نامه علوم پایه

فصلنامه تخصصی گروه علوم پایه فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران

۶

تابستان ۱۴۰۱








ISSN 2783-3666

بسم الله الرحمن الرحیم

نامه علوم پایه

فصلنامه تخصصی گروه علوم پایه فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران

شماره ششم، تابستان ۱۴۰۱

صاحب امتیاز: فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران

مدیر مسئول: مهدی زارع

سردبیر: علی فرازمند

هیئت تحریریه: مسعود آرین‌نژاد، هاشم رفیعی تبار، مهدی زارع، احمد شعبانی، علی فرازمند

ویراستار: علی فرازمند

کارشناس: هانیه ستوده

گرافیک و صفحه‌آرایی: یلدا آرین نمازی

چاپ و صحافی: عارف آریافر

فصلنامه «*نامه علوم پایه*» نشریه تخصصی گروه علوم پایه فرهنگستان به نشر مسائل آموزشی و پژوهشی قلمروهای علوم پایه (ریاضی، زمین‌شناسی، زیست‌شناسی، شیمی و فیزیک) اختصاص دارد. اولویت انتشار در این مجله با مقالاتی است که به مسائل و چالش‌های اساسی این قلمروها، سیاست آموزشی و پژوهشی، ارتقای سطح دانش و پژوهش در کشور، ارتقای سطح ارتباط میان دانشمندان علوم پایه و سایر قلمروهای علمی و نیز کل جامعه بپردازند. توسعه نگرش علوم یکپارچه و فعالیت‌های بین رشته‌ای و ترارشته‌ای و تبیین اهمیت این نگرش‌ها در حل مسائل جامعه و توسعه پایدار از اولویت‌های مهم دیگر نشریه است. در نگارش یا ترجمه مقالات علمی نیز شایسته است که کانون توجه، گزارش و معرفی یافته‌های نوین علمی و سرمشق‌هایی باشد که برای گسترش دانش و معرفت علمی جامعه نقش بنیادی دارند.

نشانی: تهران، بزرگراه شهید حقانی، خروجی فرهنگستان‌های جمهوری اسلامی ایران و کتابخانه ملّی، فرهنگستان علوم

کد پستی: ۱۵۳۸۶۳۳۱۱۱ **صندوق پستی**: ۱۹۳۹۵-۵۳۱۸ **تلفن و دورنگار**: ۸۸۶۴۵۵۹۵

تارنما: www.ias.ac.ir **رایانامه**: basic@ias.ac.ir

«مسئولیت صحت مطالب بر عهده نویسندگان است»

شاپا ۲۷۸۳-۳۶۶۶

۱۵۰ هزار تومان

تک تک مقالات و نسخه رنگی کامل مجله از تارنمای فرهنگستان علوم، رایگان قابل دریافت است.

راهنمای نگارش مقالات

۱ .مقـالات از نـوع مـروری، دربـارهٔ موضوعات مطـرح علوم پایـه، نقد و معرفـی برنامه‌ها و سیاسـتگذاری‌های کلان علمی، آموزشـی و پژوهشـی در تمام سطوح، نقد کتاب و معرفـی نوآوری‌هـای علمـی و فنـی در زمینهٔ علوم پایه باشـند.

۲ .پیشـنهاد تألیـف مقالـه بـا ارائه خلاصه‌ای شـامل هـدف و مفاد اصلی آن، بـرای داوری و تأییـد اولیـه به دفتر مجله ارسـال شـود.

۳ .درنـگارش مقـالات شـئون تألیـف اصیل و شایسـته، و نیـز ارجاع دقیق و درسـت و بهره‌بـرداری از داده‌هـای آثـار دیگـران رعایـت شـود.

۴ .مقـالات مربـوط بـه آمـوزش و پژوهـش بیـن و تـرا رشـته‌ای و دیدگاه‌هـای مرتبـط بـا آمـوزش یکپارچـهٔ علـوم و توسـعه پایـدار اولویـت دارند.

۵ .مجلـه از انتشـار نوشـته‌ها و یادداشـت‌های مربوط بـه زندگی دانشـمندان و نامداران علـم و صنعـت در ایـران و جهـان، معرفـی و نقد آثـار و احـوال آنان اسـتقبال می‌کند.

۶ .انتشـار ترجمـه مقـالات دارای اولویت و ضرورت بـا سفارش و تأیید سردبیر و هیئت تحریریـه امکان‌پذیر اسـت.

۷ .در صفحـهٔ نخسـت عنـوان، نـام مولفـان، آدرس محـل کار، همـراه بـا آدرس ایمیـل نویسـنده مسـئول آورده شـود.

۸ .مقالات دارای چکیده فارسـی و انگلیسـی- شـامل نکات اصلی و کلیدی در حداکثر ۲۵۰ کلمه- بـه همراه چند کلیدواژه باشـند.

۹ .ارجاعـات بـه منابـع در داخـل متـن فقـط بـا شـماره‌بندی از ۱ الـی آخـر (در پرانتـز) آورده شـوند. منابـع فارسـی و انگلیسـی هـر دو در طـول متـن بـا ٔ درطـول خـود متـن بـه شـماره‌گذاری پیاپـی آورده شـوند. منابـع اینترنتـی صرفـا شـکل پانوشـت درصفحـهٔ مرتبط بیا ید.

۱۰ .نسخهٔ دیجیتال عکس‌ها و تصاویر آمده در متن در فایل جداگانه ارسال شوند.

۱۱ .در ضبط منابع ادواری بـه ترتیب نام نویسنده/نویسـندگان، عنوان، سـال انتشـار، نـام نشریه، شمارهٔ آن و شمارهٔ صفحات بیاید. درمـورد کتـاب، نـام نویسنده/نویسندگان، سال انتشـار و سـپس نام ناشـر و بعـد صفحات ارجـاع می‌آید

فهرست

سخن سردبیر ۵

توسعه علمی، توسعه ملی به مناسبت سال جهانی علوم پایه و توسعه پایدار ۷
مسعود آرین نژاد

تغییر اقلیم و چالش‌های امروز ایران ۱۳
ترجمه مهدی زارع

هشدار : بحران آلودگی دریای کاسپین ۱۷
مهدی زارع

لزوم بازنگری در سازوکار پژوهشگاه‌ها با هدف افزایش بهره وری و کارآمدی آنها در جامعه و صنعت ۲۱
احمد شعبانی

علم جهانی و مقایسات ملی: ورای کتاب‌سنجی و علم‌سنجی ۳۹
ترجمه اتابک روحی امینجان و علی فرازمند

نقش میکروارگانیسم‌ها در توسعه پایدار ۵۸
فرشاد درویشی، اعظم علی اصغری، بهاره عطاران

اندیشه‌ای در باب «آخرالزمان»: اهمیت زیست–هنر در هنرآموزش ۷۲
سید مهدی علوی

رمزگشایی سیستم ایمنی ذاتی در خفاش‌ها ۸۹
وحید اکملی

جایگاه کانی‌های غیرفلزی و صنعتی در ایران و جهان ۱۰۳
منصور قربانی، مژگان صالحی یزدی

تحلیلی بر آمارهای جهانی ۷۴ نوع مواد معدنی ایران با محوریت ژئولیت‌ها به عنوان ماده معدنی استراتژیک ۱۱۷
مجید پورمقدم

مروری بر چند کشف علوم پایه و کاربرد آنها در زندگی روزمره ۱۲۶
سعید سمنانیان

رشد افسارگسیخته سرخس آبی (*Azolla filiculoides,* Lam) در تالاب انزلی ۱۳۳
علیرضا رادخواه، سهیل ایگدری، هادی پورباقر، اسماعیل صادقی‌نژاد

پیش‌بینی عبور دمای هوا از آستانه‌ی سازش‌پذیری انسان‌در جنوب غربی آسیا در آینده ۱۴۱
ترجمه وداد فامورزاده

زمین‌لرزه‌ی ترکیه – سوریه: آنچه دانشمندان می‌دانند ۱۴۷
ترجمه وداد فامورزاده

خلاصه ای از نامه ارسالی شاخه ریاضی فرهنگستان علوم به مسئولین آموزش و پرورش و شورای عالی انقلاب فرهنگی در خصوص دانشگاه فرهنگیان ۱۴۹

بخشی از سخنرانی دکتر یوسف ثبوتی، عضو پیوسته فرهنگستان علوم در گردهمایی تغییرات اقلیمی و موزه‌های علوم و دانشگاهی ۱۵۱

سخن سردبیر

شماره ششم نامه علوم پایه در روزهای پایانی سال ۱۴۰۱ چند ماه پس از پایان سال میلادی ۲۰۲۲ منتشر می‌شود که از سوی یونسکو *سال علوم پایه و توسعه پایدار* اعلام شده بود. در چند شماره پیش نویسندگان و مترجمان *نامه علوم پایه* از جنبه‌های گوناگون به مسئله توسعه پایدار پرداختند. براستی اعلام این مناسبت‌ها و فعالیت‌هایی که در چارچوب‌های اعلام شده انجام می‌گیرد چقدر می‌تواند منشاء اثر یا موجب تغییرات موثر و ماندگار شود؟ بدون اعلام این مناسبت‌ها نیز صاحبان اندیشه، فعالان و نهادی‌های مدنی همیشه بنا به وظیفه وجدانی خویش از این مسائل گفته و نوشته‌اند و هر کجا هشداری لازم بوده با صدای رسا اعلام کرده‌اند. ولی چرا آن طور که باید مشکلات حل نمی‌شوند و ظاهرا روز به روز بار آنها سنگین‌تر می‌شود؟ ناگفته پیداست که موضوع توسعه پایدار مثل بسیاری از مسائل کلان دیگر برای همه به طور یکسان ملموس نیست. تا این موضوع – از جنبه نظری و عملی – به چارچوب مسلط نگرش‌ها و فعالیت‌های تمام سطوح و در تمام نهادهای حکمرانی، مدیریتی، علمی، آموزشی، پژوهشی، و نهادهای قانون گذار کشور– وهمین طور جهان– تبدیل نشود امیدی به بهبود اوضاع نمی‌رود.

در چند ماه اخیر زمین لرزه‌های متعدد در شهر خوی و در همسایگی‌مان در چندین شهر ترکیه خسارات جانی و مالی بسیار سنگینی برجای گذاشت. در سطح اجتماعی نیز چند ماه شاهد رویدادهای برآشوبنده حیات اجتماعی بوده‌ایم. دائم می‌شنویم که فرونشست زمین، که البته پدیده‌ای جهانی است در ایران به وضعیت بحرانی رسیده است و میزان آن پنج برابر میانگین جهانی است! گوشمان پر است از آسیب‌های گاهی برگشت ناپذیر ناشی از تغییرات اقلیمی که چندین دهه سیمای طبیعت زمین را تغییر داده و می‌دهد. گوشه‌هایی از این تغییرات در سه مقاله این شماره، *تغییر اقلیم و چالش‌های امروز ایران*، *بحران آلودگی دریای کاسپین* و *رشد افسارگسیخته سرخس آبی در تالاب انزلی* توصیف شده‌اند. بی تردید بخش بزرگی ازاین خسارت‌ها، ساخته دست خود ماست. زمین لرزه و سایر بلایای طبیعی اموری خیلی دور به نظر می‌رسند ولی وقتی روی می‌دهند تازه در می‌یابیم که چه بسا نزدیک‌اند! جنگ‌ها و منازعات اجتماعی نیز همین طورند. بناهایی که فرو می‌ریزند، دو دستگی و چند دستگی‌هایی که در سطح جامعه پدید می‌آیند، نتیجه دور دیدن وقوع گسست‌ها در ژرفای زمین و میان جوامعی است که در سطح این کره خاکی زندگی می‌کنند. برای کاستن از آسیب‌های این گسست‌ها پیش از وقوع باید اندیشه کرد. اگر گسست‌های طبیعی زمین را چاره نیست، ساختار بناها و جوامع را می‌توان برپایه‌هایی استوار بنا نهاد. مهندسان و سازندگانی که سازوکار لازم برای ایمنی در برابر زمین لرزه‌ای نه چندان شدید را در برپا کردن بناها در نظر نمی‌گیرند، و نیز کارشناسان ناظری که چشم بر این کوتاهی‌ها می‌بندند مسئولان اصلی پیامدهای دردناک و جبران ناپذیرِ این ویرانی‌ها هستند. در سطح جامعه نیز همین طور است و بخش عمده مشکلات از ناهمخوانی روابط و عدم ارتباط بین سطوح گوناگون جامعه است. نادیده گرفتن تبعیض‌ها و نابرابری‌ها، عدم استفاده بموقع از ظرفیت‌های روزمره برای حل مشکلات، بی برنامگی یا نداشتن برنامه جدی و درست برای حل معضلات فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی همه عامل ایجاد گسست‌هایی است که پیامدهای ناگواری می‌توانند داشته باشند. اینجاست که عدم درک اصل اساسی توسعه پایدار، *بقای استوار امروز و نسل‌های بعدی*، آشکار می‌شود. این وضعیت ناامیدکننده در معامله با زیستگاه‌های طبیعی و زندگی اجتماعی تقریبا در تمام جوامع ریشه در رواج اصل بهره مندی حداکثری مادی و معنوی فرد یا گروهی اندک به جای اصل تضمین رفاه و حیات اجتماعی عموم دارد. در کل شواهد نشان می‌دهد که موضوع توسعه پایدار واقعی و جدی است و اینکه ناسازگاری مردم با طبیعت و با یکدیگر راه و رسم توسعه پایدار نیست.

«*اصل اساسی توسعه پایدار برابری بین نسلی است*». این تعریف بسیار کوتاه از توسعه پایدار در کتاب *آینده مشترک ما* (۱۹۹۰) نوشته سازمان ملل متحد، کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه، آمده است. فهم این تعریف بسیار کوتاه و غیرفنی چندان سخت نیست، اما به عمل کار برآید به سخندانی نیست! حکمرانی در چارچوب اهداف توسعه پایدار در دنیای آشفته امروزی چقدر ممکن است؟ اوضاع فعلی بشر در تمام عرصه‌ها و نیز تجربیات زیسته به ما طعنه می‌زنند که چطور می‌شود انسانی که در زندگی روزمره برای منافع فردی و بهره وری اقتصادی حدّ و حق نمی‌شناسد و تمام واقعیات ملموس حال را نادیده می‌گیرد بتواند نیازها و ضروریات توسعه نسل‌های آینده را دریابد و سبکی از زندگی را پیشه سازد که حیات پایدار خود و آیندگان را تضمین کند؟ براستی که این وضعیت مصداق توصیف ظلوم و جهول از انسان است. اهداف توسعه پایدار معطوف حل مجموعه‌ای گسترده‌ای از مشکلات مزمن و نوظهور بشریت، از ریشه کنی فقر و گرسنگی و نابرابری جنسیتی گرفته، تا بهداشت، آموزش، انرژی، تغییرات اقلیمی، منابع غدایی، صلح، امنیت و حکمرانی خوب را در

بـر می‌گیـرد. هـر چنـد پیشـرفت‌های تصورناپذیرعلـم و فنـاوری امـروزه همـه مثبـت بـه نظر می‌رسـند ولـی حـال و روز زندگی در سـطح فرد و جامعـه بسـیار ناخـوش اسـت. اگـر بخواهیم سـرعت پیشـرفت‌های جامعه بشـری و رفاه و آسـایش وامنیـت برآمـده از آن را در طول زمـان ببینیم گویـی از یـک دنیـای صامـت پُرمعنـی [ماننـد آنچـه در فیلم‌های چارلـی چاپلیـن دیده‌ایم] به دنیای پرسـروصدای شـلوغ و بی معنـا [در فیلم‌های تخیلـی موهـوم و دهشـت آورِ امـروزه] رسـیده‌ایم. بدرسـتی کـه سـرعت پیشـرفت‌های علمـی و فنی با رشـد عقلانیت در سـطح عمـوم و جامعه هیـچ تناسـبی نـدارد و ایـن بـی تناسـبی، ریشـه تمام نابسـامانی‌ها را تشـکیل می‌دهد. بـه جای اهمیـت دادن صرف به پیشـرفت علـم و فناوری، گسـترش عقلانیـت در میـان خـواص و عـوام را بایـد حیاتی دانسـت و تـا حد ممکـن در پی کاهش شـکاف بین دانشـمندان و بین اینهـا و عموم بـود. نگرش‌هـای تقلیـل گرایانـه و میکروسـکوپی را بایـد بـا نگرش‌هـای کل نگرانـه تلسـکوپی قـوام بخشـید. برای منافـع سـیری ناپذیر فردی نبایـد مرزهـای آشـکار و نهـان شـروع حقـوق جمـع و جامعـه را درنوردیـد. پیشـرفت و توسـعه در سـطح کلان اغلـب مسـتلزم توجـه و همکاری تنگانـگ در سـطح ملی و جهانی اسـت.

نامـه علـوم پایـه در حـد توانایـی بـه ایـن مسـائل پرداختـه و می‌پردازد. از نخسـتین شـماره هـدف *نامه* این بوده اسـت کـه عـلاوه از پرداختن به علـم و پژوهـش، در حـد تـوان مسـائل کلان علمـی و اجتماعـی را نیز برجسـته سـازد. فرهنگسـتان علوم نیـز با برگزاری نشسـت‌ها و سـمینارها بـه مسـائل مبتلابـه کشـور، ازجمله توسـعه علمـی فرهنگی، وضعیت اقتصـادی و راهکارهای توسـعه پایدار، توجـه دارد. دغدغه‌های توسـعه پایدار درواقع توجه به توسـعه همه جانبه و در نظر گرفتن تمام ابعاد پیشـرفت کشـور و جامعه اسـت. مقاله نخسـت این شـماره، *توسـعه علمی، توسـعه ملـی*، نیـز بـه موضـوع پیوسـتگی و درهم تنیدگـی جنبه‌های گوناگون توسـعه پرداختـه، به اهمیت تقدم توسـعه اقتصـادی بر توسـعه علمی تاکید شـده، نمونه‌هـای موفـق ایـن الگـو را در سـطح دنیـا– از جمله کشـورهای هند، سـنگاپور، کـره جنوبی، ترکیـه، مالـزی، و امـارات– معرفی کرده اسـت. بـه طور آشـکار سـرجمع پتانسـیل‌ها و منابع انسـانی و طبیعـی مورد نیاز توسـعه در ایـران، از اغلب این کشـورها برتر و در نتیجه دسـتیابی بـه پیشـرفت‌های متناظـر مهیاتـر اسـت. در دنیایـی کـه پیشـرفت‌های علمی و فنـی سـرعت روزافزون و پرشـتابی دارنـد برنامه‌هـای کوتاه مدت و بلنـد مـدت کشـور بایـد برپایـه پتانسـیل‌ها و نیازهـای بومی، و درنظـر گرفتن تمام ابعـاد و موانع توسـعه، چنان مـدون و اجرایی شـود که جایی بـرای تاسـف و پشـیمانی در آینـده برایمـان باقی نگذارد. رمز پیشـرفت پایدار حرکـتِ فراتر از زمان و شـرایطِ حاضر و مجهز بودن بـه آینده نگری بـی اشـتباه اسـت. توسـعه علمـی و فنـی– که دائم به دسـتیابی بـدان تلاش و سـفارش می‌شـود– بدون توسـعه اجتماعـی، اقتصادی، سیاسـی و فرهنگـی– کـه چکیده اجماع نظرات اندیشـمندان کشـور اسـت– سـاختار پایـدار و باقوام پیـدا نمی‌کند.

سردبیر–علی فرازمند

توسعه علمی، توسعه ملی
به مناسبت سال جهانی علوم پایه و توسعه پایدار

مسعود آرین‌نژاد
گروه ریاضی، دانشگاه زنجان.
arian@znu.ac.ir
نامه علوم پایه شماره ۶، تابستان ۱۴۰۱

اشاره

بررسی گذرای نسبت بین دو مضمون توسعه ملی و توسعه علمی و نقش و جایگاه علوم پایه در این نسبت، از مضمون‌های مورد توجه در این یادداشت هستند. علاوه بر این، از دیگر نکته‌های مورد توجه و کنکاش، ارائهٔ انتقادهای سه جبهه متفاوت دربارهٔ کارنامه نظام علمی و دانشگاهی در بستر تلاش برای توسعه کشور است.

یک پرسش

علم و فناوری، عالی‌ترین وجه تمدنی جهان امروز است. به اتکای این دو بال قدرتمند، همهٔ آرزوهای بشری در دسترس به نظر می‌رسند. دست یافتن به علم و فناوری روز، از اصلی‌ترین اهداف لاجرم هر آرمان امروزی از توسعه ملی برای ایران است.

