail: a-shaabani@sbu.ac.ir

¹ Faculty of Chemistry, Shahid Beheshti University, G. C., P. O. Box 19396-4716, Tehran, Iran

Evaluating of Iran Scientific Documents in 2020

Ali Akbar Saboury^{*,1}

The total number of scientific documents indexed by Iran on the Web of Science in 2020 database of Clarity Analytics has grown by about ten percent compared to the previous year, and Iran was able to reach 15th rank in the world in terms of the quantity of production of scientific documents. Over the past decade, not only our contribution of the world's scientific papers increased from one percent to two percent, but also Iran's position in terms of the quality of scientific papers has surpassed relative to quantity issue. In detail, the number of Iranian scientific documents was 52512 (2.22% of the world value and rank of 15; one rank higher compared to the previous year) in science, 4228 (0.95% of the world value and rank of 29; three ranks higher compared to the previous year) in social sciences, 294 (0.29% of the world value and rank of 37; three ranks higher compared to the previous year) in art and humanities, and 53902 (2.02% of the world value and rank of 15; one rank higher compared to the previous year) in total, in 2020. As before, USA, China and England were the ranks of one to three in the world due to their contributions of 25.7%, 21.7% and 6.8%, respectively, for scientific documents productions in 2020. University of Tehran, Tehran University of Medical Science, Shahid Beheshti University of Medical Science, Tarbiat Modares University, and Iran University of Medical Science were the five top governmental universities in 2020 respectively. As before, 15.0% of scientific documents are related to all branches of Islamic Azad University in 2020. In Emerging Sources Citation Index (ESCI), by recording 12877 indexes and 3.3 percent of contribution in the World, Iran is located in 9th rank as before. In terms of the quality of production of published scientific documents in Iran, the number of articles published in Q1 and top journals, the number of highly cited and hot articles in the country along with the number of citations have been grown, which shows the growth of the quality of scientific documents as signs of universities' special attention to the high-quality publishing.

Keywords: Quantitative of Scientific Documents, Qualitative of Scientific Documents, Scientific Collaboration, Contribution of Universities, Web of Science, Clarivate Analytics

* Author for Correspondence, Professor, Tel: (+98 21) 66956984, Fax: (+98 21) 66404680, E-mail: Saboury@ut.ac.ir

¹ Institute of Biochemistry and Biophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

Literacy Is a Fact, Not Just a Degree

The scope of literacy influencing the quality of social life in a given society is to be defined where it is necessary that infrastructure required for its development be also outlined. Literacy in its broad context can be classified into three main categories: 1) General literacy and skills consisting of those that deal with reading, writing and numerical calculation, knowledge of computers and Internet usage. It also includes familiarity with the language and symbolism used in Internet facilities. General literacy in its broad spectrum includes also being current on the use of social communication channels such as newspapers and other similar tools that are an integral part of social life for maintaining quality of social life, high standard of social welfare and social living in the society.

2) Scientific literacy, including knowledge of concepts and theories used in the chosen field of the study. It includes, applying concepts and theories in outlining hypothesis aimed towards a solution for use in dealing significant problems in the chosen field of study. As an integral part of scientific knowledge, familiarity with methods and tools for use in generating scientific data along with optimal usage and in-depth analysis of such data and scientific information to be used for developing innovative solutions are considered to be an integral part of scientific literacy.

3) Rational and judgmental literacy and wisdom in which understanding of the underlying truth behind things in our world and realizing the true meaning of our life where by giving thanks to the Creator, a level of knowledge and literacy is reached that can be categorized as pure and universal literacy in line with divine knowledge. It is the knowledge necessary to give meaning to life in this world and the hereafter.

To train and educate people in each categories of literacy as stated above in a given society, requires developing underlying structures that include: a) unified and cultured family, b) Schools that are equipped with necessary facilities and administered by teachers and educators of high knowledge. c) Universities and scientific centers that are run by educators having high knowledge in their field of study and finally by distinguished professors. As an integral part of literate society, it is necessary to have talented students, up-to-date educational and research facilities including laboratories, support facilities to carry out the required research works enabling development of high valued databases of scientific information for their analysis at the national, international and extraterrestrial scientific communication facilities. d) Academies of science and cultural centers where by the presence of eminent, experienced and high knowledge professors, it is possible to outline macro-scientific policies and guidelines for the advancement of knowledge, science and literature at the national and international level.

e) Establishing official and private centers in the communities and in the society as a whole that are destined to support and promote knowledge and creativity in the society.

Today, our students at universities and high schools are not being educated in line with guidelines and educational structures mentioned above. While most of them receive degree and a document certifying their education, they are still not satisfied. Considering facilities that are used currently, it is worthwhile to have proper management for a synergistic utilization of the existing resources for a meaningful and well-planned educational training of our children who are the main resource of future development of our society. Of course, this requires concerted efforts of both government and public sectors to achieve this goal.