یکی از مهمترین مقیاس‌های ارزیابی توفیق در نیل به توسعه ملی، نرخ رونق و پویایی اقتصادی، میزان درآمد سرانه و نرخ بهره مندی افراد جامعه از نعمت رفاه و آسایش و امنیت متکی بر ثروت و توان ثروت آفرینی درون‌زای اقتصاد ملی است.
با این مقدمه یکی از پرسش‌های ممکن در این وادی آن است که علم و توسعه علمی چه نقشی در تحقق پذیری آرمان توسعه ملی و عمومی کشور بویژه در بخش اقتصادی آن دارد. به بیانی روشن‌تر علم، به معنی دقیق، جهانی و امروزی آن، چه نقشی در رونق اقتصادی و افزونی ثروت ملی و رفاه عمومی به عنوان مهم‌ترین مظهر توسعه ملی دارد؟ آیا علم، با تعریف دانشگاهی و تخصصی، می‌تواند و یا ضروریست که پیشقراول و پیشران جبهه توسعه در کشور باشد و بدون پیشگامی علم، آرزوی توسعه و پیشرفت، آرزویی بی‌بنیاد و متزلزل است؟ آیا تقدم نظری و تاریخی توسعه علمی بر توسعه ملی یک شرط ضروری و لاجرم برای تحقق آرمان توسعه در کشور است؟ به این ترتیب، هرگاه که حدی از تمایز معنایی و مصداقی را برای دو آرمان توسعه ملی و توسعه علمی در نظر بگیریم واکاوی نسبت بین آنها از هر زاویه ممکنی، به عنوان یکی از پرسش‌های جدی و مطرح روز در دامنه گفتمان‌های رایج دانشگاهی قابل تامل است.

در یک منظر تاریخی، نقش پیشگامانهٔ دانشمندان بی‌نظیری چون کوپرنیک، کپلر، گالیله، دکارت، نیوتن و مانند ایشان متعلق به اوایل قرن هجده میلادی و پیش از آن، در تابوشکنی انگاره‌های قرون وسطی و رَه گشایی اندیشه‌های علمی نوین، آشکار و درخشان است. پس از آن و دست کم از اواسط قرن ۱۸ میلادی همگام با ظهور انقلاب صنعتی و اختراع ماشین بخار و دیگر اختراعات دگرگون سازی که موجب رشد و رونق متمایز و ممتاز تولید صنعتی و تجارت در اروپا شدند علم و فناوری در جایگاه بی‌رقیب پیشران تمدنی (و به زبان امروز توسعه‌ای) این قاره قرار گرفتند و به عالی‌ترین مظهر و جلوه تمدن رو به تجلی و ظهور بدل گشتند [۱] . اکنون یکی از پرسش‌های مطرح برای ما این است که آیا فرایند تحقق توسعه و پیشرفت عمومی و کلان در همه جا و در همهٔ زمان‌ها، درست به همان شیوه‌ای که در اروپا و سپس در آمریکای شمالی به وقوع پیوست، فقط با پیشقراولی و پیشرانی علم و فناوری و تابو شکنی‌ها و نوآوری‌های دانشمندان و دانشگران میسر و ممکن است؟ آیا این انتظاری تحقق پذیر و شدنی برای ایران امروز است تا اگر چنین است در پناه این پاسخ، نقش و مسئولیت تاریخی ویژه و ممتازی بر عهدهٔ دانشگاه و دانشگاهیان جامعه ما باشد؟

یک پاسخ

حال و با شرحی که گذشت، اگر در پاسخ به پرسش بنیادی مطرح شده، بی هیچ اما و اگری، بگوییم امید به رَه گشایی علم برای توسعه ملی، لااقل در چارچوب کشور ما به هیچ وجه رویکرد عملیاتی و واقعگرایی نیست شاید قدری غافلگیرکننده باشد! با وجود این به تصریح و روشنی باید گفت که برای

تحقق هدف عالی و راهبردی توسعه ملی و عمومی کشور، شرط مقدمی به نام پیشرانی علم یا توسعه علمی و به تبَع آن، ارجحیت علم بر همه چیز، به هیچ وجه راهکار شدنی و موفقی نیست. دلیلش آن است که توجه و تمرکزِ مقدم بر علم و توسعه علمی، با آن همه اما و اگر در تحقق پذیری و مخاطرات تجربی و هزینه‌های گزاف مادی و زمانی و سیاستگذاری‌های مورد نیاز، مسیر امکان‌پذیری برای نیل به توسعه در موقعیت کنونی و تاریخی ما و به طور کلی در هیچ یک از کشورهای جهان سوم نیست! واقع بین که باشیم می‌بینیم رقابت و بازی در میدان بزرگ و جهانی علم، نیازمند مدیریت عالی و نیروی انسانی ممتاز و ویژه ایست که در جهان سوم به سختی و اندک، یافت و به خط می‌شوند. در نتیجه به سختی بعیدی می‌توان امیدوار بود که چنین تلاش و تکاپوی آرمان گرایانه‌ای محقق شود، تلاش و تکاپویی که در وهلهٔ نخست نیازمند آرامش اجتماعی عمیق و قابل اعتمادی در حد فاصل چند نسل در ذیل برنامه‌های به خوبی هدف گذاری شده ایست. از این‌رو در انتخاب علم به عنوان نیروی پیشران و پیشقراول توسعه و بسط و نشر انتظار از آن باید ملاحظه و احتیاط بسیار کرد. این یعنی بنا به ملاحظات و تجربه‌های روزآمد بسیار، در خط اول نبرد برای توسعه، دانشگران و دانشمندان قرار ندارند و شانه‌های علم و دانشگاه در زیر بار خواست و پرسش درباره این مسئولیت قرار ندارد. البته دانشگران همواره در تلاش و تکاپوی خود برای توسعه علمی و عمومی کشور صادقانه و سخت کوشانه به کار مشغول بوده و هستند ولی این مبارزه نه تنها در خط مرزی رزمگاه توسعه قرار ندارد بلکه حتی توفیقات علمی در دسترس و نسبی این جبهه نیز تا حد زیادی وابسته به سیاستگذاری‌های خارج از حیطه کاری و تصمیم گیری اهل علم است. در هر حال خیمه‌های جبهه مجاهدت دانشگران در جهان سوم در فاصله عینی و انتظاری عقب تری از خط اول تلاش برای توسعه صرفا در حد پشتیبانی و حمایت و پایدار سازی توفیقات توسعه برپاست. به بیان دیگر توفیق در مسیر توسعه ملی و عمومی کشور، نباید و نمی‌تواند متکی و متوقف به پیشبرد و جلوداری جدی و موثر علم در جامعه باشد. چرا که تحققِ کارآمدی علمی در شرایط یک جامعه توسعه نیافته، متلاطم و حتی منزوی بسیار نامحتمل و حتی بعید و کاملا دور از دسترس است.

با این مقدمهٔ شاید خلاف انتظار، اکنون باید پرسید که اگر علم راهکار اصلی و محوری نیل به توسعه ایران نیست پس راه و طریق تحقق آرزو و آرمان توسعه ملی برای ما چیست؟ پاسخ خیلی کلی این پرسش، کوتاه و ساده است: تنها راهکار ممکن ما برای طی طریق راه پرچالش توسعه، توجه و تمرکز بر اقتصاد و توفیقات عرصه وسیع و عمیقا تاثرگذار آن است. واقعیت آن است که رونق بخشی اقتصادی، بسط تجارت و رقابت پذیری بین المللی اقتصاد ملی تنها راهکار موفق و آزموده و پرطرفدار نیل به توسعه برای کشورهایی چون ایران است. قریب به نیم قرن است که این نظریه در بسیاری از کشورهای در حال توسعه امروز مانند هند، چین، کره جنوبی، ترکیه، امارات، قطر، مالزی، تایوان، سنگاپور و مانند آن ها که به نسبت و مقتضای شرایط خود، از زمرهٔ کامیابان متاخر توسعه محسوب می‌شوند به خوبی آزموده شده و در عمل و نتیجه موفق بوده است. این کشورها خیلی زود و دوراندیشانه دریافتند که رسیدن به کاروان علم و فناوری بسیار سخت‌تر و دسترس‌ناپذیرتر از رسیدن به دیگر کاروان‌های بشری برای تدارک و ساختن زندگی موفق و آبرومند در دنیای امروز است پس فرصت از کف ننهادند و با تأکید بر اموری چون تجارت بین المللی، انتقال و آموزش فن‌آوری، تبدیل بهینه و با ارزش افزودهٔ منابع زیر زمینی، بسط و توسعه گردشگری با بهره‌گیری از ظرفیت‌های تاریخی، طبیعی، بومی و هنری، توسعه، تقویت و گسترش تولید و تجارت صنایع دستی، نیروی کار ارزان، همپیمانی و همکاری با صنایع برتر جهانی، تولید و توزیع منطقه‌ای، واسطه گری صادراتی، دعوت و جذب متخصص، سرمایه گذار، هنرمند، دانشمند، ایده پرداز و مانند آن به صحنهٔ گستردهٔ همکاری‌های وسیع بین‌المللی برای افزایش ثروت ملی و رونق و کامیابی اقتصادی پیوستند و از سازوکارهای مقدور آن با کفایت و دوراندیشی سیاسی و اجتماعی بهره بردند و در ذیل پویش‌ها و همبستگی‌های جهانی اقتصاد، سیاست و فرهنگ، در کمتر از چند دهه‌ای که ما معطل و گرفتار احوالی پریشان بودیم برای خود کلاهی از نمد زندگی عصری، نسلی و این زمانی دوختند و پوشیدند و فخر فروختند.

به این ترتیب، درست در همین چند دهه‌ای که این کشورها و گاه از نقطه های برزخی و آشفته‌ای، در پی بازاندیشی و بازآفرینی نسبت خود با همه چیز جهان بودند و راه‌های به نسبت سخت و بلند و موفقی را پیمودند ما درگیر و معطل ترجیح و انتخاب کلیشه‌های خود ساختهٔ فراوانی شدیم که فرصت‌های بیشماری را از کفمان ربودند و بر جایش حسرت نهادند. در این فاصله هم نه علم و نه دانشمندان، وزن و قوت قابل توجهی در کشور یافتند و نه اقتصاد ملی و توان تولید و ثروت آفرینی اقتصاد، قوت و قدرتی یافت. ماحصل آنکه در یک بلاتکلیفی راهبردی، همه چیزمان از علم و اقتصاد در مقابل رقبای قدرتمندی چون ایدئولوژی و سیاست به فنا رفتند و نمایندگانی از این دو حوزهٔ مسلط، هر طور که خواستند در همه میدان‌های تصمیم تاختند و همه رقیبان راه توسعه را

از صحنه خارج ساختند و در هیاهوی شعارها و هیجان‌هایی که آفریدند وصول به اهداف و آرمان‌های مبهمی چون تعالی و سربلندی کشور (به جای مفهوم تعریف شده و کلاسیک توسعه) را به دست با کفایت و منزه و بی رقیب خویش وعده دادند!

علوم پایه و توسعه علمی

پایه بودن «علوم پایه» براساس نقش شناختی آنها در منظومه دانش‌های تجربی و دقیق است و پیداست که مبنای هر درجه‌ای از بهره مندی و به کاربردن دانش، در وهله نخست وابسته به سطح و درجهٔ شناخت ما از جهان و پدیده‌ها و پدیدارهای آن است. با این توصیف و به اجمال ریاضیات، فیزیک، شیمی، علوم زیست و علوم زمین، در محورهای علوم پایه، هر یک به کشف و شناسایی چهره یا جنبه‌ای از جهان هستی می‌پردازند که خاص خودشان است و عناصر مورد بررسی و شناخت و شناسایی‌شان در موضوعات مورد بحثشان مطرح است. فیزیک به شناسایی و شناخت چهره فیزیکی جهان متشکل از پدیده‌هایی چون نور، سرعت، شتاب، ذرات بنیادی، گرانش و مانند آن می‌پردازد. شیمی به شناسایی و شناخت چهرهٔ شیمیایی جهان متشکل از پدیده هایی چون عناصر اولیه، آرایش عنصری، تجزیه و ترکیب مواد، مواد آلی، معدنی و مانند آن می‌پردازد. ریاضیات به شناسایی و شناخت چهره ریاضیاتی جهان متشکل از پدیده‌های نامحسوسی چون عدد، شکل، تابع، شمارش، اندازه، پیوستگی، گسستگی، بی‌نهایت، کران و مانند آن می‌پردازد. علوم زیست به شناسایی و شناخت تنوع حالت‌ها و جلوه‌های زیستی، گونه‌های حیات و مانند آن می‌پردازد و علوم زمین به شناسایی و شناخت کرهٔ زمین اعم از اجزاء سازنده و فرایندهای دگرگون ساز آن در طی تاریخ تکاملش چون سازندها، گسل‌ها، پوسته‌ها، رسوب‌ها، سنگ‌ها، چین خوردگی‌ها و مانند آن می‌پردازد. تحدید علوم پایه به این دسته محدود از علوم هم از آن روست که چهرهٔ تجربی و دقیق دیگری از جهان در معرض ادراک شناختی و دریافتی بشر نیست. با این تعریف پیداست که علوم مهندسی صرفا در ذیل کاربرد مفاهیم و عناصر مطالعاتی و شناختی علوم پایه می‌گنجند و از سرچشمه‌های شناختی علوم پایه ارتزاق می‌کنند و اگر علوم مهندسی به عنوان زایشگاه و مهد فناوری مهم هستند فراموش نبایدکرد که پشتیبان و تکیه گاه اصلی، علوم پایه است! همین توصیف اندک نشان می‌دهد که موقعیت علوم پایه در ساختمان علوم و راهبرد توسعه علمی از منزلت و مرتبهٔ اولی‌تر و مقدم‌تری در فهم و ادراک تشریحی و اکتشافی جهان برخوردار است و این دلیل اهمیت و اولویت پرداختن به آن است. به این ترتیب هر رویکردی در سمت و سوی نیل به توسعه علمی لاجرم از مسیر تقویت و تحکیم آموزش، پژوهش و ترویج علوم پایه در همه سطوح میگذرد. می‌توان بر ظرفیت علوم پایه برای تربیت و پرورش ذهنی و آموزشی نسل‌های نو، بویژه در عرصه آموزش عمومی نیز پرداخت و ارزش‌های آن را در ترویج دانایی و ارتقاء فرهنگی نیز واشکافت و از این منظر نیز بر اهمیت و تقویت علوم پایه در کشور افزود.

در معرض نقد و نظر

تجربه قریب نُه دهه حضور دانشگاه در ایران و انتظارهای فراوان برآورده نشده‌ای که در مقابلش نهاده شده نشان می‌دهد که با همه زحمت‌های ارزنده و ذی‌قیمتی که برای برومندی این نهاد کشیده شده است نظام علمی ما آنطور که باید و شاید پاسخگوی انتظارها نیست. واقعیت آن است که بعد از گذشت این همه سال از زحمت‌های صادقانه و سخت کوشانه چند نسل در این نهاد، هم اکنون از چند سو، دانشگاه و دانشگاهیان در معرض انتقاد قرار دارند. انتقادهایی که نشانی از وجود یک بحران جدی در نسبت ارزش‌های متقابل علم، دانشگاه و جامعه در ایران امروز است [۲].

در یک جبهه انتقادی، بخش هایی از مردم و رسانه‌ها قراردارند. این جبهه لااقل دو دهه است که مسئولیت دانشگاه در قبال کندی یا قهقرایی سیر توسعه در کشور را با پرسش‌های انتقادی و شماتت آمیز چندی، اینگونه هدف گرفته است:

• چرا با همه هزینه‌های تاریخی و هنگفتی که برای دانشگاه صرف شده است و می شود این نهاد به نیازهای روزآمد توسعه کشور بی اعتناست تا این همه مشکل چون اقتصاد فقیر و نامولد گریبانگیر کشور نشود؟

• چرا دانشگاه به صنعت ملی کشور، خدمات فنی و راهکارهای علمی مورد نیازش را عرضه نمی‌کند تا به طور مثال صنعت خودرویی ما اینطور در تنگنای فقر فن‌آوری و اضمحلال اقتصادی قرار نگیرد؟ چرا دانشگاه با صنایع کشور همکاری نمی‌کند و نیازهای تحقیقاتی آنها را برآورده نمی‌کند؟

• چرا دانشگاه نسبت به سیاستگذاری‌ها و مدیریت‌های انتقادپذیر کشور به طور مثال در موضوع آمایش سرزمین، اولویت‌های سرمایه‌گذارها و طرح‌های کلان عمرانی بی‌موضع و بی اعتناست؟

• چرا فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی دانشگاه گرداگرد نیازها و مسئله‌های مبتلا به کشور شکل نگرفته‌اند و هیچ یک از مسئله‌های درگیر و مزمن جامعه چون معضل حمل‌ونقل (شهری و بین شهری)، آلودگی آب و هوا، فرونشست زمین،

بحـران آب و خشکسـالی، مدیریـت بهداشـت و سـلامت و ماننـد آن‌هـا در دانشـگاه مـورد واکاوی و چـاره اندیشـی‌های علمـی دقیـق قـرار نمی‌گیرنـد و هدایت و روشـنگری نظری ایـن امور در دانشـگاه انجـام نمی‌شـود؟

• چـرا دانشـگاه بـی اعتنـا بـه نیازمندی‌هـای جامعـه خـود بـه آمـوزش و پژوهـش علومـی می‌پـردازد که بـه طور عمده ناشـی از مسـئله‌های جامعـه و تمـدن غربـی هسـتند؟

• چـرا کار دانشـگاه محـدود بـه تولیـد انبـوه مدارکی شـده اسـت کـه بسـیاری از دارندگانـش هنـری جز پشـت میز نشـینی و انتظار و ادعـا ندارنـد و از دانـش موثـر و مهـارت و تخصص‌هـای کارآمد و مفیـد کـم بهره‌اند؟

در یـک جبهـه انتقادی دیگـر مدیران و سیاسـتگذاران عالی دولتی و کشـوری قـرار دارنـد کـه از دانشـگاه منتقـد دولـت و حکمرانـی ناخوشـنودند و وظیفه دانشـگاه و دانشـگران را محدود به همراهی و پشـتیبانی از سیاسـت‌های عمومـی دولـت می‌داننـد و در حـد ایـن اطاعـت ورزی یـا سـکوت، سـازوکارهای اجرایـی، مدیریتـی و مناسـبات علمـی، آموزشـی و پژوهشـی دانشـگاه را پشـتیبانی می‌کننـد. برخـی از انبـوه مدیرانـی کـه خود بـه لطایـف الحیلی در حاشـیه فعالیت‌هـای مدیریتـی، سیاسـی و خانوادگی، مـدرک عالی رتبـه‌ای نیـز بـرای خود کارسـازی و مهیـا کرده‌اند به تصـور اینکه لابـد هـر مـدرک عالـی علمـی دیگـر نیـز با چنیـن فـوت و فن‌ها و صلاحیت‌هـا و زحمت‌هایـی بدسـت می‌آینـد بـا تضییق مسـتمر حقـوق و اختیـارات دانشـگاهیان، آنهـا را مـورد ایـن انتقـاد قـرار می‌دهنـد کـه اینهـا مگـر چـه می‌کنند، جـز چند سـاعت تدریس و تولیـد چنـد مقالـهٔ بـرای مجـلات خارجی کـه اگر فایـده‌ای هم داشـته باشـد بـرای آنهـا دارد؟! برخـی از مدیـران هـم بخشـی از ضعف‌هـا و مصیبت‌هـای صنعـت را بـر گـردن عافیـت طلبـی و آسـوده خواهـی دانشـگاه بـا تمرکز افراطـی بر فعالیت‌هـای نظری و پژوهشـی محـض می‌اندازنـد و انتقـاد می‌کننـد که چرا دانشـگاه بـا صنعـت همـکاری نمی‌کنـد و پژوهش‌هـای مورد نیـاز صنعت را اجـرا نمی‌کنـد تـا کمکـی بـرای گشـودن گره‌هـای فـن‌آوران و تولید باشـد!!

در مواجهـه بـا ایـن انتقادها هرچند که هـر موردی را بایـد به طور دقیـق واکاویـد و تمـام اجـزاء و محتوایش را به نحو دقیق تشـریح و بررسـی کـرد و پاسـخ دقیـق داد و ایـن وظیفـه، در ایـن فرصت نمی‌گنجـد امـا در یـک پاسـخگویی اجمالـی باید گفـت که بخش نخسـت منتقدیـن یعنـی مـردم و رسـانه‌ها، همـهٔ دردهـا، قصه‌هـا و غُصه‌هـای دانشـگاه را نمی‌داننـد! بـه طـور مثال مـردم از موضع ضعیـف و انفعالـی و لاجرم دانشـگاه در سیاسـتگذاری‌های توسـعه ملـی حتـی در حـد تامیـن حمایـت از نهـاد علـم در خدمـت عموم بی‌اطلاعنـد در نتیجـه انتظاراتـی از دانشـگاه دارنـد کـه هرچنـد در مقایسـه بـا کارکـرد دانشـگاه در یـک کشـور توسـعه یافتـه نـا حـق و نـا بجـا نیسـت امـا هیـچ تناسـبی بـا سرگذشـت تکوینـی و نیـز اختیـارات و مرتبـه اسـتقلال مالـی و حقوقـی دانشـگاه در ایـران نـدارد. از بـاب تشـبیه آیـا در دنیـای ورزش‌هـای قهرمانـی می‌تـوان قهرمـان شـدن و کسـب رتبه‌هـای بیـن المللـی هر یک از ورزشـکاران یـا تیم‌هـای ورزشـی را بـه صـرف زحمـت و همت و غیـرت ورزشـکاران واگذاشـت و در عین حـال از بـرآوردن انواع نیازمندی‌هـای متنـوع ورزش چـون مربیـان و مدیـران کارآزمـوده ملـی و بیـن المللـی، تجربـه انـدوزی در رقابت‌هـا و همکاری‌های ملـی و بیـن المللـی و انـواع پشـتیبانی‌های مالـی و حقوقـی و قانونـی و ماننـد آن دریـغ کـرد. ایـن دقیقـا بخشـی از شـرایطی اسـت کـه نهـاد علم و دانشـگاه در طـی چند دهـه اخیـر در ایران گرفتـار آن بـوده اسـت. بـه اجمـال بایـد گفـت کـه دانشـگاه نهاد فقیـری اسـت و از پشـتیبانی و بودجه‌هـای پژوهشـی و آموزشـی آبرومنـدی برخـوردار نیسـت، از امـکان و فرصت فـوق العاده مهم معاشـرت‌ها و همکاری‌هـای بیـن المللـی محـروم اسـت. زمینـه هـای اجتماعـی و روانـی تمرکـز آرمانـی بـر کار و فعالیت‌هـای علمـی و پژوهشـی، بـه هـزار دلیـل در فضـای دانشـگاهی فراهم نیسـت. امیـد به آینـده و انگیزه‌های علـم ورزی در معرض لطمات و آزردگی‌هـای گرانبار اسـت. مهاجـرت لطمه تدریجـی مهلکی بر جـان نهـاد علـم در ایـران زده اسـت. نهـاد دانشـگاه در فشـار و تحمیـل سیاسـتگذاری اجتماعـی و اقتصـادی آسـیب زا بـه چیزی در حـد یـک پایانـه و توقفـگاه تاخیـری نسـلی و مقصـدی بـرای بـازار مـکارهٔ مـدرک فروشـی فـرو کاسـته و تحقیـر شـده اسـت. گسـتردن بـی پایـان بنگاه‌هـای شـبه علمـی در مقابـل نهادهـای اصیـل و کلاسـیک علمـی، لطمـه مهمی بـه تن نحیـف و ضعیف علـم در کشـور زده اسـت. در اینصـورت آیـا دانشـگاه، همچنان با ایـن حجـم از آوار و تندبـاد نامـرادی هـا و لطمه‌هـا می‌توانـد از عهـده و انتظـار قهرمانـی در رقابـت هـای جهانی علـم و دانش و فـن‌آوری برآید و پاسـخگوی طیف وسـیع و البته به حـق نیازهای روزامـد جامعه باشـد؟

در پاسـخ بـه انتقادهـای جبهـه مدیـران دولتی، نخسـت باید گفت کـه نقـد، پایـه و بنیـاد نوآوری‌هـا و نوسـازی‌های دنیـای مـدرن اسـت [۳،۴،۵]. نقـد، جـان مایـه حرفـه دانشـگاهی بـرای نیل به خلاقیـت و اندیشـه‌های زاینـده اسـت [۷]. نقـد، یکـی از عوامـل مهـم نوآفرینـی، بازآفرینـی و عـزم و برنامـه برای اصـلاح و ارتقاء امـور اسـت. زایـش و آفرینـش علمی، فرزنـد نقد علمی نسـبت به داشـته‌ها و فرض‌هـای کهنهٔ پیرامونی اسـت. نقد علمـی در حصار گذشـته نمی‌مانـد و متوجـه سـاختن آینـده اسـت و بـا ایـن نـگاه عرصـهٔ جامعـه را از انرژی‌هـای زاینده و نوآور و امیـدوار خود بهره منـد می‌سـازد. بـه ایـن ترتیـب حرکت در سـمت و سـوی تحدید روحیـه انتقـادی دانشـگاه، یکـی از روندهـای مخـرب وظایـف و

ظرفیت‌های سازندهٔ جبهه علم در کشور است و از اقتدار و کارآمدی‌های بالقوه و بالفعل‌ان می‌کاهد. بهینگی مدیریت و حکمرانی کشور در گرو تحمل گفتگوهای انتقادی و اصلاحگر با دانشگاه است. در دنیای توسعه یافته، علم آموزی و علم ورزی تخصصی، اغلب یک حرفه تمام وقت و متمرکز است و شکوفایی آن تنها به شرط چنین تمرکز و تعمق‌هایی حاصل می‌شود. مدارک اصیل دانشگاهی جز با صرف ایثارگرانه بهترین سال‌های عمر و جوانی بدست نمی‌آیند. حجم کار و تکالیف آموزشی، پژوهشی، اجرایی و تربیتی دانشگاهیان بسیار فراتر از حد تصور برخی از مدیران است. عیار سنجی کارآمدی دانش‌آموختگان و علم و پژوهش دانشگاهی در چارچوب سیاست‌های پر آسیب و آفت آموزش عمومی، آموزش عالی و بداحوالی سیاست و اقتصاد و اخلاق، جای بحث و جدل بسیار دارد که ساده سازی آن به تقصیر دانشگاه جز عوام‌گرایی از برای کارکردهای فرصت طلبانه مقصود دیگری با خود ندارد.

جبهه انتقادی سوم

جبهه انتقادی سوم جبهه گسترده‌ای در درون دانشگاه و از بین دانشگاهیان است که معتقدند با همه دستاوردهای قابل تقدیر نظام دانشگاهی در هر دو حوزه آموزشی و پژوهشی، به علاوه حضور خلاقانه و آرمان خواهانه دانشگران در میدان همه فعالیت‌های مقدور و میسر علمی پژوهشی، یکی از وظیفه‌های غیر قابل گریز ما، خود انتقادی و شناسایی نقطه‌های ضعف و آسیب پیش آمده در عرصه علم کشور است. شرحی از انتقادهای این جبهه از این قرار است:

• نظام علمی و دانشگاهی خود را به آموزش و پژوهش در حوزه‌های کلاسیک محدود کرده است و از علوم بین رشته‌ای مورد اقبال و مورد نیاز روز دنیا فاصله دارد و آماده هیچ دگردیسی و تحولی در این زمینه نیست! این ضعف با نگاهی به فراخونی‌های شغلی شرکت‌های ملی و بین المللی و نیز دانشگاه‌های بین المللی برای جذب هیات علمی که دانش آموختگان معمول دانشگاه‌های ما از فرصت‌های انتخاب چندانی در میان آن‌ها برخوردار نیستند مشهود است. با وجود اینکه لااقل از یک دهه پیش توجه به حوزه‌های بین رشته‌ای در دستور کار مراکز علمی قرار گرفتند اما عملا و تا به حال اقدامات موثری در این زمینه نشده است و در بسیاری از دانشگاه‌های ما هیچ ردی از حضور تخصص‌های بین رشته‌ای موجود نیست. دلیل اصلی البته ارتباط ضعیف و بسیار محدود همه چیز کشور از عرصه عمومی تا دانشگاه و صنعت و اقتصاد ملی با دنیای امروز است. در واقع ما با پیله‌ای که پیرامون خود تنیده‌ایم معلق و درمانده احوال گذشته دانشگاه هستیم و برای برآوردن نیازهای روز امد از علم آمادگی چندانی پیدا نکرده‌ایم.

• آموزش و پژوهش دانشگاهی ما ماخذ و تکیه گاه انگیزه بخش و هدایتگری در بیرون از خود ندارد تا مولد پویایی‌ها، نوآوری‌ها و سمت گیری‌های تازه ای در راه و رسم‌های سنتی و رایجش باشد. به این ترتیب الگوها و برنامه های محدود و سنتی دانشگاه‌ها همیشه در حال تکرار خود هستند و فقط تغییرات گاه به گاه برنامه‌های درسی ابلاغی از وزارت است که موجب تغییرات اندکی در نام و محتوای دروس و برنامه‌های آموزشی و احیانا پژوهشی می‌گردد.

• قریب به اتفاق پژوهش‌های دانشگاهی با نام و عنوان تلاش برای پیشبرد مرزهای دانش انجام می‌گیرد. اما خیلی بیشتر از آنکه چنین تلاش‌هایی فرصتی برای حضور در یک همکاری و بهره مندی بین المللی برای چنین اهداف عالی مرتبه‌ای باشند در بستر ریزه خواری از سفره‌های گشوده پژوهش‌ها و نشریات علمی بین المللی در کشتی بی بادبان و بی قطب نمایی [۶] به رفع تکلیف افزایش امارها و مستندات مورد نیاز برای ترفیع و ارتقا شغلی و مراجع رسمی تبلیغاتی می‌پردازند. طبیعی است که این سطح و توقع از فعالیت‌های علمی تناسبی با انتظارات ذاتی و آرمانی دانشگاه ندارد و این روند با تشدید بیگانگی‌های عافیت جویانه از مسائل ریز و درشت پروژهٔ توسعه، انتقاد پذیری دانشگاه در مواجهه با جامعه را بیش از پیش تشدید می‌کند. در چارچوب چنین روندهایی همراه با عرفی شدن مستمر کار و حرفه دانشگاهی، آرمان جویی‌های علمی در روح و روان و باور دانشگاه‌های ما هر روز کمرنگ‌تر از پیش می‌شود.

• افول شدید انگیزه و امید ناشی از زمینه‌های اجتماعی پرآسیب، تاثیر ویرانگری برکارکرد و ظرفیت‌های بالقوه دانشگاهی وارد آورده است و روز شماری برای اخذ پذیرش علمی و مهاجرت دانش آموختگان را به روال رایجی در تقریبا همه دانشگاه‌ها بدل ساخته است. این شرایط جز افزایش ناکامی‌های علمی نتیجه دیگری در بر ندارد و برنامه و تدبیر چاره سازی هم برای مقابله با آن در دست نیست.

• رَویه‌های اغلب صوری و اداری بسیاری از معیارهای رشد و برجستگی علمی در مراکز علمی کشور، مستند به داوری‌های جامعه ملی و جهانی علم نیست و به طور خاص مبتنی بر سنت علمی ارزیابی همتایان قرار ندارد. این رَویه موجهی در جهان علم نیست و با همه زحمت خود، بر کارنامه‌های رقابت پذیر دانشگاه‌ها در عرصه جهانی نمی‌افزاید.

• تبعیت از روال‌های تدریجی، تکوینی و هدف‌گرای تاسیس و گسترش نهادهای علمی و مراکز دانشگاهی در کشور محل اعراب چندانی ندارد و در موارد مکرر و متعددی درست بر خلاف این سنت، هر از چندگاهی مراکز شبه علمی متعددی با

شعبه‌های خوشه‌ای ریز و درشتی تاسیس می‌شوند و به چشم بر هم زدنی از انواع حمایت‌های قانونی و حقوقی برخوردار و داعیه‌دار انواع ادعاهای علمی و اجرایی می‌شوند. چنین سیاست‌هایی، زمینه‌های رشد و شکوفایی علم را بیش از پیش سست می‌کنند.

• به قرینه رویه‌های معمول در فناوری و صنعت، تمایل زیادی در کار مدیریت‌ها و سیاستگذاری‌های علمی کشور است که راه‌های طولانی پیچیدهٔ ظریف پُراجزاء و پراسرار درعلم و اندیشه و فن آوری، خیلی سریع و تعجیلی و میان‌بُر، درست مثل یک مهندسی معکوس، با به کار بستن انواع و اقسام نیرنگ‌ها، ترفندها و زرنگی‌ها طی شوند تا به کرسی و منزل و دستاورد قابل عرضه و فروش و تبلیغی برسند. محصول چنین روندهایی چیزی جز تخفیف و تحقیر ارزش‌های علمی نیست. القاء آرمان و آرزوی مرجعیت علمی و یا رتبه بندی‌های عجیب در برخی رشته‌ها و فناوری‌ها به استناد آمار سازی‌های گاهی زرد و جعلی، بخشی از چنین آرزوها و هدف‌گذاری‌های متوهمانه هستند.

• خبرگی در مهندسی فنون، عالی‌ترین محصول و کارآمدی نظام دانشگاهی ما تلقی می‌شود و اندیشه ورزی، اصالت و خلاقیت، شان و وزن عمیقی در کارکرد این نهاد ندارد. ملاحظهٔ اصالت، کیفیت، جوهره، عیار، حقوق معنوی و مانند آن در بازار مکاره و گستردهٔ مدرک گرایی‌های فضل فروشانه و رانتی، بسیار اندک است و گناه آن به حساب همه می‌رود حال آنکه درعرصه‌های فراوانی البته چنین نیست.

• دانشگران و پژوهشگران اصیل و برجستهٔ خود بنیاد در دانشگاه‌های ما بسیار اندک و منزوی هستند. روند مهاجرت نخبگان پیشرو دانشگاهی لطمه کاری عمیقی به نظام علمی کشور زده است و هیچ مرجعی به روند رو به رشد و شدت آن اعتنای موثری نمی‌کند.

• سکانداری، رهبری و ارشدیت علمی در نظام علمی ما، مسکوت، معلق و یا در حاشیه است و وزن و قدر و عزت چندانی ندارد حال آنکه این معیار یکی از محورهای پویایی و شادابی شاکلهٔ علم در جهان توسعه یافته است.

• یکی از آسیب‌های امروز نظام دانشگاهی ضعف فضای نقادی، اجتهاد، بالندگی، متفاوت بودن و استقلال اندیشه در ذیل استیلای صحنه رقابت‌ها و ارجحیت‌هایی است که فقط به کلیشه‌ها و فرمالیسم‌های اداری متکی هستند و در دنیای اصیل علم جایگاهی ندارند. در بحران نگرانی‌های ناشی از چنین شرایطی، محافظه‌کاری‌ها و انزواهای ناخودآگاه و لاجرم تحمیلی بر بسیاری از ظرفیت‌های استقلال و رهبری علمی در دانشگاه‌ها خسارت بار است.

موارد پیش گفته از موضع جبهه سوم گزارشی از رَویه‌ها و سنت‌های تقریباً غالبی در اکثر دانشگاه‌ها و مراکز علمی کشور است و ماحصلش آنکه زندگی علمی و دانشگاهی در جامعه امروز ما، پر از نشانه‌های گسستگی و بی‌صدایی و بی‌هدفی و بی‌سرانجامی و از آن بدتر و مُهلک‌تر، ابتری و ناامیدی و بی‌آرمانی است. در چنین شرایطی دور نیست که این آسیب‌ها، جان و تن نسل‌های جوان کشور را هم به عوارض و ویروس‌های روحی خود آلوده سازند و سرمایه‌های معنوی آینده کشور را حتی فقیرتر از اکنون سازند (به قرینهٔ همان هشداری که به کرات در حوزهٔ پزشکی نیز داده می‌شود). پیداست که گفتگو دربارهٔ اجزاء ریز و درشت و مصداق‌های هریک از ردیف‌های این انتقادات گامی ضروری در سمت و سوی هر تغییر و اصلاح موثر و موفقی در بازسازی و بهبودی احوال علم در کشور است. نکته آخر اینکه قصد، از برجسته کردن این انتقادات، در عین اعتقاد نگارنده به داشته‌ها و دستاوردهای آبرومند و اصیل و افتخارآمیز بسیار نهاد دانشگاه، چیزی جز امید و آرزو برای بهبودی‌های هرچه بیشتر و زودهنگام‌تر نیست. بی‌تردید دانشگران از زمرهٔ پشتیبانان اصلی هر برنامهٔ توسعه گرا در کشور هستند و بدون مشورت و همفکری و همراهی موثر آنها ممکن است که طرح‌های عمرانی و تاسیساتی کلان کشور به طرح‌هایی موضعی و کم دامنه و ناپایدار و حتی فرصت طلبانه فروکاسته شوند و از بلند نظری‌های مورد انتظار توسعه پایدار بی‌نصیب باشند.

منابع:

۱. وستفال، ریچارد، تکوین علم جدید، ترجمه عبدالحسین آذرنگ، رضا رضایی، طرح نو، ۱۳۷۹.
۲. قانعی راد، محمد امین، ناهمزمانی دانش، روابط علم و نظام های اجتماعی–اقتصادی در ایران، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، ۱۳۸۲.
۳. جهانبگلو، رامین، نقد عقل مدرن.، مترجم: حسین سامعی، نشر فروزان روز، ۱۳۸۵.
۴. کیانی، شهرام، نقد چیست، نسبت نقد و دوران مدرن و تجدد چیست؟ ایران آکادمیا، شماره ۱، ۱۳۹۶، ۳۴-۲۶.
۵. گیدمن، رابرت، درباره نقد، مترجم: الهام دادرس، ۱۳۶۸، انتشارات اندیشه.
۶. منصوری، رضا، معماری علم در ایران، نشر دیبا، ۱۳۸۹.

7. Barnett, Ronald, Higher Education: A Critical Business, Open University Press, 1997.

تغییر اقلیم و چالش‌های امروز ایران

مهدی زارع
پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
عضو وابسته و رئیس شاخه زمین شناسی فرهنگستان علوم.
mzare@iiees.ac.ir
نامه علوم پایه شماره ۶، تابستان ۱۴۰۱

چکیده

میزان دی اکسید کربن موجود در جو از سال ۱۹۵۸ تا سال ۲۰۲۰ حدود ۲۵ درصد و پس از انقلاب صنعتی حدود ۴۰ درصد افزایش یافته است. انتظار می‌رود میانگین دمای جهانی در چند دهه آینده به $2^{\circ}C$ (در بعضی برآوردها $3^{\circ}C$) افزایش یابد یا از آن فراتر رود. این تغییرات تمام مناطق زمین را تحت اثر خود قرار خواهد داد. ایران در دهه‌های آینده با افزایش حداقل $2,6^{\circ}C$ میانگین دما و کاهش ۳۵ درصدی بارندگی مواجه خواهد شد. ایران از نظر انتشار گازهای گلخانه ای مسئول بیشترین انتشار در خاورمیانه و از این نظر هفتمین کشور جهان است. سهم سطح بالای ایران در انتشار گازهای گلخانه‌ای به تولید و مصرف قابل توجه نفت، گاز و شهرنشینی سریع مربوط می‌شود. تغییر در الگوهای آب و هوا می‌تواند زندگی را در معرض خطر قرار دهد. گرما یکی از مرگبارترین پدیده‌های جوی است. با افزایش دمای اقیانوس‌ها، طوفان‌ها قوی‌تر و مرطوب‌تر می‌شوند که می‌تواند باعث مرگ مستقیم و غیرمستقیم جانداران شود. شرایط خشک منجر به آتش‌سوزی‌های جنگلی بیشتر می‌شود که خطرات زیادی برای سلامتی دارد. بروز بیشتر سیل می‌تواند منجر به گسترش بیماری‌های ناشی از آب، جراحات و خطرات شیمیایی شود. با گسترش دامنه جغرافیایی پشه‌ها و کنه‌ها، آنها می توانند بیماری‌ها را به مکان‌های جدید منتقل کنند. پدیده مونسون اقیانوس هند که عمدتا به مناطق ساحلی محدود بود اکنون در سال ۱۴۰۱، مناطقی تا شمال هندوستان (هیمالایا) و شمال ایران (البرز) را تحت اثر قرار می‌دهد و موجب خسارت‌های جانی، آسیب به منابع غذایی، و در نتیجه تهدید سلامت مردمان بیشتری شده است.

کلیدواژگان: تغییر اقلیم، گرمایش جهانی، ایران، البرز، موسمی، دی اکسید کربن.

تغییر اقلیم به تغییرات طولانی مدت دما و الگوهای آب و هوایی اشاره دارد که ممکن است طبیعی باشند، اما از نیمه قرن هجدهم، فعالیت‌های انسانی عمدتاً به دلیل سوزاندن سوخت‌های فسیلی (مانند زغال‌سنگ، نفت و گاز)، که گازهای به دام اندازنده گرما را تولید می‌کند، عامل تغییرات اقلیمی بوده‌اند. این تغییرات اثرهای گسترده‌ای بر محیط زیست داشته است: یخچال‌ها و ورقه‌های یخی در حال کوچک شدن هستند، یخ رودخانه‌ها و دریاچه‌ها زودتر تجزیه می‌شوند، محدوده‌های جغرافیایی گیاهی و جانوری در حال تغییر هستند و درختان زودتر شکوفا می‌شوند.

اثرهایی که دانشمندان مدت‌ها پیش‌بینی می‌کردند که بعدا از تغییرات آب و هوای جهانی ناشی می‌شود، اکنون در حال رخ دادن است، مانند از بین رفتن یخ دریاها، افزایش سریع سطح آب دریاها و امواج گرمای طولانی‌تر و شدیدتر. در مجموع، طیف وسیعی از شواهد منتشر شده نشان می‌دهد که هزینه خالص خسارت ناشی از تغییرات اقلیمی قابل توجه است و در طول زمان افزایش می‌یابد.