Ali A. Moosavi-Movahedi
Editor-in-Chief

Contents

Editorial: Literacy Is a Fact, Not Just a Degree.....	12
Evaluating Of Iran Scientific Documents In 2020	
Ali Akbar Saboury.....	13
Investigation Of Higher Education Planning with Emphasis on The Pathology of Basic Sciences	
Ahmad Shaabani.....	14
Plan-S: Requirements and Challenges	
Esmail Vaziri, Ali Akbar Saboury	15
Outlook On the History of Research Laboratories Networks in Iran	
Mohammad Sadegh Oliaei.....	16
The Fourth Industrial Revolution and The Fundamental Changes Ahead	
Abolfazl Kiani Bakhtiari, Ali A. Moosavi-Movahedi.....	17
Futurology Of the Main Technological Forces That Will Shape the Future Engineering	
Morteza Sharifi, Mahmood Mohassel Fegghi.....	18
An Outlook at The Scientific Life of Iranian and World Scientists (2nd Part)	
Elnaz Hosseini, Mehrnaz Ebrahimi, Parviz Norouzi and Ali A. Moosavi-Movahedi.....	19
History Of Vaccine Production in Iran	
Azim Akbarzadeh Khiyavi.....	20
Investigation Of the Ncov-2019 Variants and Vaccines	
Samira Abdikhani, Shokouh Rezaei, Yahya Sefidbakht, Sareh Arjmand.....	21
70 Years Classification and Nomenclature of The Enzymes: The Seventh Classes of Enzymes	
Mehran Habibi-Rezaei.....	22
Chitosan, A Biomimetic Biopolymer: Sources, Characteristics and Its Applications in Biomedical	
Mehdi Zarabi, Narges Khosravi, Mehran Habibi-Rezaei.....	23
A New Outlook on the 4000-Year-Old Cypress of Abarkooh	
Seyed Kazem Alavipanah.....	24

Science Cultivation



Editor-in-Chief:

A.A. Moosavi-Movahedi

Manager Editor:

A. Zali

Executive Director:

A. Kiani-Bakhtiari

Editorial Board:

H. Ahmadi Noubari, M. R. Aref, M. Behzad, M. Farhadi, Gh. Habibi, J. Towfighi, K. Koosha, R. Malekzadeh, J. Mehrad, H. Mirzadeh, M. Mohaghegh, A. Mossalanejad, N. Parsa, A.A. Saboury, M. Shamsipur, A. Shockravi, S. Sohrabpour, S. Vaezzadeh, B. Yazdi Samadi, A. Zali, N. Zargham, M.A. Zolfigol

Science Cultivation “Journal” is published by Foundation for the Advancement of Science and Technology in Iran (FAST-IRAN) and in partnership with Iran Society of Biophysical Chemistry (ISOBC).

This journal aims at advancing and accelerating the science and technology policy in Iran.

License Holder : Foundation for the Advancement of Science and Technology in Iran. (FAST-IRAN)

ISSN: X8003539

Publisher: Foundation for the Advancement of Science and Technology in Iran

Web Coordinator: Zahra Moosavi-Movahedi

Address: No.7, Qarib Street, before Forsat Shirazi St, Tehran, Iran.

Tel/Fax: (+9821) 66577884

Foundation Website: www.fast-iran.ir

Website of Journal: www.sciencecultivation.ir

Email: info@sciencecultivation.ir

In the Name Of
God

Science Cultivation

Journal of Enculturation and Policy Making of Science, Innovation and Technology
Vol. 11, No.2, June 2021
ISSN: X8003539

- Editorial: Knowledge: Literacy Is a Fact, Not Just a Degree
- Evaluating Of Iran Scientific Documents In 2020
- Investigation Of Higher Education Planning with Emphasis on The Pathology of Basic Sciences
- Plan-S: Requirements and Challenges
- Outlook On the History of Research Laboratories Networks in Iran
- The Fourth Industrial Revolution and The Fundamental Changes Ahead
- Futurology Of the Main Technological Forces That Will Shape the Future Engineering
- An Outlook at The Scientific Life of Iranian and World Scientists (2nd Part)
- History Of Vaccine Production in Iran
- Investigation Of the Ncov-2019 Variants and Vaccines
- 70 Years Classification and Nomenclature of The Enzymes: The Seventh Classes of Enzymes
- Chitosan, A Biomimetic Biopolymer: Sources, Characteristics and Its Applications in Biomedical
- A New Outlook on the 4000-Year-Old Cypress of Abarkooh



RICeST



ISC



Foundation for the Advancement of Science
and Technology In Iran