سطح دریا از ۱,۷ میلی متر در سال در بیشتر سال‌های قرن بیستم به ۳,۲ میلی متر در سال از سال ۱۹۹۳ به بعد افزایش یافته است. یخچال‌های طبیعی در حال کوچک شدن هستند. ضخامت متوسط ۳۰ یخچال طبیعی که به خوبی مطالعه شده‌اند از سال ۱۹۸۰ بیش از ۱۸ متر کاهش یافته است. منطقه تحت پوشش یخ دریا در قطب شمال در پایان تابستان از سال ۱۹۷۹ حدود ۴۰ درصد کوچک شده است. میزان دی اکسید کربن موجود در جو از سال ۱۹۵۸ تا سال ۲۰۲۰ حدود ۲۵ درصد و پس از انقلاب صنعتی حدود ۴۰ درصد افزایش یافته است.

برف در مقایسه با میانگین بلندمدت زودتر آب می‌شود. سیل اکنون یک مخاطره رو به افزایش است زیرا آب و هوای ما در حال تغییر است. در مقایسه با آغاز قرن بیستم، بارندگی‌های غیرعادی شدیدتر و مکررتر در بیشتر مناطق دنیا و به ویژه ایران رخ می‌دهد. خشکسالی نیز رایج‌تر و شدیدتر می‌شود. انسان‌ها از آب بیشتری به خصوص برای کشاورزی استفاده می‌کنند. درست مانند زمانی که هوا گرم است، بیشتر عرق

می‌کنیم، دمای هوای بالاتر باعث از دست دادن یا تعریق آب بیشتر گیاهان می‌شود، به این معنی که کشاورزان باید به آنها آب بیشتری بدهند. هر دو اینها نیاز به آب بیشتر را در مکان‌هایی که ذخایر آب در حال کاهش است برجسته می‌کنند.

برف منبع مهم آب شیرین برای بسیاری از مردم است. با ذوب شدن برف، آب شیرین برای استفاده در دسترس می‌شود، به ویژه در مناطقی مانند ایران که در آن در ماه‌های گرم‌تر بارندگی زیادی وجود ندارد. اما با گرم شدن دما، به طور کلی برف کمتری می‌بارد و برف در اوایل سال شروع به ذوب شدن می‌کند، به این معنی که برف ممکن است منبع مطمئنی برای تامین آب برای کل فصول گرم و خشک نباشد.
برخی از تغییرات (مانند خشکسالی، آتش سوزی، و بارندگی شدید) سریعتر از آنچه دانشمندان قبلا ارزیابی کرده بودند رخ می‌دهند. پانل بین الدول تغییرات اقلیمی(IPCC) – نهاد سازمان ملل متحد که برای ارزیابی علمی تغییرات اقلیمی تأسیس شده است - مشخص کرده است که انسان‌های مدرن قبلاً هرگز تغییرات مشاهده شده در آب و هوای جهانی ما را ندیده‌اند و برخی از این تغییرات تا هزاران سال آینده غیرقابل برگشت هستند.

گرم شدن زمین

دانشمندان اطمینان زیادی دارند که دمای کره زمین برای چندین دهه به افزایش خود ادامه خواهد داد، که عمدتاً به دلیل گازهای گلخانه ای تولید شده توسط فعالیت‌های انسانی است.
ششمین گزارش ارزیابی پانل بین الدول تغییر اقلیم IPCC[1] که در سال ۲۰۲۱ منتشر شد، نشان داد که انتشار گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر از زمان پیش از انقلاب صنعتی (از سال ۱۷۵۰) تاکنون اقلیم را نزدیک به $1,1^{\circ}C$ گرم کرده است. انتظار می‌رود میانگین دمای جهانی در چند دهه آینده به $2^{\circ}C$ (در بعضی برآوردها $3^{\circ}C$) افزایش یابد یا از آن فراتر رود. این تغییرات تمام مناطق زمین را تحت اثر خود قرار خواهد داد.

مفهوم دمای متوسط برای کل کره زمین ممکن است عجیب به نظر برسد. به هر حال، در همین لحظه، بالاترین و کمترین دما روی زمین احتمالاً بیش از $55^{\circ}C$ از هم فاصله دارند. دماها از شب به روز و در شدیدترین زمانها طی فصل‌ها در نیمکره‌های شمالی و جنوبی متفاوت است. این بدان معناست که برخی از نقاط زمین کاملا سرد هستند در حالی که بخش‌های دیگر کاملاً گرم هستند. با این حال، مفهوم اندازه میانگین دمای جهانی طی زمان برای تشخیص و ردیابی تغییرات در بودجه‌بندی انرژی زمین – چه مقدار نور خورشید را زمین جذب می‌کند منهای مقداری که به عنوان گرما به فضا می‌تابانند - مفهومی مفید است. تجزیه و تحلیل داده‌های دمای سطحی روند صعودی مشابهی برای همه اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد.

دمای سطح زمین در هر سال از ۱۹۰۰ تا ۲۰۲۰ در مقایسه با میانگین ۱۹۸۱–۲۰۲۰، بر اساس تاریخچه دمایی زمین روندی افزایشی دارد. بر اساس گزارش اقلیمی ۲۰۲۱، علیرغم اثر خنک کنندگی الگوی آب و هوای لانینا در اقیانوس آرام استوایی، هر ماه سال ۲۰۲۱ گرمتر از میانگین بود. «خنک‌ترین» ماه فوریه/ بهمن–اسفند بود که $0,65^{\circ}C$ گرمتر از میانگین بود. دمای بقیه سال بیش از $0,08^{\circ}C$ گرمتر از میانگین بود.

سال ۲۰۲۱ با دمای $0,84^{\circ}C$ بالاتر از میانگین قرن بیستم، به عنوان ششمین گرمترین سال پی در پی ثبت شده کره زمین بود. سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۱۳ همگی جزو ده تا از گرم‌ترین سال‌های ثبت شده قرار دارند. سال ۲۰۲۱ همچنین چهل و پنجمین سال متوالی (از سال ۱۹۷۷) با دمای جهانی، حداقل به صورت اسمی، بالاتر از میانگین قرن بیستم بود. دمای ترکیبی زمین و اقیانوس از سال ۱۸۸۰ به طور متوسط. $^{\circ}C$ ۰,۰۸ در هر دهه افزایش یافته است. با این حال، میانگین افزایش از سال ۱۹۸۱ در حد $0,18^{\circ}C$یعنی بیش از دو برابر این نرخ بوده است.

میزان گرم شدن زمین در آینده به میزان دی اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه ای که در دهه‌های آینده در اتمسفر منتشر می‌کنیم بستگی دارد. امروزه، فعالیت‌های ما – سوزاندن سوخت‌های فسیلی و تخریب جنگل‌ها – هر سال حدود ۱۱ میلیارد متریک تن کربن (معادل کمی بیش از ۴۰ میلیارد متریک تن دی‌اکسید کربن) به جو اضافه می‌کند. (یک متریک تن دی اکسید کربن، کره ای به قطر حدود ۱۰ متر را پر می‌کند). ازآنجایی که کربن بیش از حد قابل حذف در فرآیندهای طبیعی است، دی اکسید کربن اتمسفر هر سال افزایش می‌یابد.

تفاوت بین تغییر اقلیم و گرم شدن کره زمین چیست؟

شدت اثرهای ناشی از تغییرات اقلیمی به مسیر فعالیت‌های آینده بشر بستگی دارد. انتشار بیشتر گازهای گلخانه‌ای منجر به رخدادهای فرن (حدی) آب و هوایی و اثرهای مخرب گسترده در سراسر سیاره خواهد شد. با این حال، این اثرهای آینده به

1. Intergovernmental Panel on Climate Change

مقدار کل دی اکسید کربنی که منتشر می‌کنیم بستگی دارد. بنابراین، اگر بتوانیم انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهیم، ممکن است از برخی از بدترین اثرها جلوگیری کنیم.

در مورد تغییرات اقلیمی ناشی از فعالیت انسان به عنوان چیزی که در آینده اتفاق می‌افتد فکر می‌کنیم ولی این موضوع روندی مداوم است. امروزه اکوسیستم‌ها و جوامع در سراسر جهان تحت اثر تغییرات اقلیمی قرار گرفته‌اند.

تغییرات آب و هوا به چیزی بیش از افزایش دما اشاره دارد و شامل افزایش سطح دریا، تغییرات در الگوهای اقلیمی مانند تغییر در شدت و تکرار رخداد خشکسالی و سیل است. آب، انرژی، حمل و نقل، حیات وحش، کشاورزی، اکوسیستم‌ها و سلامت انسان - اثرهای تغییرات اقلیمی را تجربه می‌کنند. اثرهای تغییر اقلیم بر بخش‌های مختلف جامعه به هم مرتبط است. خشکسالی می تواند به تولید غذا و سلامت انسان آسیب برساند. سیل منجر به گسترش بیماری و آسیب به اکوسیستم‌ها و زیرساخت‌ها میشود. مسائل مربوط به سلامت انسان می‌تواند مرگ و میر را افزایش دهد، در دسترس بودن غذا را تحت اثر قرار دهد و بهره وری کارگران را محدود کند. اثرهای تغییر آب و هوا در تمام جنبه‌های جهانی که ما در آن زندگی می‌کنیم دیده می‌شود. با این حال، اثرهای تغییر آب و هوا در سراسر کشور و جهان نابرابر است – حتی در یک جامعه واحد، اثرهای تغییر آب و هوا می‌تواند بین محله‌ها یا افراد متفاوت باشد. نابرابری‌های اجتماعی- اقتصادی طولانی مدت می‌تواند گروه‌های محروم را که اغلب بیشترین معرضیت را در برابر خطرات و کمترین منابع را برای واکنش دارند، آسیب‌پذیرتر کند.

ایران و تغییرات اقلیمی

ایران در دهه‌های آینده با افزایش حداقل $2,6^{\circ}C$ میانگین دما و کاهش ۳۵ درصدی بارندگی مواجه خواهد شد. ایران با انتشار مجموع گازهای گلخانه‌ای[1](GHG) نزدیک به ۶۱۶۷۴۱ میلیون تن CO_2 اولین کشور مسئول تغییرات اقلیمی در خاورمیانه و هفتمین کشور در جهان است. سهم سطح بالای ایران در انتشار گازهای گلخانه‌ای به تولید و مصرف قابل توجه نفت، گاز و شهرنشینی سریع وابسته است. کاهش غیرعادی در رویدادهای بارش و افزایش غیرعادی تابش به سمت بالای امواج بلند اثرهای گرمایش جهانی و تغییر اقلیم را تشدید می‌کند. ایران به ترتیب در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۱، اولین و دومین گزارش ملی خود را به کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییر آب و هوا[2](UNFCCC) ارائه کرد. در سال ۲۰۱۷ نیز سومین گزارش ملی به UNFCCC به فهرست انتشار گازهای گلخانه‌ای ملی (GHG) سیاست‌های ملی کاهش گازهای گلخانه‌ای، آسیب پذیری و سازگاری، استراتژی‌های ملی، سامانه مشاهده جهانی آب و هوا (GCOS)، تحقیق و آموزش و ارزیابی‌های اقتصادی می‌پردازد. دفتر ملی تغییر اقلیم ایران[3](NCCO) مشغول پایش مشارکت تعیین شده ملی[4](INDC) و برنامه راهبردی ملی در مورد تغییر اقلیم است. ناهماهنگی بین بخشی، جمع‌آوری ناکافی داده‌ها و اطلاعات و همچنین تحریم‌های بین المللی مانع از اجرای برنامه سازگاری با تغییرات اقلیمی است.

آینده و تغییرات اقلیمی

پیش بینی آینده تحت اثر تغییرات اقلیمی اجتناب ناپذیر نیست. بسیاری از مشکلات و راه حل‌ها اکنون برای ما شناخته شده است و تحقیقات در حال انجام برای ارائه موارد جدید ادامه دارد. کارشناسان معتقدند هنوز زمان برای جلوگیری از منفی ترین پیامدها با محدود کردن گرمایش وجود دارد. کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در سریع‌ترین زمان ممکن، نیازمند سرمایه‌گذاری در فناوری و زیرساخت‌های جدید است که باعث رشد اشتغال در عین ملاحظات محیط زیستی می‌شود. علاوه بر این، چنین پیشرفتی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای اثرهای مضر بر سلامت انسان را کاهش می‌دهد و جان افراد بی‌شماری را نجات می‌دهد و میلیاردها دلار در هزینه‌های مرتبط با سلامتی صرفه‌جویی می‌کند.

تغییر در الگوهای آب و هوا می‌تواند زندگی را در معرض خطر قرار دهد. گرما یکی از مرگبارترین پدیده‌های جوی است. با افزایش دمای اقیانوس‌ها، طوفان‌ها قوی‌تر و مرطوب‌تر می‌شوند که می‌تواند باعث مرگ‌های مستقیم و غیرمستقیم شود. شرایط خشک منجر به آتش‌سوزی‌های جنگلی بیشتر می‌شود که خطرات زیادی برای سلامتی به همراه دارد . بروز بیشتر سیل می‌تواند منجر به گسترش بیماری‌های ناشی از آب، جراحات و خطرات شیمیایی شود. با گسترش دامنه جغرافیایی پشه‌ها و کنه‌ها ، آنها می توانند بیماری‌ها را به مکان‌های جدید منتقل کنند. پدیده مونسون اقیانوس هند که عمدتا به مناطق ساحلی محدود بود اکنون مناطقی تا شمال هندوستان (هیمالایا) و شمال ایران (البرز) را تحت اثر قرار می‌دهد و موجب خسارتهای جانی، آسیب به منابع غذایی، و در نتیجه تهدید سلامت مردمان بیشتری شده است.

1. Green House Gas
2. United Nations Framework Convention on Climate Change
3. National Commission for the Certification of Crane Operators
4. Intended nationally Determined Contribution

آسیب پذیرترین گروه‌ها، از جمله کودکان، افراد مسن، افراد دارای شرایط مشکل بهداشتی قبلی، کارگران در فضای باز و افراد با درآمد پایین، به دلیل عوامل ترکیبی ناشی از تغییرات اقلیمی در معرض خطر بیشتری قرار دارند. اما گروه‌های حافظ بهداشت عمومی می‌توانند با جوامع محلی برای کمک به مردم در درک و ایجاد انعطاف پذیری در برابر اثرات تغییرات اقلیمی بر سلامتی کار کنند.

تغییر اقلیم و گذشته زمین

انقراض‌های دسته جمعی محرک‌های اصلی تغییرات کلان تکاملی در تاریخ زمین شناختی بوده و گذارهای اساسی در تاریخ زمین را نشان می‌دهند. پنج انقراض بزرگ قبلی در حدود ۴۵۰ میلیون سال قبل (پایان اردوویسین) ، ۳۵۰ میلیون سال قبل (پایان دونین) ۲۵۰ میلیون سال قبل (پایان پرمین) ، ۲۰۰ میلیون سال قبل (پایان تریاس) و ۶۶ میلیون سال قبل (پایان کرتاسه و آغاز پالئوژن) رخ داده‌اند. با این حال اثر آشفتگی محیطی و واکنش بیولوژیکی، که در مقیاس‌های زمانی زیر هزار سال رخ می‌دهد، هنوز به خوبی در تاریخ زمین شناختی درک نشده است. انقراض بزرگ جمعی پرمین پایانی در حدود ۲۵۰ میلیون سال قبل شدیدترین تلفات موجودات دریایی و زمینی بود به نحوی که حدود ۸۰٪ از گونه‌ها از بین رفتند. این انقراض‌ها در ۵۴۲ میلیون سال گذشته – از ابتدای شکل گیری اولین موجودات زنده در پایان پره کامبرین و آغاز کامبرین – شناسایی شده‌اند.

محرک‌های پیشنهادی انقراض‌های دسته جمعی از برخورد سیارک و شهاب‌سنگ تا آتشفشان، سیلاب، تا بی‌اکسیژنی جهانی اقیانوس‌ها گرفته و سطح بالای دی اکسید کربن اتمسفر تا دمای بالای اقیانوس‌ها به عنوان سازوکار شکل دهنده کشتار موجودات و انقراض مطرح شده‌اند. اگرچه رکوردهای زمین شناختی مملو از وقوع همه این موارد است، تعداد بسیار کمی منجر به انقراض دسته جمعی شده‌اند. مطالعه جزئیات زمانی انقراض‌های دسته جمعی گذشته برای درک چگونگی آغاز شدن آنها بسیار مهم است و می تواند جداسازی و شناسایی فرآیندهایی که در یک زمان مشخص رخ داده‌اند را ممکن کند. این فرآیندها به نوبه خود ممکن است با تغییرات بیولوژیکی و آب و هوایی فعلی و بازه‌های زمانی بازخورد بین تغییرات محیطی و انقراض محتمل بعدی (ششمین انقراض) مرتبط باشند.

منابع:

IPCC Sixth Assessment Report, Impacts, Adaptation and Vulnerability, 2022, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/

Health and climate change: country profile 2021: Iran, 29 March 2022, Country report, https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HEP-ECH-CCH-22.01.01

هشدار : بحران آلودگی دریای کاسپین

مهدی زارع
پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
عضو وابسته و رئیس شاخه زمین شناسی فرهنگستان علوم.
mzare@iiees.ac.ir
نامه علوم پایه شماره ۶، تابستان ۱۴۰۱

چکیده

رهاسازی سالانه بیش از یک میلیارد متر مکعب پساب صنعتی ، شیمیایی و خانگی به دریای کاسپین باعث آلودگی آب و کاهش سطح اکسیژن شده و بیش از ۴۰۰ گونه آبزی از جمله ماهیان خاویاری را به خطر انداخته است . ماهیگیری که زمانی یک بخش اقتصادی سنتی بود، اکنون با کاهش نگران کننده در ذخایر مواجه است. تخریب زیست محیطی دریای کاسپین می تواند با تغییرات اقلیمی و همچنین تحولات اقتصادی فزاینده در کشورهای دریای کاسپین تشدید شود. تغییر اقلیم می تواند دما را افزایش دهد و بارندگی را در منطقه کاهش دهد. ادامه تحولات تهاجمی شهری، صنعتی و کشاورزی در مناطق ساحلی- که با مصرف و انحراف بیشتر آب همراه است- باعث کاهش دبی آب و افزایش بالقوه غلظت مواد مغذی ورودی رودخانه به دریا می شود.

۱- مقدمه : طرح موضوع

منطقه دریای کاسپین در دهه های گذشته شاهد تحولات مهمی بوده است. این منطقه تامین کننده هیدروکربن ها به بازارهای جهانی است . کریدورهای حمل و نقل جدید در دست بررسی هستند. ماهیگیری که زمانی یک بخش اقتصادی سنتی بود، اکنون با کاهش نگران کننده در ذخایر مواجه است . رهاسازی سالانه بیش از یک میلیارد متر مکعب پساب صنعتی ، شیمیایی و خانگی به دریای کاسپین باعث آلودگی آب و کاهش سطح اکسیژن شده و بیش از ۴۰۰ گونه آبزی از جمله ماهیان خاویاری را به خطر انداخته است . برآورد شده دریای کاسپین حدود ۱۰۰ میلیارد ذخیره بشکه نفت و بیش از ۳۵ میلیارد متر مکعب گاز داشته باشد . استخراج روزانه نفت خام و گاز و حمل و نقل آنها منابع اصلی آلودگی دریای کاسپین است. از بیش از یک میلیون فوکی که یک قرن پیش در سواحل و جزایر کاسپین زندگی می کردند، کمتر از ۱۰ درصد آن باقی مانده است و این گونه در معرض خطر انقراض اعلام شده است. سازمان خواربار و کشاورزی سازمان ملل متحد گزارش می‌دهد که برداشت کوتوم کاسپین (ماهی سفید)، از دهه ۱۹۵۰ تا ۱۹۹۰ از ۱۲۵۰ تن در سال به ۲۱۰ تن کاهش یافته است.

۲- مشخصات کاسپین

دریای کاسپین یک مخزن طبیعی منحصر به فرد زمین است. این مجموعه آبی محصور در خشکی در مرز دو بخش بزرگ از قاره اوراسیا قرار دارد. دریای کاسپین بزرگترین مخزن محصور در خشکی جهان است. مساحت آن ۳۹۲۶۰۰ کیلومتر مربع است و ۲۷ متر زیر سطح دریاهای آزاد قرار دارد. مساحت آب دریای کاسپین تقریباً به اندازه دریای بالتیک (۳۸۷۰۰۰ کیلومتر مربع) است و از مناطق ژاپن (۳۷۷۹۷۰ کیلومتر مربع) یا آلمان (۳۵۷۵۸۰ کیلومتر مربع) بیشتر است. انشعاب اصلی رودخانه ولگا است که حدود ۸۰ درصد از ورودی آب به دریای کاسپین را تامین می کند و پس از آن رودخانه های کورا- اراکس (۶/۳ ٪)، اورال (۳٪) و اترک (۲/۵٪) قرار دارند.

بر اساس ویژگی‌های ساختار مورفولوژیکی و شرایط فیزیکی و جغرافیایی، دریای کاسپین به طور معمول به سه بخش شمال (۲۵ درصد مساحت)، میانه (۳۶ درصد مساحت) و کاسپین جنوبی (۳۶ درصد مساحت) تقسیم می‌شود. بخش شمالی دریا بسیار کم عمق است و عمق متوسط آن تنها ۴ متر است، در حالی که حداکثر عمق در قسمت جنوبی به ۱۰۲۵ متر می رسد.

منطقه کاسپین از نظر منابع بیولوژیکی غنی است و بزرگترین محل تخم ریزی ماهیان خاویاری در جهان است. اگرچه تنوع زیستی دریا نسبتا کم است، اما تعداد زیادی گونه‌های بومی فقط در دریای کاسپین خودنمایی می‌کنند. آنها در این محیط

منحصر به فرد، جدا از اقیانوس‌های جهان برای میلیون‌ها سال، با بیش از ۱۳۰ گونه ماهی در اینجا تکامل یافته‌اند. همچنین بیش از ۱۰۰ گونه از زیستگاه‌های تالاب پرندگان وجود دارد که به عنوان محل لانه سازی و مهاجرت عمل می‌کنند. دریای کاسپین همچنین خانه تنها پستاندار دریایی – فوک بومی کاسپین – است که در دریا زندگی می‌کند.

جمعیت منطقه کاسپین حدود ۱۴ میلیون نفر است که در استان‌های ساحلی پنج کشور ساحلی پراکنده شده است: ۶/۵ میلیون در ایران، ۳/۹ میلیون در روسیه، ۲/۲ میلیون در آذربایجان، ۰/۸ میلیون در قزاقستان و ۰/۴ میلیون در ترکمنستان. تولید نفت و گاز و همچنین ماهیگیری و کشتیرانی رایج ترین فعالیت های اقتصادی در مناطق آبی و ساحلی دریای کاسپین است. صنعت و کشاورزی در حوضه دریا به خوبی توسعه یافته است. سواحل غربی دریای کاسپین با مراکز شهری بزرگ آن مانند باکو پایتخت آذربایجان از نظر اقتصادی توسعه یافته‌تر از سرزمین‌های خشک‌تر در سواحل شرقی است.

۳- بحران آلودگی

آلودگی، این حوزه را بین پنج کشور ایران، روسیه، آذربایجان، قزاقستان و ترکمنستان مشترک در وضعیت بحرانی قرار داده است. تنها نفتکش‌ها سالانه بیش از ۱۲۰ هزار تن آلاینده را تخلیه می‌کنند. فاضلاب شهرهای مجاور دریا آلودگی را تشدید می‌کند. بسیاری از کشتی‌ها که در دریا در حال تردد هستند، آلودگی به دریا منتشر می‌کنند. شهرها و صنایع زیادی دریای کاسپین را احاطه کرده‌اند. آلودگی این شهرها و صنایع مستقیم و یا از طریق رودخانه‌ها وارد دریای کاسپین می‌شود.

حداقل سازی و فناوری‌های پاک مشکلات محیط زیستی ناشی از تولید زباله را به حداقل می‌رساند و هزینه تصفیه و دفع زباله را حذف می‌کند . اطراف دریای کاسپین غنی از منابع معدنی فلزی نیز هست.

هنگامی که فعالیت استخراج نفت متوقف می‌شود، ضایعات باقی می‌مانند و خود یک خطر محسوب می‌شوند. در قزاقستان ۱۹ میدان نفتی با ۱۴۸۵ چاه نفت در منطقه ساحلی دریای کاسپین وجود دارد. فن‌آوری حفاری در دهه‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۰ ماهیت خورنده آب دریا و اثرات آن بر روی پوشش فلزی را در نظر نگرفته‌اند. در طول زمان، چاه‌ها به منابع قابل توجهی از آلودگی دریایی تبدیل شده‌اند. حدود ششصد هزار هکتار از اراضی ساحلی قزاقستان با لایه ضخیم نفتی آلوده است به نحوی که تا عمق ۸ تا ۱۰ متری خاک نفوذ کرده و آب‌های زیرزمینی را آلوده می‌کند. حدود ۳۰۰۰۰ هکتار از خاک شبه جزیره آبشرون آذربایجان توسط فرآورده‌های نفتی و انواع زباله‌های صنعتی آلوده شده است. مثلا در ایران مواد نفتی را که هر روز از بندرهای نوشهر و انزلی حمل می‌کنند و آلودگی‌ها سوختی زیادی که در سطح خیابان‌های شهر انزلی پخش می‌شود که نزدیک به ساحل دریا هستند به هر طریقی وارد دریا می شود. در جمهوری آذربایجان در چند کیلومتری مرکز شهر باکو، در امتداد ساحل دریا، قطرات کوچکی نفت معمولا روی سطح دریا به‌صورت گونه‌های رنگارنگ پخش می‌شوند.

منطقه دریای کاسپین به عنوان یک سایت عمده تولید نفت، در معرض بارهای آلودگی بزرگ ناشی از صنایع نفت و گاز قرار گرفته است. سالانه حدود یک میلیون تن نفت به دریا نشت می‌کند. علاوه بر این، توسعه سریع شهرنشینی، توسعه صنعتی و کشاورزی در نواحی ساحلی و همچنین رقابت سیاسی و اقتصادی در استفاده از منابع دریای کاسپین شرایط محیطی در دریا را تشدید کرده است.
دریای کاسپین جدا از آلودگی ناشی از استخراج و پالایش نفت و میادین نفتی فراساحلی، از زباله‌های رادیواکتیو نیروگاه‌های هسته‌ای و حجم عظیمی از فاضلاب تصفیه نشده و زباله‌های صنعتی رنج می‌برد.

ترکیبات غنی از نیتروژن و فسفر از جمله آلاینده های نگران‌کننده دریای کاسپین هستند. نیتروژن و فسفر آزاد شده از پساب‌های خانگی و ناشی از استفاده قابل توجه از کودهای کشاورزی در حوضه دریای کاسپین از طریق رودخانه‌ها و سیستم‌های زهکشی به دریا منتقل می‌شود. رودخانه‌های ولگا، اورال و اترک دارای طیف گسترده‌ای از مواد مغذی هستند که به دریای کاسپین ختم می‌شوند. غلظت بالای مواد شوینده و آمونیوم قسانحه در شمال دریا گزارش شده است. این به دلیل غلظت بالای مواد شوینده در رودخانه هایی است که به شمال دریای کاسپین می‌ریزند. بر اساس برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد سالانه به ترتیب حدود ۱۰۰ هزار تن ترکیبات نیتروژن و ۲۸۰ هزار تن ترکیبات فسفر از رودخانه‌ها، صنایع و شهرداری‌های حوزه دریای کاسپین در دریا تخلیه می‌شد. سهم روسیه، آذربایجان، ایران، قزاقستان و ترکمنستان در آلاینده‌های تخلیه شده در دریا به ترتیب حدود ۹۱/۴۰٪، ۳/۷۶٪، ۳/۲۴٪، ۱/۵۴٪ و ۰/۰۶٪ بوده است. ۸۰ درصد آلودگی این دریا مربوط به جریان آب رودخانه ولگا و دیگر رودخانه‌های غربی جمهوری آذربایجان است. نشت مکرر نفت در مناطق ساحلی آذربایجان و قزاقستان، ورود زباله‌های بیش از ۴۰ کارخانه و پالایشگاه به دریا، کاهش و انقراض گونه‌های آبزی دریای خزر از سال ۱۹۹۰، از چالش‌های اصلی

دریـای خزر اسـت.

۴- همکاری‌های منطقه‌ای

از زمـان فروپاشـی اتحـاد جماهیـر شـوروی در سـال ۱۹۹۱، پنـج کشـور سـاحلی چنـد توافق منطقه‌ای محیط زیسـتی غیـر الزام آور در دهـه ۱۹۹۰ منعقـد کردنـد که نتایـج مطلوبی به همراه نداشـته اسـت. در سـال ۱۹۹۸ برنامـه محیـط زیسـت کاسـپین (CEP) به عنـوان یـک برنامـه چتر منطقـه‌ای با هـدف جلوگیـری از وخامت شـرایط محیطی دریای کاسـپین و ترویج توسـعه پایـدار در منطقه بـه نفـع بلندمـدت جمعیت منطقه پیرامون کاسـپین تأسـیس شـد. کنوانسـیون چارچـوب حفاظـت از محیـط زیسـت دریایـی دریـای کاسـپین کـه بـه نام «کنوانسـیون تهـران» نیز شـناخته می‌شـود، کـه در سـال ۲۰۰۳ بـه نـام تهـران بـه تصویـب رسـید، اولیـن توافقنامـه منطقـه‌ای الـزام‌آور قانونـی اسـت کـه توسـط هـر پنـج کشـور سـاحلی کاسـپین آذربایجـان، ایـران، قزاقسـتان، روسـیه و ترکمنسـتان امضـا شـد. ایـن کنوانسـیون الزامات کلی و سـازوکار نهـادی حفاظت از محیط زیسـت در منطقه کاسـپین را مشـخص می‌کنـد.

امـروزه بسـیاری از گونه‌های کاسـپین به دلیل بهره بـرداری بیش از حـد، تخریـب زیسـتگاه، آلودگـی و تغییـرات اقلیمـی در معرض تهدیـد قـرار دارنـد. ایـن بهره بـرداری بر رفـاه انسـان، بخش‌های اجتماعـی و اقتصـادی و خدمـات طبیعـی محیط زیسـتی منعکس می‌شـود.

در بخش‌هایی از ماده ۱- کنوانسیون تهران آمده است:
وارد کـردن مسـتقیم یـا غیرمسـتقیم مواد یا انرژی توسـط انسـان بـه محیـط زیسـت می‌تواند منجر بـه اثرهای مخربی مانند آسـیب بـه منابـع زنـده و جانـوران دریایی، خطرات برای سـلامت انسـان و ممانعـت از اسـتفاده مشـروع از دریـای کاسـپین شـود. آلودگـی ناشـی از منابع زمینی ناشـی از رسـیدن خشـکی به محیط‌زیسـت دریایـی، اعـم از آب، هوا و یا مسـتقیم از سـاحل و یـا در نتیجه هر گونـه دفـع آلاینده‌ها از خشـکی به دریـا از طریق تونـل، خط لوله یـا وسـایل دیگـر حاصـل می‌شـود. وضعیتـی کـه باعث آسـیب یا تهدیـد قریب‌الوقـوع آلودگـی یـا سـایر آسـیب‌های محیط زیسـت دریایـی دریـای کاسـپین و ناشـی از سـوانح طبیعـی یا انسان‌سـاز شـود، وضعیـت اضطـرای از نظر محیط زیسـت اسـت.

کنوانسـیون تهـران از زمـان تأسـیس برنامه‌هـای اقـدام منطقـه‌ای و ملـی و اقدامـات فراملـی مختلـف بـرای مقابلـه بـا خطـرات قریب‌الوقـوع محیط‌زیسـت کاسـپین بـه مسـائل متعـدد زیسـت‌محیطی پرداختـه اسـت. کنوانسـیون تهران بـه عنوان یک سـند حقوقـی چتـر عمـل می‌کنـد که نـه تنهـا هـدف آن حفاظت از محیـط زیسـت کاسـپین از همـه منابـع آلودگـی اسـت، بلکـه حفـظ، احیـا و حفاظـت از گونه‌ها و زیسـتگاه‌های دریای کاسـپین را هـدف قـرار می‌دهـد. بـرای رسـیدن بـه ایـن اهـداف، اصـول زیسـت‌محیطی پذیرفتـه شـده بیـن المللـی از جمله اصـل احتیاط، اصـل آلاینـده می‌پـردازد و اصل دسترسـی به اطلاعـات را اعمال می‌کنـد. کنوانسـیون شـامل مقرراتـی در مـورد اسـتفاده پایـدار و منطقـی از منابـع زنـده دریـای کاسـپین، ارزیابـی اثـرات زیسـت محیطـی و پایـش زیسـت محیطـی و همچنیـن تحقیق و توسـعه اسـت. عـلاوه بـر تعهـدات کلـی کنوانسـیون تهران،کنوانسـیون تهـران تحـت نظـارت UNEP و بـه دنبـال یـک فرآینـد سـریع تصویـب توسـط هـر پنـج دولـت کشـورهای سـاحلی دریـای کاسـپین، در ۱۲ اوت ۲۰۰۶ لازم الاجـرا شـد.

چهـار پروتـکل الحاقـی بـه کنوانسـیون تدویـن شـده اسـت کـه حوزه‌هـای مـورد توجـه اولویـت را شـامل می‌شـود: ۱) پروتـکل حفاظـت از تنـوع زیسـتی؛ ۲) پروتـکل حفاظت از دریای کاسـپین در برابـر آلودگی ناشـی از منابـع و فعالیت‌های زمینـی؛ ۳) پروتکل در مـورد آمادگـی منطقـه‌ای؛ واکنـش و همـکاری در مبـارزه بـا حـوادث آلودگی نفتـی؛ و ۴) پروتکل ارزیابی اثرات زیسـت‌محیطی در یـک بسـتر فرامرزی.

پروتـکل مربـوط بـه آمادگـی منطقـه‌ای، واکنـش و همـکاری در مبـارزه بـا حـوادث آلودگـی نفتـی («پروتـکل آکتائو») در سـومین نشسـت کنفرانـس طرفیـن در آکتائو، قزاقسـتان در ۱۲ اوت ۲۰۱۱ بـه تصویـب رسـید. ایـن پروتـکل در تاریـخ ۲۵ جـولای ۲۰۱۶ اجرائی شـد.

پروتـکل حفاظـت از دریـای کاسـپین در برابـر آلودگـی ناشـی از منابـع و فعالیت‌هـای زمینـی («پروتـکل مسـکو») در چهارمیـن نشسـت کنفرانـس طرفیـن در مسـکو، فدراسـیون روسـیه در ۱۲ دسـامبر ۲۰۱۲ بـه تصویـب رسـید.

پروتـکل حفاظـت از تنـوع زیسـتی («پروتـکل عشـق آبـاد») در پنجمیـن اجـلاس کنفرانس طرفین در عشـق آباد ترکمنسـتان در ۳۰ مـی ۲۰۱۴ بـه تصویب رسـید.

پروتـکل ارزیابـی اثرات زیسـت‌محیطی در یک زمینـه فرامرزی در اولیـن نشسـت فوق‌العاده کنفرانس طرف‌ها در مسـکو، فدراسـیون روسـیه در ۲۰ ژوئیه ۲۰۱۸ به تصویب رسـید.

۵- جمع بندی

افزایـش تخریـب زیسـت‌محیطی دریـای کاسـپین می‌توانـد بـا تغییـرات اقلیمـی و همچنیـن تحـولات اقتصـادی فزاینـده در کشـورهای دریای کاسـپین تشـدید شـود. تغییر اقلیم می تواند دما را افزایـش دهـد و بارندگـی را در منطقـه کاهـش دهـد، که هر دو پتانسـیل افزایش شـرایط اوتروفیکاسـیون را دارند. اوتروفیکاسیون

باعث تلفات تنوع زیستی، مختل کردن زنجیره‌های غذایی، تخریب خدمات اکوسیستم و تسریع گرمایش جهانی با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای (مثلاً متان و اکسید نیتروژن) از دریا می‌شود. تسلط جلبک‌های سبز آبی، فقدان اکسیژن در آب‌های عمیق، مشکلات ماکروفیت‌ها، تفاله‌های جلبکی، محصولات جانبی سمی، اثرات معکوس بر صنعت شیلات و زیان‌های اقتصادی، کاهش خدمات اکوسیستم و کاهش لذت زیبایی شناختی از دیگر پیامدهای اوتروفیکاسیون هستند. علاوه بر این، ادامه تحولات تهاجمی شهری، صنعتی و کشاورزی در مناطق ساحلی– که با مصرف و انحراف بیشتر آب همراه است – باعث کاهش دبی آب و افزایش بالقوه غلظت مواد مغذی ورودی رودخانه به دریا می‌شود.

استفاده رقابتی از منابع نفت و گاز دریای کاسپین در غیاب یک رژیم حقوقی قابل قبول برای اداره دریا و منابع آن می‌تواند چالش‌های مرتبط با کیفیت آب را در آینده ایجاد کند. با ادامه مذاکرات بر سر حکمرانی قانونی این سیستم فرامرزی، توصیه می‌شود کشورهای دریای کاسپین اقدامات موثری را برای کنترل و پایش آلودگی انجام دهند. مطالعات آینده باید سهم هر یک از کشورهای ساحلی در افزایش مواد آلوده کننده دریای کاسپین را در نظر بگیرند.

منابع:

Modabberi A. et al 2020, Caspian Sea is eutrophying: the alarming message of satellite data, Environ. Res. Lett. 15 124047.

Imen S, Madani K and Chang N B 2012 Bringing environmental benefits into Caspian Sea negotiations for resources allocation: cooperative game theory insights World Environmental and Water Resources Congress 2012: Crossing Boundaries 71–2264.

گوشه‌ای از اعتقادات زیبای سرخپوستان
که با طبیعت یگانه‌اند.

۱. ما جزئی از طبیعت هستیم نه رئیس آن.
۲. ما هیچگاه گیاهی را با ریشه از خاک نمی‌کنیم.
۳. ما موقع ساختن خانه، خاک را زیاد جابه جا نمی‌کنیم.
۴. ما در فصل بهار، آرام روی زمین قدم بر می‌داریم چون مادر طبیعت باردار است.
۵. ما هرگز به درختان آسیب نمی‌رسانیم ما فقط درختان پیر و خشک را قطع می‌کنیم و قبل از قطع کردن برای آرامش روحشان دعا می‌کنیم.
۶. از حیوانات برای مایحتاج غذایی در حد نیاز استفاده می‌کنیم و آنها را نیز با اجازه و دعا برای آرامش روحش از چرخه‌ی هستی جدا می‌کنیم.
۷. به اندازه ی مصرفمان درخت می‌بریم و گوشت تهیه می‌کنیم.
۸. هرگز هیزم‌ها را اسراف نمی‌کنیم.
۹. اگر درخت جوان و سرسبزی را قطع کنیم ، همه‌ی درختان جنگل اشک می‌ریزند و اشک آنها در دل ما نفوذ می‌کند و وجودمان را مجروح می‌کند و قلبمان آرام آرام تاریک می‌شود.
۱۰. خاک مادر ما و آسمان پدر ماست.
۱۱. باران عاشقانه‌ترین سرود هستی است.
۱۲. طبیعت روح دارد و مهربانی را می‌فهمد.



لزوم بازنگری در سازوکار پژوهشگاه‌ها
با هدف افزایش بهره وری و کارآمدی آنها در جامعه و صنعت

احمد شعبانی
عضو شاخه شیمی فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران و تواس، دانشکده شیمی دانشگاه شهید بهشتی
a-shaabani@sbu.ac.ir
نامه علوم پایه شماره ۶، تابستان ۱۴۰۱

چکیده

نیازهای امروز و آینده جامعه بسیار پیچیده و روز به روز بر دشواری مسائل آنها افزوده می‌شود. این پیچیدگی‌ها اغلب دانش بنیان و با ابزار قدرتمند علوم و فنون پیشرفته قابل طرح و حل و فصل‌اند. محمل، پیشران و خانه اصلی علوم و فنون، دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها هستند و از این رو جایگاه و مسئولیت اجتماعی این مراکز، بویژه پژوهشگاه‌ها روز به روز موثرتر و سنگین‌تر می‌شود. از طرف دیگر در سراسر جهان، دولت‌ها و سرمایه گذاران بر کارآمدی نتایج پژوهش‌ها در جامعه و صنعت و افزایش بهره وری از سرمایه گذاری در پژوهش تاکید دارند. علی رغم جایگاه بین المللی خوب ایران در حوزه علوم ثروت آفرین، یعنی علوم و مهندسی، و رتبه بندی آن در میان ۱۵ کشور شاخص، اما سهم دانش بنیان در تولید ناخالص ملی وضعیت مطلوبی ندارد. لذا بازبینی در تمام ارکان مراکز علمی، دانشگاه ها، پژوهشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی از جمله ساختار تشکیلاتی، فعالیت‌ها و ماموریت‌ها، برنامه‌های آموزشی- پژوهشی، نحوه پذیرش دانشجو و تربیت پسادکتری، تا در مقررات و آیین نامه‌های ارتقای آنها یک ضرورت تلقی می‌شود. به دنبال انتشار مقاله آیا تحول در دانشگاه سنتی ضرورت دارد؟ در شماره ۲و ۳ نامه علوم پایه، در این مقاله ضمن معرفی و آسیب شناسی وضعیت فعلی پژوهشگاه‌ها، جهت ارتقای بهره وری آنها، سه رهیافت در حوزه ماموریتی پژوهشگاه‌ها ترسیم و به تفصیل شرح داده شده‌اند.

کلیدواژگان: پژوهشگاه، دانشگاه، دولت، جامعه و صنعت، پژوهش و فناوری، رهیافت، دانش بنیان، بهره وری، تولید ناخالص ملی

مقدمه

پیشرفت علم و فناوری در طول سده ی بیستم و دو دهه‌ی آغازین سده‌ی بیست و یکم، تحولات سیاسی، اقتصادی و اجتماعی بسیاری را در سطوح ملی و بین المللی رقم زده است؛ از جمله‌ی این تحولات می‌توان به فروپاشی اتحاد جماهیر شوروی، بیداری کشورهای اسلامی، مقابله با بیماری‌های مهلک از جمله کووید-۱۹، ارتقای کیفیت زندگی، نگرش نو به امنیت ملی کشورها، شکوفایی اقتصادی و گشوده شدن افق‌های فکری جدید، اشاره کرد.

برنامه ریزی و سیاست گذاری در محمل‌ها و بستر علم و فناوری، مستلزم فراهم آوردن زمینه های چندی است که زیربنایی ترین آنها، باور داشتن به ضرورت برنامه ریزی و سیاست گذاری در میان دولت‌ها و نیز در میان کارشناسان و دانشمندان است؛ البته پرداختن به این مهم بدون شناخت جایگاه منطقه‌ای و بین المللی کشور در علم و فناوری ابتر خواهد بود. در همین خصوص، درک مفاهیم دانش سیاست گذاری و سیاست گذاری علم و تمیز این دو از یکدیگر، ضرورتی اجتناب ناپذیر است. لازمه‌ی تولید ثروت دانش و فناوری‌بنیان، تولید دانش است و کشورهایی که در این تولید نقشی ندارند خواه ناخواه از قافله تولید فناوری و تولید ثروت دور خواهند ماند. از طرف دیگر، در دنیای کنونی، اقتصاد دانش بنیان و به تعبیری اقتصاد مبتنی بر علوم و فنون، به تدریج جایگزین اقتصاد مبتنی بر فعالیت‌های خدماتی و سنتی می‌شود. به تعبیردیگر، امروز ثروت کشورها عمدتاً به فعالیت‌های علمی، دانش و فناوری وابسته است که نقش اساسی در خلق ثروت دارند که خود مدام رو به افزایش است. اقتصاد در دنیای امروز، دانش محور و مغزگردان است که می‌تواند گوی سبقت را از رقیبان برباید؛ علم و فناوری نوین موجد تحول در بنیان۲های اقتصاد و شکل گیری اقتصاد نوین جهانی است. (۲ و۱)

سه حوزه و محور تحقیقات بنیادی، کاربردی و تولید ثروت دانش و فناوری بنیان عبارت اند از دانشگاه، پژوهشگاه و مراکز علمی که پیشران و تولید کننده دانش، دانش فنی و فناوری‌اند؛ جامعه و صنعت به عنوان سرمایه گذار و بهره بردار از دانش و

فناوری تولید شده؛ و دولت به عنوان سیاست گذار در استفاده بهینه از تولیدات دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها در توسعه جامعه و صنعت. با توجه به حاکمیت اقتصاد دولتی در کشور، دولت در اینجا نه تنها سیاست گذار بلکه بهره بردار و سرمایه گذار نیز هست. بدیهی است اقتصاد دانش بنیان هنگامی سامان می گیرد که هر سه حوزه بویژه صنعت و دولت شناخت و دانش کافی، باور و عادت به تولید ثروت دانش بنیان داشته باشند و از همه مهمتر باور اینکه یکی از حیاتی ترین عناصر در اقتصاد مبتنی بر دانش و فناوری بنیان، توانمندی واحدهای تحقیق و توسعه دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌هاست. بررسی‌ها نشان می‌دهد لنگرگاه اقتصادهای دانش و فناوری محور بر تعامل واحدهای تحقیق و توسعه دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها با صنعت مولد، فناور و فناوری‌گرا و پویا اتکا دارد و تحقیق و توسعه است که پیشرفت دانش و فناوری و بالطبع رشد اقتصادی را به دنبال خواهد داشت.

سرمایه جزء لاینفک اقتصادهای دانش بنیان است و ریسک سرمایه گذاری در این حوزه نسبتا بالاست. دسترسی به سرمایه برای افراد نوپا برای فعالیت در شرکت‌های دانش و فناوری بنیان اغلب یک چالش جدی محسوب می‌شود. طرح و ایده دانش بنیان با محوریت دانشگاه یا پژوهشگاه فقط یکی از ملزومات است و دو عامل یا لازمه مهمتر، نقش سرمایه گذار و کارآفرین است. اغلب سرمایه گذاران بخش خصوصی ترجیحا در حوزه دلالی و یا سرمایه گذاری در مسکن و یا برخی با سپرده‌گذاری فعالیت می‌کنند که دلالی اینجا توسط بانک‌ها انجام می‌شود. به عبارتی نرخ سود بانکی ۲۰ درصد و یا تورم ۳۰ الی ۴۰ درصد مانع کارآفرینی با محوریت دانش و فناوری بنیان می‌شود، و در نتیجه سرمایه گذار ریسک نمی‌کند و کارآفرین هم اغلب خود سرمایه ندارد. لذا برای توسعه بنیادی تحول بنیادین در بسیاری از سیاست‌ها و ماموریت‌ها از جمله در دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها، جامعه و صنعت بویژه در حوزه اقتصادی دولت، ضرورتی اجتناب ناپذیر است.

۲-جایگاه ایران در تولید دانش و ناخالص ملی در میان پانزده کشور شاخص جهان

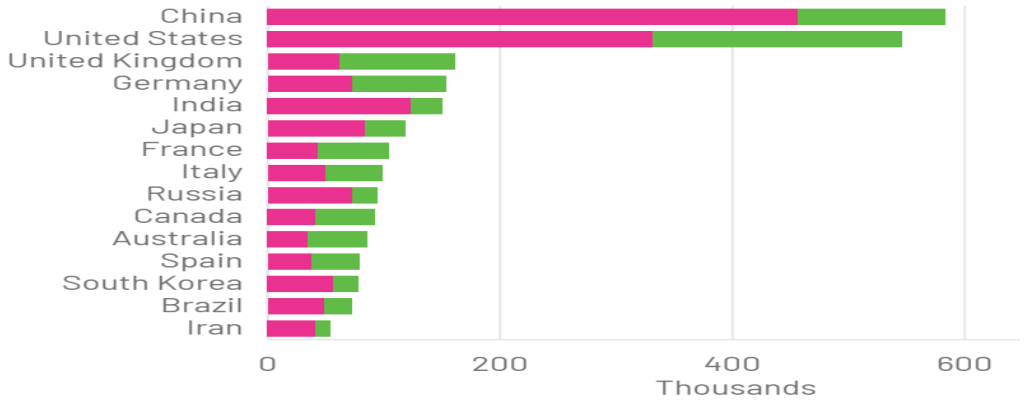
در نمودارهای ۱ و ۲ جایگاه ایران در تولید دانش و مقاله در حوزه علوم و مهندسی و تولید ناخالص ملی ارایه شده است (۴ و ۳). در نمودار اول علی رغم اینکه ایران در میان ۱۵ کشور شاخص در تولید دانش و مقاله قرار دارد، اما در تولید ناخالص ملی فاصله بسیار زیادی با آن کشورها دارد. به طوریکه تولید ناخالص ملی ایران حدود یک درصد کشور اول(آمریکا) و ۲۱ درصد کشور پانزدهم (هلند) برآورد می‌شود. به عبارتی ایران در تولید دانش و مقاله در ردیف ۱۵ کشور شاخص است، اما در تولید ناخالص ملی رتبه حدود ۵۰ دارد و از این نظر دیگر در میان ۱۵ کشور شاخص در تولید ناخالص ملی جایی ندارد. عدم همبستگی تولید دانش و مقاله با تولید ناخالص ملی دلایل متعددی دارد. برخی از دلایل به نوپایی تحقیق، پژوهش و فناوری مربوط می‌شود و برخی نیز از سهم پایین سرمایه گذاری در پژوهش نشات می‌گیرد. به طور کلی تولید ناخالص ملی و سرمایه گذاری در پژوهش ارتباط تنگاتنگی دارند(۶ و۵). در ایران میزان سرمایه گذاری برای پژوهش بسیار پایین و حدود ۰٫۸۸ (۷)و به نقل از برخی گزارش‌های رسمی ملی حتی کمتر از ۰٫۳ درصد است (۸) (نمودار ۳ ؛ ۸). اما علی رغم همه کاستی‌ها و محدودیت‌ها، نمودار ۱ نشان می‌دهد ایران بالقوه در علوم ثروت آفرین یعنی حوزه علوم و مهندسی در عرصه بین المللی از جایگاه خوبی برخوردار است و با برنامه‌ریزی و تحول در مراکز علمی، این ظرفیت بالقوه می‌تواند فعلیت یابد و از این راه می‌توان در ارتقای کیفی فراورده‌های پتروشیمیایی و صنایع معدنی و در نتیجه افزایش بهره وری و بالطبع تولید ناخالص ملی سود جُست.

صنایع شیمیایی و دارویی دومین صنعت بزرگ جهان با گردش مالی بیش از ۷ تریلیون دلار در سال است (۱۲-۹). این صنعت به دلیل برخورداری ایران از منابع طبیعی گاز و نفت، نیروی انسانی متخصص و توانمند در حوزه صنایع شیمیایی و دارویی مزیت مطلقی برای کشور محسوب می‌شود (۱۴و۱۳)؛ چرا که مواد شیمیایی پایه و حدواسطهای صنایع پتروشیمی که از آن به عنوان مگاترند[1] یاد می‌شود مبتنی بر نفت و گاز است. در حال حاضر میزان تولید فراورده‌های پتروشیمیایی در ایران ۶۵ میلیون تن است که سهم صادرات آن به ارزش ۱۲ میلیارد دلار می‌رسد. در این میان میزان تولید فراورده‌های پتروشیمیایی کره جنوبی و آلمان به ترتیب ۳۵ و۴۱ میلیون تن و میزان صادرات آنها ۳۸ و ۱۱۶ میلیارد دلار است، در حالی که این دو کشور از نظر نفت و گاز – خوراک اصلی تولید مواد شیمیایی پایه و حدواسطهای صنعت پتروشیمی – در رتبه جهانی حدود ۶۵ جای دارند. لازم به ذکر است بخشی از مبلغ ۱۲ میلیارد دلاری صادرات محصولات پتروشیمی در ایران سوبسیدی است که بابت بهای گاز مصرفی به عنوان خوراک و سوخت برای تامین انرژی فرایندهای پتروشیمی‌ها توسط دولت پرداخت می شود. به عبارتی گرچه بهای گاز مصرفی صنایع پتروشیمی در ایران قابل قیاس با قیمت گاز مصرفی صنایع پتروشیمی در جهان است، اما تفاوت معنادار در

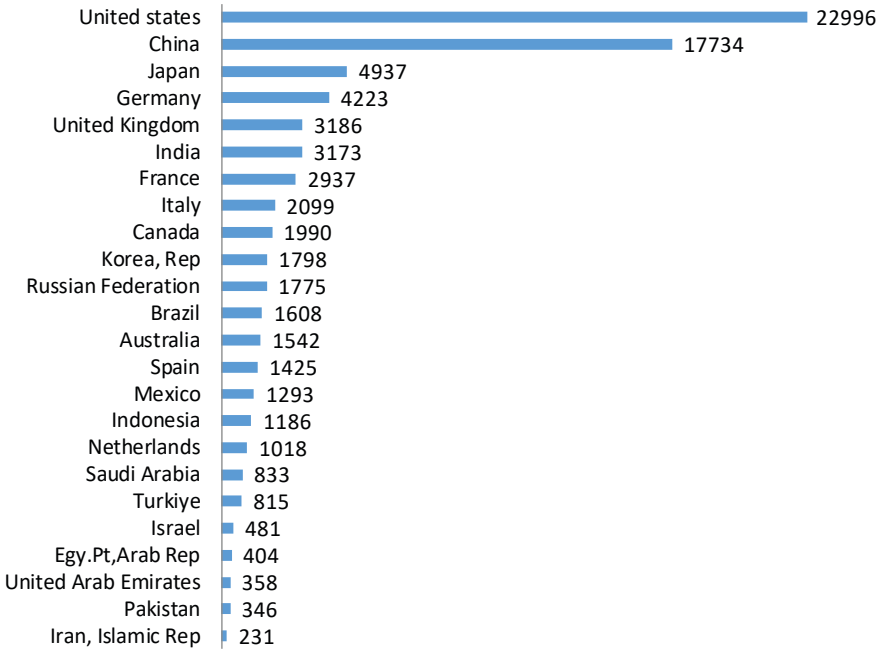
۱. نیروی نوظهور و تحول آفرین که بر انواع کالاهایی که مصرف کنندگان مایل به خرید آنها در آینده خواهند داشت تأثیر شگرفی دارد و بالطبع اقتصاد و کسب وکارها را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد(Megatrend).

ارزش افـزوده محصولات صادراتی پتروشـیمی اسـت که در سـایر کشـورها بـا ارتقـای کیفـی کالا و بالطبـع بهـره وری در صـادرات ایـن سوبسـید جبران می‌شـود.

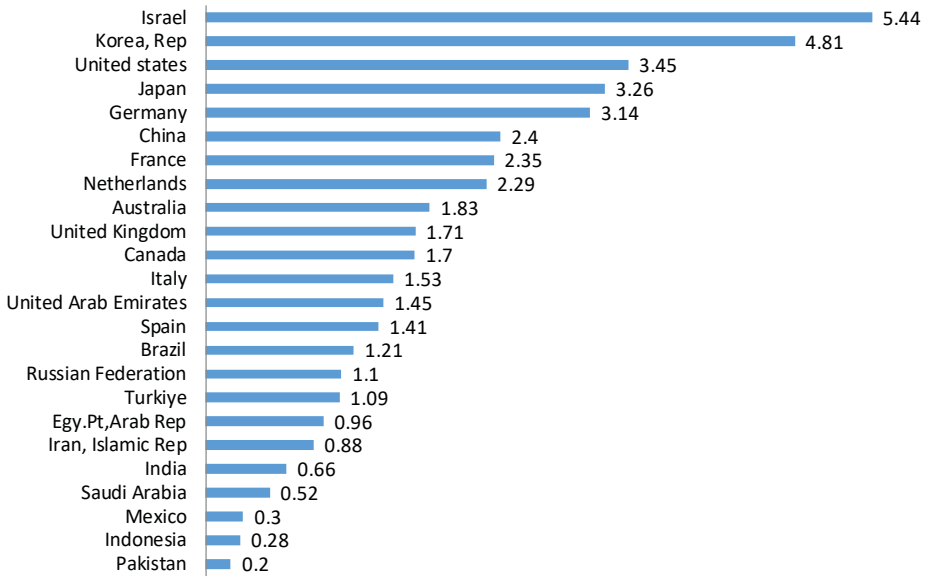
بـا توجـه بـه اینکـه هـر یـک دلار فـراورده تولیـدی صنایـع پتروشـیمیایی در اثـر فـراوری چنـد برابـر ارزش افـزوده بـه دنبال دارد و مسـتقیم و غیـر مسـتقیم میلیونهـا شـغل ایجـاد می‌کنـد، تبدیـل ۶۵ میلیـون تـن مواد پتروشـیمیایی فراوری شـده بـه مواد و کالاهایـی بـا ارزش افـزوده می‌توانـد بیـش از ۱۰۰ میلیـارد دلار، حـدود ۴۰ درصـد تولیـد ناخالص ملـی کشـور، ارزش افزوده ایجـاد کنـد. بـرای افزایـش سـهم تولیـد ناخالـص ملـی دانـش و فنـاوری بنیـان، ضـروری اسـت اقدامـات موثـری ماننـد افزایـش میـزان سـرمایه گـذاری در تحقیـق و پژوهـش، اصـلاح سـاختار و فعالیت‌هـای مراکـز علمـی و پژوهشـگاه‌ها و احـداث و ترویـج پارک‌هـای علـم و فنـاوری مـواد شـیمیایی و حمایت‌هـای ویژه از آنهـا بـه عمـل آید.



نمودار ۱. جایگاه ایران در تولید دانش و مقاله در حوزه علوم و مهندسی در میان پانزده کشور شاخص (۳)



نمودار ۲. جایگاه ایران درتولید ناخالص ملی در میان پانزده کشور برتر و برخی کشورهای منطقه(۴)



نمودار ۲. جایگاه ایران در سهم پژوهش از تولید ناخالص ملی در میان پانزده کشور برتر و برخی از کشورهای منطقه(۴)

۳-موانع سهم دانش بنیان از تولید ناخالص ملی

سهم محصولات با فناوری متوسط به بالا از تولید ناخالص داخلی در سال ۱۳۹۹ معادل ۴٫۶۲ درصد بوده و برای سال ۱۴۰۰ معادل ۵ درصد هدف گذاری شده است.(۱۵) محمل و پیشران تولید ناخالص ملی دانش و فناوری بنیان، دانشگاهها و بویژه پژوهشگاهها هستند. به برخی از عوامل بیرونی مانع ایفای نقش موثر مراکز علمی در پژوهش‌های کاربردی و نیاز محور – و بالطبع در ثروت آفرینی دانش بنیان – در زیر اشاره می‌شود:

–صنعت کشور دانش بنیان و بومی نیست و لیسانس و دانش فنی آنها اغلب وارداتی و کادو پیچ هستند. لذا اصلاح و دست کاری در آنها مقدور و شاید هم جایز نیست.

–بخش خصوصی و دولتی حاضر نیست برای کسب دانش فنی سرمایه گذاری کند، اگر برخی شرکت‌های دولتی اندک سرمایه گذاری در پژوهش می‌کنند، بیشتر تفننی و رفع تکلیف در اجرای جزئی از قوانین مصوب به نظر می‌رسند. در ضمن پژوهشگاهها نیز منابع مالی لازم برای سرمایه گذاری در دست یابی به دانش فنی را ندارند.

–قوانین مصوب در رابطه با اختصاص سهم پژوهش از تولید ناخالص ملی در همکاری صنعت و دانشگاه یا پژوهشگاه به خوبی اجرا نمی‌شود.

–اغلب وزارتخانه‌ها و شرکت‌های توانمند و برخوردار از منابع مالی، مانند وزارت نفت، جهاد کشاورزی، پتروشیمی‌ها، شرکت‌های خصوص و دولتی، با تاسیس مراکز پژوهشی و پژوهشگاهی وابسته به سازمان خود بخش بزرگی از اعتبارات پژوهشی را به آنها اختصاص می‌دهند؛ در نتیجه پژوهشگاهها و دانشگاهها عمدتا متکی به بودجه محدود دولتی‌اند و از بودجه پژوهشی این وزارت خانه‌ها چندان بهره مند نمی‌شوند.

–حتی شرکت‌های دانش بنیان با در آمد بالا، برای معافیت‌های مالیاتی اجازه دارند در مجموعه خود واحدهای تحقیق و توسعه دایر کنند و باز مراکز علمی و پژوهشگاهها از چنین منبعی محروم می‌شوند.

– خروجی پژوهشگاهها با وجود آنکه اغلب در بعد کاربردی برجسته است، ولی چندان از سوی نهادها و شرکتها مورد استقبال واقع نمی‌شوند و پژوهش و تحقیق مسأله مهم آنها نیست. از این رو، با خروجی‌های این مراکز پیوندی سازمان یافته برقرار نمی‌شود. بنابراین پژوهشگاهها، با وجود انجام کارهای جدی، بیشتر نقش تشریفاتی پیدا می‌کنند و نتایج تحقیقاتی آنها عملیاتی نمی‌شود. البته یک مشکل هم مربوط به پژوهشگاههاست که بسیاری از اوقات، پژوهش‌ها مسأله محور و کاربردی نیست و تمرکز استادان و پژوهشگران بر موضوع‌هایی است که چندان دغدغه فعلی جامعه و صنعت و یا حکمرانی کشور نیست.

– مشکل دیگر از سوی کارگزاران حکومتی بروز می‌کند. بسیاری از کارگزاران به دانش موجود کم توجه‌اند و یا توانمندی استفاده از آن را ندارند. بی شک بهره مندی از هر دانشی مستلزم آگاهی و تسلط بر آن دانش و روش صحیح حکمرانی هم بی تعارف حکمرانی علم محور است.

– پژوهشگاهها در مقایسه با دانشگاهها از بودجه کمتری برخوردارند؛ کل بودجه پژوهشگاهها در سال ۱۴۰۱ حدود ۹۰۰ میلیارد تومان بوده که فقط پرداخت حقوق و دستمزد

را جوابگوست.

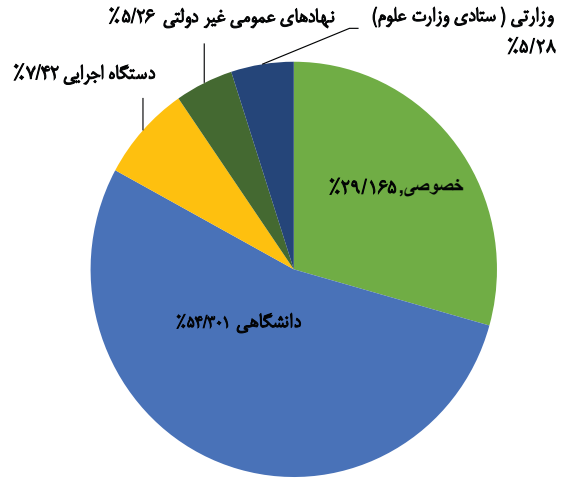
-رمز موفقیت در اقتصاد دانش و فناوری بنیان، فراتر از نگرش‌های جاری در سیاست‌ها و تحولات وزارت عتف باید در بنیادهای اقتصادی و صنعتی کشور از قبیل وزارت امور اقتصادی و دارایی، نفت، صنعت، معدن و تجارت نیز تغییر و تحول صورت پذیرد.

- و اما سوال آخر اینکه چرا علم در کشور ما با جامعه، زندگی، سیاست، اقتصاد و مدیریت پیوند استوار ندارد؟ به نقل از ریاست فرهنگستان علوم «علم، خانه می‌خواهد و باید در خانه خود سکونت کند و آن را از سرگردانی نجات باید داد. علم باید با توسعه قرین شود و این امر صرفا از طریق همکاری سیاست و حکومت با دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها می‌تواند صورت گیرد.»(۱۶)

۴-معرفی مراکز و موسسات پژوهشی و پژوهشگاه‌ها

۴-۱- مراکز و موسسات پژوهشی و پژوهشگاه‌ها

در کشور بالغ بر ۵۵۰ واحد پژوهشی وجود دارد که ۳۰۱ واحد آن دانشگاهی، ۱۶۵ واحد بخش خصوصی، ۴۲ واحد مربوط به



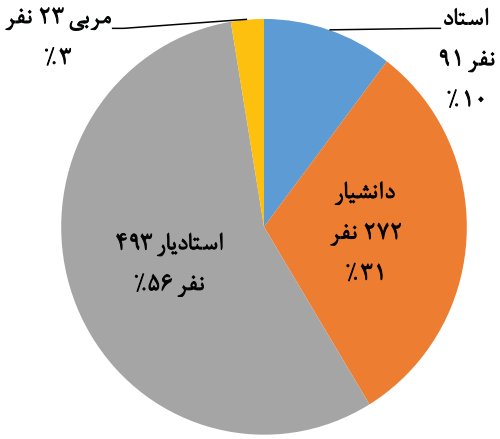
نمودار ۴. توزیع تعداد و درصد مراکز و موسسات پژوهشی درکشور(نمودار بر اساس داده های معاونت پژوهشی وزارت عتف ترسیم شده است.)

تعداد اعضای غیر هیات علمی ۱۸ پژوهشگاه وزارتی جمعا ۱۷۰۲ نفر است که ۴۳ نفر دارای دکتری تخصصی، ۷۰۰ نفر با کارشناسی ارشد، ۵۱۰ نفر با درجه کارشناس و بقیه در رتبه‌های کاردانی، دیپلم و زیر دیپلم هستند. بیش از ۴۰ درصد از کادر غیر هیات علمی پژوهشگاه‌ها از توان و ظرفیت علمی بالایی برخوردارند و از جمله دانش آموخته کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی‌اند.

در پژوهشگاه‌ها میانگین نسبت عضو هیات علمی به غیر دستگاه‌های اجرایی، ۲۶ واحد نهادهای عمومی غیر دولتی و ۲۸ واحد وزارتی و یا ستادی وزارت عتف هستند. بیش از ۵۰ درصد واحدهای پژوهشی در دانشگاه‌ها استقرار دارند(نمودار۴). از میان واحدهای پژوهشی کشور، هجده واحد از پژوهشگاه‌ها، سازمان‌ها و موسسات پژوهشی شاخص در وزارت عطف‌اند که ده پژوهشگاه در زمینه علوم پایه و فنی و مهندسی و هشت پژوهشگاه در زمینه علوم اجتماعی و انسانی فعالیت دارند پژوهشگاه‌های حوزه علوم پزشکی زیر نظر وزارت بهداشت، درمان وآموزش پزشکی اداره می‌شوند.

۴-۲- نیروی انسانی در مراکز و واحدهای پژوهشی و پژوهشگاه‌ها

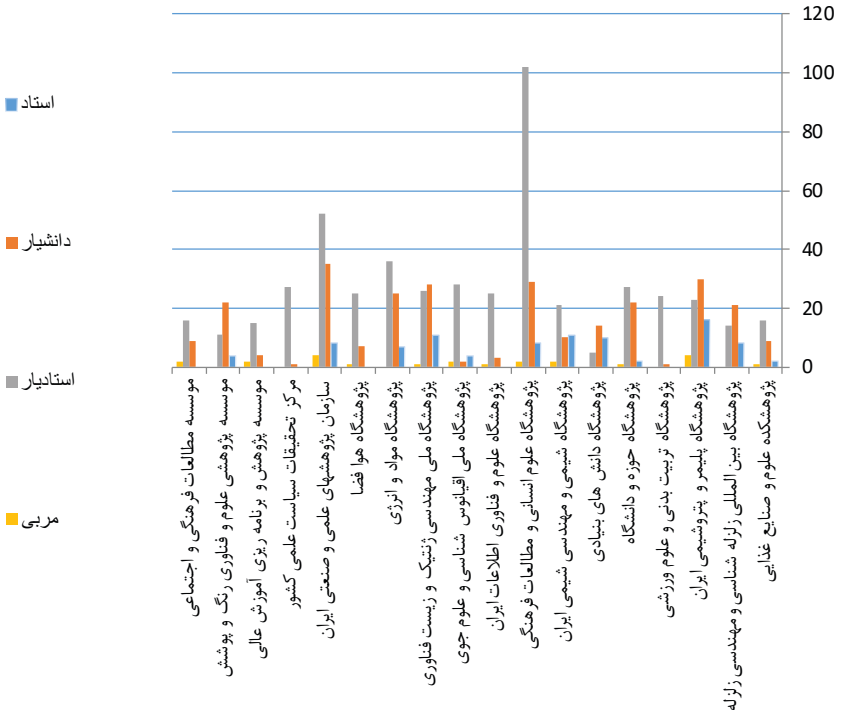
تعداد اعضای هیات علمی ۱۸ پژوهشگاه وزارت عتف ۸۷۹ نفر است که ۹۱ نفر استاد، ۲۷۲ نفر دانشیار، ۴۹۳ نفر استادیار و ۲۳ نفر مربی‌اند(نمودار۵). بیشترین آمار اعضای هیات علمی مربوط به پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی (۱۴۱ نفر) و کمترین مربوط به موسسه پژوهش و برنامه ریزی آموزش عالی (۲۱ نفر) است(نمودار۶).



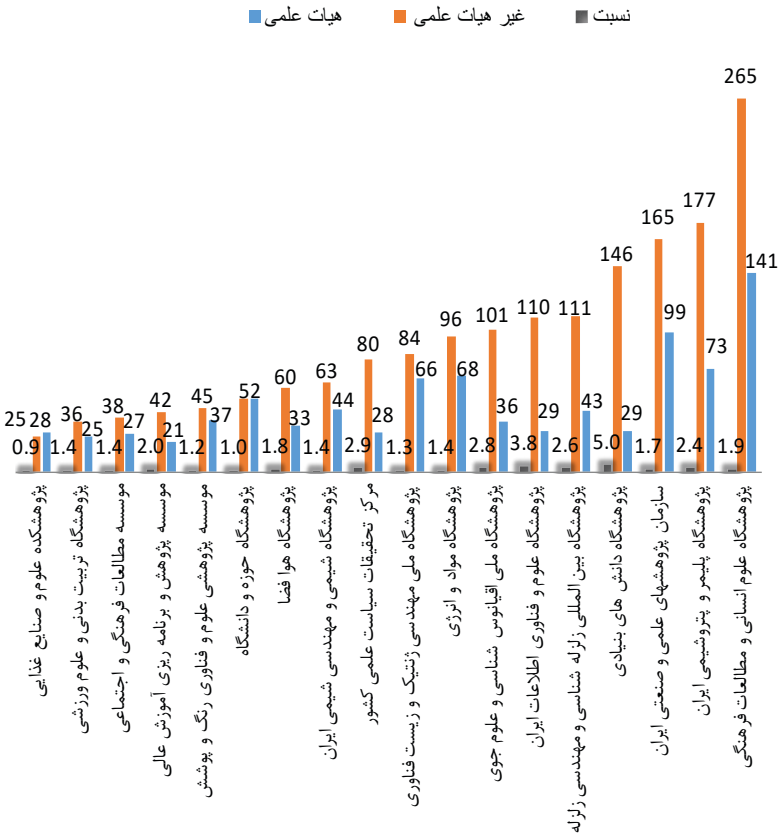
نمودار ۵. توزیع اعضای هیات علمی بر مبنای رتبه علمی در هجده پژوهشگاه وزارت عتف (نمودار بر اساس داده های موسسه پژوهش و برنامه ریزی آموزش عالی ترسیم شده است.)

هیات علمی تقریبا ۱ به ۲ می باشد. بالاترین نسبت مربوط به پژوهشگاه دانش‌های بنیادی ۱ به ۵ و کمترین نسبت مربوط به پژوهشکده علوم و صنایع غذایی ۱ به ۱ می باشد (نمودار ۷). البته این نسبت بدون در نظر گرفتن پرسنل شرکتی در پژوهشگاه‌ها می‌باشد که با احتساب آنها این نسبت افزایش می‌یابد. به عنوان مثال این نسبت در پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران با در نظر گرفتن پرسنل شرکتی ۱,۵ واحد افزایش و تقریبا ۳ می‌شود.

۱. آمار و اطلاعات توزیع نیروی انسانی در پژوهشگاه‌ها از موسسه پژوهش و برنامه ریزی آموزش عالی طی مکاتبات رسمی با ریاست محترم موسسه اخذ شده است که صمیمانه از مدیریت آن واحد تقدیر و تشکر می‌شود.



نمودار ۶. توزیع اعضای هیات علمی بر مبنای رتبه علمی در هر یک از هجده پژوهشگاه وزارت عتف (نمودار بر اساس داده‌های موسسه پژوهش و برنامه ریزی آموزش عالی ترسیم شده است.)



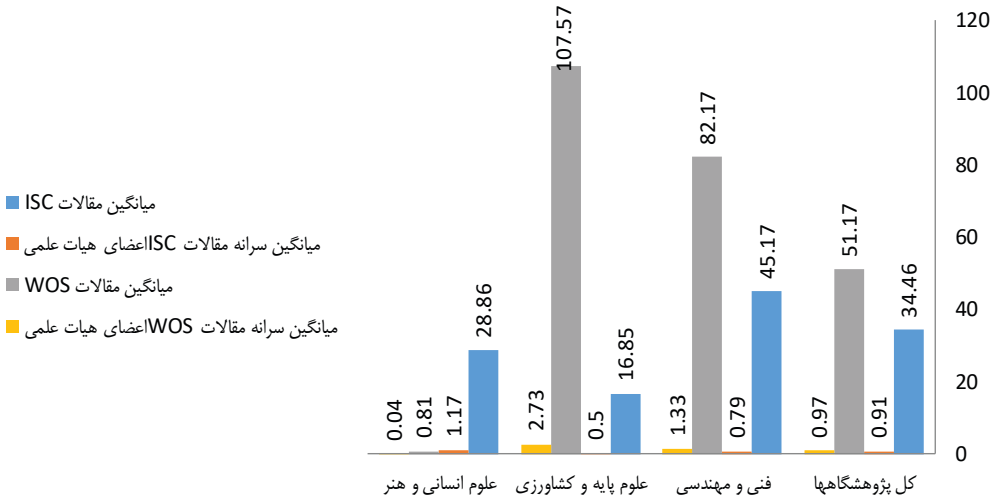
نمودار ۷. توزیع اعضای هیات علمی، غیر هیات علمی و نسبت هیات علمی به غیر هیات علمی در هر یک از هجده پژوهشگاه وزارت عتف بدون در نظر گرفتن نیروی شرکتی(نمودار بر اساس داده های موسسه پژوهش و برنامه ریزی آموزش عالی ترسیم شده است.)

۴-۳-شاخص بهره وری مراکز و واحدهای پژوهشی و پژوهشگاه‌ها

اخیرا موسسه استنادی و پایش علم و فناوری جهان اسلام، گزارشی را تحت عنوان بهره وری موسسات پژوهشی کشور تدوین و ارایه نموده است که شاخص بهره وری تعداد و کیفیت مقالات علمی نمایه شده در پایگاه های استنادیWOS و ISC است. در این گزارش فعالیت ۵۲ پژوهشگاه شامل ۷ پژوهشگاه علوم پایه و کشاورزی، ۲۳ پژوهشگاه فنی و مهندسی و ۲۲ پژوهشگاه علوم انسانی و هنر در سال ۱۳۹۹-۱۴۰۰ مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. نتایج این ارزیابی نشان می دهد هر عضو هیات علمی به طور میانگین به ترتیب در هر یک از دو پایگاه استنادی WOS و ISC، ۰/۹۱ و ۰/۹۷ مقاله منتشر کرده است. بالاترین سرانه در پایگاه استنادی WOS با ۲/۷۳ مربوط به پژوهشگاه‌های علوم پایه و کشاورزی و کمترین با ۰،۰۴ مربوط علوم انسانی و هنر است. بالاترین سرانه در پایگاه استنادی ISC با ۱،۱۷ مقاله مربوط به پژوهشگاه های علوم انسانی و هنر و کمترین با ۰/۵ مقاله مربوط به پژوهشگاه های علوم پایه و کشاورزی می‌باشد(جدول ۱ و نمودار۸).

جدول ۱. میانگین شاخص‌های(میانگین مقالات) ۵۲ پژوهشگاه در دو پایگاه استنادی WOS و ISC در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹(گزارش موسسه استنادی و پایش علم و فناوری جهان اسلام، بهمن ماه ۱۴۰۱)

شاخص	کل پژوهشگاهها	فنی و مهندسی	علوم پایه و کشاورزی	علوم انسانی و هنر
میانگین مقالات ISC	۳۴.۴۶	۴۵.۱۷	۱۶.۸۵	۲۸.۸۶
میانگین سرانه مقالات ISC اعضای هیات علمی	۰.۹۱	۰.۷۹	۰.۵	۱.۱۷
میانگین مقالات WOS	۵۱.۱۷	۸۲.۱۷	۱۰۷.۵۷	۰.۸۱
میانگین سرانه مقالات WOS اعضای هیات علمی	۰.۹۷	۱.۳۳	۲.۷۳	۰.۰۴



نمودار ۸. مقایسه میانگین شاخص‌های(میانگین مقالات) ۵۲ پژوهشگاه در دو پایگاه استنادی WOS و ISC در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ (بر اساس داده‌های گزارش موسسه استنادی و پایش علم و فناوری جهان اسلام ترسیم شده است، بهمن ماه ۱۴۰۱).

سرانه مقالات اعضای هیات علمی ۱۸ پژوهشگاه وزارتی در پایگاه‌های استنادی WOS و ISC و میانگین مجموع مقالات در دو سامانه به تفکیک در جدول(۲) ارایه شده است.

در پایگاه استنادی WOS، بالاترین سرانه با ۱۳/۲ مقاله مربوط به پژوهشگاه دانش‌های بنیادی و کمترین با ۰/۲ مربوط به پژوهشگاه علوم و صنایع غذایی است. در ضمن پژوهشگاه حوزه و دانشگاه، موسسه مطالعات فرهنگی و اجتماعی، پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی و موسسه پژوهش و برنامه ریزی آموزش عالی در این پایگاه فاقد مقاله‌اند.

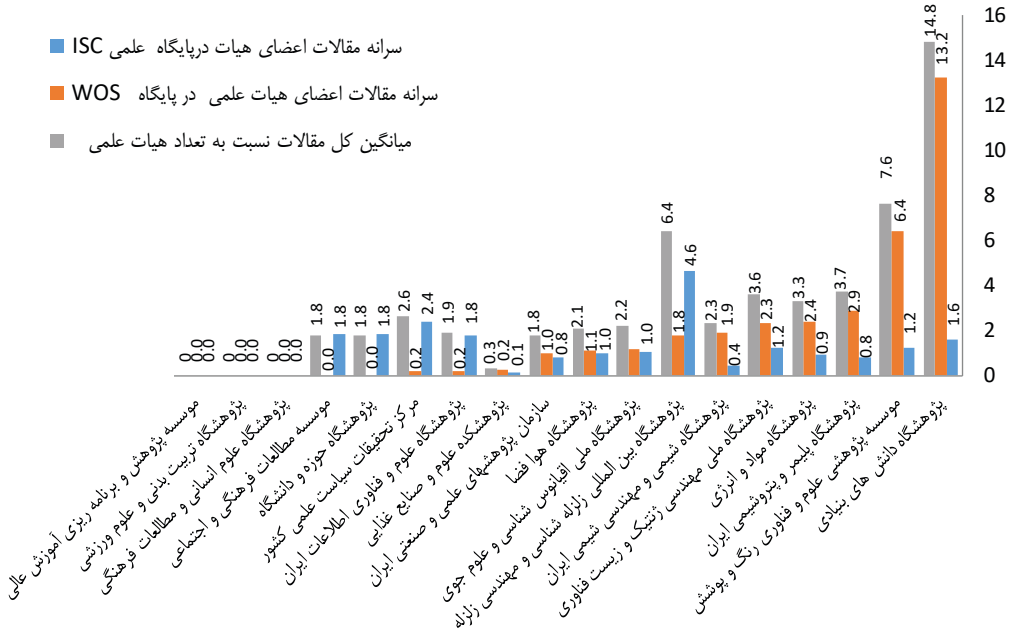
1. WOS (Web of Science)
2. ISC (Islamic World Science Citation Center)
۳. بهره وری موسسات پژوهشی کشور در تولید مقالات علمی نمایه شده در دو پایگاه استنادی WOS و ISC (گزارش موسسه استنادی و پایش علم و فناوری جهان اسلام، بهمن ماه ۱۴۰۱) آدرس دسترسی: https://isc.ac/file/download/page-13-1674453193/bahrevari-pajoheshi.pdf

جـدول ۲. برخـی داده هـای ۱۸ پژوهشـگاه وزارتـی در دو پایـگاه اسـتنادی WOS و ISC در سـال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ (گـزارش موسسـه اسـتنادی و پایـش علـم و فنـاوری جهان اسـلام، بهمن مـاه ۱۴۰۱)

ردیف	نام پژوهشگاه	تعداد اعضای هیات علمی	تعداد مقالات ISC	تعداد مقالات WOS	مجموع مقالات ISC وWOS	میانگین کل مقالات نسبت به تعداد هیات علمی
۱	پژوهشگاه دانش های بنیادی	۳۵	۵۶	۴۶۳	۵۱۹	۱۴.۸
۲	موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش	۳۷	۴۵	۲۳۷	۲۸۲	۷.۶
۳	پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران	۸۶	۶۶	۲۴۸	۳۱۴	۳.۷
۴	پژوهشگاه مواد و انرژی	۷۴	۷۰	۱۷۷	۲۴۷	۳.۳
۵	پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری	۶۶	۸۱	۱۵۵	۲۳۶	۳.۶
۶	پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران	۴۴	۱۹	۸۴	۱۰۳	۲.۳
۷	پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله	۴۵	۲۰۹	۸۱	۲۹۰	۶.۴
۸	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی	۳۵	۳۶	۴۰	۷۶	۲.۲
۹	پژوهشگاه هوا فضا	۳۲	۳۲	۳۶	۶۸	۲.۱
۱۰	سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران	۱۰۱	۸۳	۹۸	۱۸۱	۱.۸
۱۱	پژوهشکده علوم و صنایع غذایی	۹	۱	۲	۳	۰.۳
۱۲	پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران	۲۹	۵۱	۵	۵۶	۱.۹
۱۳	مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور	۱۸	۴۳	۳	۴۶	۲.۶
۱۴	پژوهشگاه حوزه و دانشگاه	۴۸	۸۸	۰	۸۸	۱.۸
۱۵	موسسه مطالعات فرهنگی و اجتماعی	۱۷	۳۱	۰	۳۱	۱.۸
۱۶	پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی	۰	۰	۰	۰	۰
۱۷	پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی	۲۵	۰	۰	۰	۰
۱۸	موسسه پژوهش و برنامه ریزی آموزش عالی	۲۱	۰	۰	۰	۰

در پایـگاه اسـتنادی ISC، بالاتریـن سـرانه بـا ۴/۶ مقالـه مربـوط بـه پژوهشـگاه بیـن المللی زلزله شناسـی و مهندسـی زلزله و کمتریـن با ۰/۱ مقالـه مربـوط بـه پژوهشـگاه علـوم و صنایـع غذایـی اسـت. موسسـه مطالعات فرهنگـی و اجتماعـی، پژوهشـگاه تربیـت بدنی و علوم ورزشـی و موسسـه پژوهـش و برنامـه ریـزی آمـوزش عالـی در این پایـگاه فاقـد مقاله‌اند .

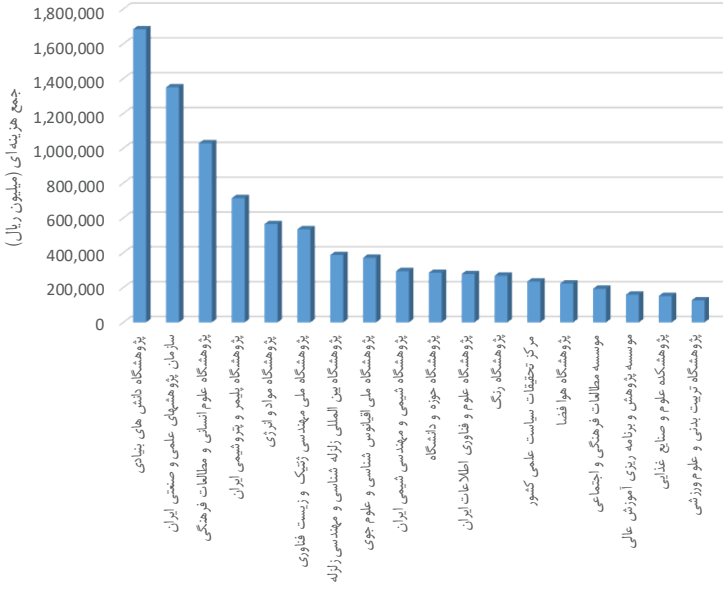
همچنیـن در میانگیـن سـرانه مجمـوع مقـالات در دو پایگاه‌های اسـتنادی WOS و ISC، پژوهشـگاه دانش‌هـای بنیادی بـا ۱۴/۲ مقاله بالاترین و پژوهشـگاه علـوم و صنایـع غذایـی بـا ۰/۲ مقالـه کمتریـن اسـتناد را دارد. در ضمـن پژوهشـگاه تربیت بدنی و علوم ورزشـی، پژوهشـگاه علوم انسـانی و مطالعـات فرهنگـی و موسسـه پژوهـش و برنامـه ریزی آمـوزش عالی در هـر دو پایگاه هیـچ مقاله‌ای ندارنـد (نمودار ۹).



نمودار ۹. سرانه مقالات اعضای هیات علمی ۱۸ پژوهشگاه وزارتی در پایگاه های استنادی WOS و ISC و همچنین میانگین مجموع مقالات در دو سامانه (بر اساس داده های گزارش موسسه استنادی و پایش علم و فناوری جهان اسلام ترسیم شده است، بهمن ماه ۱۴۰۱)

۴-۴-بودجه مراکز و واحدهای پژوهشی و پژوهشگاه‌ها

بودجه ۱۸ پژوهشگاه‌های وزارت عتف حدود ۹۰۰ میلیارد تومان در سال ۱۴۰۱ پیش بینی شده است که معادل کل بودجه دانشگاه فردوسی مشهد است (نمودارهای ۱۰ و ۱۱ و جدول های ۳ و ۴). لازم به ذکر است بودجه پژوهشگاه ها بسیار پایین و توزیع آن در میان پژوهشگاه‌ها نیز چندان منطقی نیست.



نمودار ۱۰. بودجه برخی از دانشگاه‌های جامع دولتی وزارت عتف در سال ۱۴۰۱ (بر اساس گزارش رسمی ترسیم شده است).



نمودار ۱۱. بودجه پژوهشگاه‌ها، سازمان‌ها و موسسات پژوهشی دولتی وزارت عتف در سال ۱۴۰۱ (بر اساس گزارش رسمی ترسیم شده است).

جدول ۳. بودجه پژوهشگاه‌ها، سازمانها و موسسات پژوهشی دولتی وزارت عتف (۷) در سال۱۴۰۱

ردیف	پژوهشگاه/مرکز/سازمان ۱۴۰۱	جمع هزینه ای (میلیون ریال)
1	پژوهشگاه دانش های بنیادی	1,684,539
2	سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران	1,350,822
3	پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی	1,029,495
4	پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران	714,362
5	پژوهشگاه مواد و انرژی	565,562
6	پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری	535,640
7	پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله	387,872
8	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی	371,987
9	پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران	295,101
10	پژوهشگاه حوزه و دانشگاه	285,704
11	پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران	278,238
12	پژوهشگاه رنگ	268,619
13	مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور	235,752
14	پژوهشگاه هوا فضا	224,132
15	موسسه مطالعات فرهنگی و اجتماعی	193,830
16	موسسه پژوهش و برنامه ریزی آموزش عالی	160,111
17	پژوهشکده علوم و صنایع غذایی	152,216
18	پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی	127,309
جمع کل		**8,861,291**

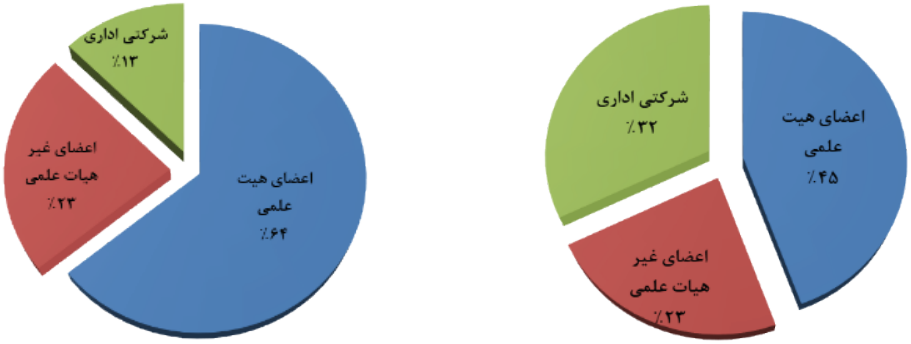
جدول ۴. بودجه برخی دانشگاه‌های دولتی وزارت عتف (میلیون ریال) درسال۱۴۰۱(۷)

۱	دانشگاه پیام نور	۲۴،۵۶۸،۳۵۲
۲	دانشگاه تهران	۲۲،۱۷۴،۰۶۸
۳	دانشگاه فردوسی مشهد	۹،۳۴۵،۰۹۵
۴	دانشگاه تربیت مدرس	۸،۱۰۰،۳۱۷
۵	دانشگاه شهید بهشتی	۷،۷۲۹،۲۵۲
۶	دانشگاه تبریز	۷،۳۸۳،۳۰۷
۷	دانشگاه شیراز	۷،۲۲۸،۱۴۸
۸	دانشگاه شهید چمران اهواز	۶،۴۰۰،۲۱۷
۹	دانشگاه اصفهان	۵،۷۳۸،۰۹۹
۱۰	دانشگاه ارومیه	۵،۳۳۵،۵۰۷
۱۱	دانشگاه شاهد	۵،۱۱۹،۴۶۴
۱۲	دانشگاه شهید باهنر کرمان	۴،۹۲۵،۷۴۲
۱۳	دانشگاه سیستان و بلوچستان	۴،۸۴۹،۰۵۱
۱۴	دانشگاه گیلان	۴،۷۸۱،۰۵۰
۱۵	دانشگاه علامه طباطبایی	۴،۶۸۹،۵۰۱
جمع کل		**۱۷۰,۱۲۸,۳۶۷**

۵-ساختار تشکیلاتی پژوهشگاه‌ها

ساختار تشکیلاتی پژوهشگاه‌ها از نظر اجزا و سلسله مراتبی همانند دانشگاه‌ها، و متشکل از رئیس، معاونان و روسای پژوهشکده است. موضوع فعالیت پژوهشگاه‌ها تخصصی و نسبتا تک قطبی و اغلب در مقیاس یک دانشکده تخصصی دانشگاه‌اند، اما کلیه‌ی واحدهای تشکیلاتی دانشگاهی را در خود جای داده‌اند. همین امر سبب شده است بخش بزرگی از منابع مالی- معمولا بیش از ۹۰ درصد - صرف هزینه‌های جاری و پرسنلی واحدهای متعدد ساختاری شود. به عنوان مثال در پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران هزینه حقوق مزایای اعضای هیات علمی ۴۶ درصد و بخش کارمندی ۵۶

درصد می‌باشد. نسبت هیات علمی به غیر هیات علمی ۱ به ۲,۸۵ است. در حالی که در یکی از دانشگاه‌های دولتی مثل دانشگاه شهید بهشتی هزینه حقوق مزایای اعضای هیات علمی ۶۴ درصد و بخش کارمندی ۳۶ درصد است و نسبت هیات علمی به غیر هیات علمی ۱ به ۱,۵ است(نمودار ۱۲).



نمودار ۱۲. مقایسه توزیع حقوق و مزایای اعضای هیات علمی و غیر هیات علمی در پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران و دانشگاه شهید بهشتی در سال ۱۴۰۱(بر اساس گزارش ترسیم شده است).

۶-ماموریت پژوهشگاه‌ها

برای اغلب پژوهشگاه‌ها دو ماموریت و کارکرد اصلی تحقیقات پایه و کاربردی تعریف شده است. تحقیقات پایه و بنیادی پژوهشی است که به منظور گسترش مرزهای دانش و کسب دانش نو بدون در نظر گرفتن استفاده کاربردی از نتایج پژوهش، ارایه نظریه یا کشف اصول حاکم بر جهان هستی، پدیده‌های طبیعی، انسانی و اجتماعی، یا به منظور فراهم ساختن زمینهٔ علمی لازم برای حل مسائل جاری و آینده انجام می‌شود. این نوع پژوهش‌ها سفارش‌دهنده خاصی ندارد و هدف آن توسعه و پیشرفت دانش است. مزایای اجتماعی تحقیقات پایه که منابع مالی آن در اغلب کشورها توسط دولت ها تامین و نسبتا پایدار است در تربیت نیروی کار با استعداد و توانمند نقش مهمی دارد و از اهمیت آن نباید هیچگاه غفلت شود. تحقیقات پایه در سطح جهان در تمام زمینه‌های اصلی علم توسط محققین دنبال می‌شود و اغلب اکتشافات علمی متحول کننده جوامع و به عبارتی انقلاب‌های علمی مبتنی بر تحقیقات پایه بوده‌اند. در دنیای پیوسته و هموار کنونی، هر اکتشافی در حوزه علم و در هر نقطه‌ای از جهان به سرعت در همه جا گسترش می‌یابد و همه از نتایج آن منتفع می‌شوند. تحقیقات پایه محققان را از سراسر جهان جذب و ضمن تعالی بخشی و ارتقای تحقیق، یک چرخه خود تقویت کننده ایجاد می‌کند. دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های برخوردار نمونه بارزی از متولیان تحقیقات پایه تلقی می‌شوند. گرچه در اغلب کشورها مراکز تحقیقاتی تخصصی نیز برای انجام تحقیقات پایه از جمله پژوهشگاه دانش‌های بنیادی در ایران بر روی موضوعات خاص، اغلب میان رشته‌ای، احداث و فعالیت می‌کنند.

تحقیقات کاربردی و مأموریت‌گرا سفارش دهنده و سرمایه گذار معینی دارد و اغلب پژوهشگاه‌ها در اساسنامه خود به پژوهش‌های مأموریت‌گرا و کاربردی توجه ویژه داشته اند. به هر نوع کاوش و یافته علمی که برای کسب دانش فناورانه جدید که کاربرد ویژه‌ای دارد، تحقیقات کاربردی اطلاق می‌شود. این پژوهش بر پایه دانش حاصل از پژوهش‌ها و یا تجربیاتی است که در جهت به کارگیری روش‌ها، نظریه‌ها و الگوهای موجود برای ارائه تحلیلی از یک پدیده، یافتن راه حل، تولید محصول و یا موجب تحول اجتماعی و نظام مند می‌شود. به عنوان مثال پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران بر اساس مصوبه شورای گسترش آموزش عالی با هدف «فراهم آوردن امکانات پژوهش بنیادی، کاربردی و آموزشی در کلیه زمینه‌های شیمی و مهندسی شیمی و پرورش استعدادها و خلاقیت موجود در کشور و بهره‌گیری از ذخائر عظیم نفت، گاز، معادن، فلزات، گیاهان دارویی و نیز فراهم آوردن تمهیدات برای تولید نیمه صنعتی» تأسیس شده است. بنابراین، یکی از ماموریت‌های پژوهشگاه‌ها داشتن نتایج و خروجی‌هایی کاربردی است. دست یابی به این اهداف، مستلزم تلاشی دو طرفه از سوی پژوهشگاه‌ها و صنعت و جامعه به عنوان نهادهای سفارش‌دهنده است.

۷-حوزه فعالیت پژوهشگاه‌ها

چنانچه اشاره شد برای پژوهشگاه‌ها دو ماموریت و کارکرد اساسی تعریف شده است. ماموریت اول تحقیقات بنیادی، که موضوع و مسئله پژوهش، سفارش‌دهنده خاصی ندارد و بیشتر مبتنی بر سلیقه و علاقه عضو هیات علمی است(همانند دانشگاه ها) و هدف توسعه و پیشرفت دانش و به عبارتی حاصل آن تربیت دانشجو و تولید دانش در قالب مقاله است. به دلیل محدودیت پژوهشگاه‌ها در پذیرش دانشجو اغلب

اعضای هیات علمی پژوهشگاه‌ها با کمتر از نصف ظرفیت اعضای هیات علمی آموزشی دانشگاه‌ها در بخش آموزش و بالطبع در بخش پژوهش‌های بنیادی فعالیت کمتری دارند. ماموریت دوم تحقیقات کاربردی و نیاز محور است، این بخش از فعالیت‌های اعضای هیات علمی پژوهشگاه‌ها گرچه در عنوان با ماموریت تحقیقات بنیادی تفاوت دارد، اما عملا در همان راستای تحقیقات بنیادی در قالب رساله و پایان نامه دانشجویی و اغلب با انتشار مقاله تا تولید دانش فنی قابل عرضه و فروش است. با توجه به اینکه پژوهشگاه‌ها به نوعی شبه دانشگاه تخصصی هستند از پژوهش‌های کاربردی چندان استقبال نمی‌شود. منابع و ساختار درونی پژوهشگاه‌ها به شرح زیر است.

الف-برنامه آموزشی دانشجویان در پژوهشگاه‌ها همانند دانشگاه‌هاست، در هر دو نوع از ماموریت و فعالیت بنیادی و کاربردی، دستیار و نیروی پای کار دانشجوست . برنامه و مواد درسی در پژوهشگاه‌ها همانند دانشگاه‌ها صرفا ارایه تعدادی واحد درسی پایه و نظری است که دانشجو در امتحان جامع، صرفا مبتنی بر دروس پایه، شرکت می‌کند. در برنامه پژوهشی نیز احراز اخذ مجوز دفاع ار پایان نامه یا رساله با انتشار یک یا چند مقاله تائید می‌شود. مضافا اینکه دانش آموخته پژوهشگاهی نیز همانند دانشگاهی با معیار مقاله برای کسب شغل انتخاب و گزینش می‌شود. لذا دانشجویان حاضر به مشارکت در پروژه‌های نیاز محور از نوع دوم نیستند مگر با انگیزه مادی که مستلزم منابع مالی است. بالطبع اعضای هیات علمی مجبورند فعالیت کاربردی را ماهیتا از نوع بنیادی و محض تعریف کنند تا مقاله‌ای استخراج شود. این مهم در مورد پسا دکتری‌ها نیز صادق بوده و نیروی محرکه کماکان مقاله است.

ب-با توجه به اینکه پروژه‌های نیاز محور معمولا از نوآوری پایینی برخوردارند، لذا نتایج آنها (درقالب مقاله یا اختراع) قابل انتشار نیست و شاید هم صلاح نباشد که منتشر شود. لذا برای دانشجو که انگیزه‌ی اصلی وی انتشار مقاله است به شرکت در چنین پروژه‌هایی راغب نیستند مگر با حمایت مالی که به دلیل کمبود منابع مالی پژوهشگاه‌ها این امکان هم چندان فراهم نیست.

ج- با توجه به محدودیت منابع مالی پژوهشگاه‌ها، اگر کارفرمای سرمایه گذار برای پروژه‌های کاربردی و نیاز محور نباشد، سرمایه گذاری برای اجرای از این دست پروژه‌ها توسط پژوهشگاه‌ها نیز امکان پذیر نمی‌باشد.

۸-پروژه‌های مشتری محور در پژوهشگاه‌ها

پروژه‌های مشتری محور که سرمایه گذار و کارفرمای آن برون سازمانی است، انگیزه مشارکت اعضای هیات علمی به دلیل منافع مادی و ارایه راه حلی برای رفع مشکل جامعه و صنعت در این نوع از فعالیت‌هاست . اجرای این قبیل پروژه‌ها اغلب در قالب اختصاص ۱۰ الی ۲۰ درصدی بالا سری برای پژوهشگاه ها صورت می گیرد و اعضای هیات علمی ۹۰-۸۰ درصد الباقی را بر اساس تشخیص خود هزینه می کنند.

شوخی با اعداد و آمار: با فرض اینکه پژوهشگاهی ۳۰ میلیارد تومان بودجه سالیانه‌اش باشد باید موفق به عقد قرارداد ۳۰۰ میلیارد تومانی با نرخ ۱۰ درصد بالا سری داشته باشد(البته بدون محاسبه اجاره بها و استهلاک فضاهای آزمایشگاهی و تجهیزاتی). در دنیای غرب عضو هیات علمی نمی‌تواند از محل پروژه‌های برون سازمانی که بودجه آنها از طریق صندوق‌های حمایت از پژوهش و یا شرکت‌های دولتی و خصوصی تامین می‌شود برای خود هزینه پرسنلی در نظر بگیرد، به جز هزینه‌هایی از قبیل شرکت در سمینارهای علمی و پرداخت حقوق و دستمزد پسادکتری، دانشجویان تحصیلات تکمیلی. انتظار بر این است با منطقی کردن حقوق اعضای هیات علمی در آینده پرداخت دستمزد از محل پروژه‌های کارفرمایی برای مجریان و همچنین داستان قدیمی و ناتمام حق التدریس و حق الرساله از مراکز علمی برچیده شود که خود قطعا تحول بنیادی در بعد کیفی پژوهش‌ها و اشتغال دانش آموختگان در کشور به حساب می‌آید. (۱۷)

۹-سناریوهای مختلف برای پژوهشگاه‌ها

۹-۱-رهیافت یا سناریو اول-ادامه وضعیت فعلی

وضعیت فعلی پژوهشگاه‌ها در برخی فعالیت‌ها و شاخص‌ها از قبیل ساعات موظف، پروژه‌های برون دانشگاهی، بودجه اختصاصی، تعداد دانشجو و نسبت استاد به دانشجو و نسبت استاد به کارمند به شرح زیر است:

-ساعت موظف

در اغلب پژوهشگاه اعضای هیات علمی همانند دانشگاه‌ها موظفند در هفته ۴۰ ساعت در محل کار خود حضور داشته باشند، اما تعیین ساعت موظف اعضای پژوهشی در مؤسسه به نحوی صورت می‌پذیرد که «میانگین محصول تحقیقات عضو در یک سال علاوه بر ارائه یک مقاله علمی پژوهشی پذیرش شده، ۱۰۰ تا ۱۵۰ صفحه تألیف یا ۱۵۰ تا ۲۰۰ صفحه ترجمه، تصحیح متون تخصصی و یا تعلیق بر آن و یا ارائه یک طرح پژوهشی کاربردی باشد.» نحوه ارائه تحقیقات بر حسب ماهیت موضوع توسط شورای پژوهشی مؤسسه تعیین و ابلاغ می‌گردد. (۱۸) لازم به ذکر است در برخی پژوهشگاه یک طرح پژوهشی نیز علاوه بر چاپ یک مقاله در نظرگرفته

می‌شود که معمولا در قالب رساله و یا پایان نامه دانشجویی انجام می‌شود. در ضمن هر گونه فعالیت آموزشی و هدایت پایان نامه و رساله دانشجویی در پژوهشگاه‌ها در قالب حق التدریس یا حق الرساله انجام می‌شود و اعضا هیات علمی ساعت موظفی آموزشی و یا هدایت رساله ندارند. لازم به ذکر است بدلیل محدویت پذیرش دانشجو در پژوهشگاه‌ها، فعالیت آموزشی، پایان نامه‌ای و رساله‌ای محدود و قابل قیاس با اعضای هیات علمی دانشگاه‌ها نیست.

-پروژه‌های برون پژوهشگاهی

پروژه‌های برون پژوهشگاهی با سرمایه گذاری بخش خصوصی و یا دولتی انجام می‌شود. قاعده و روش در این قبیل پروژه‌ها چنین است که معمولا ۱۰ الی ۲۰ درصد بالا سری علاوه بر هزینه‌های مفاصا حساب تامین اجتماعی به پژوهشگاه اختصاص می‌یابد و مابقی در اختیار عضو هیات علمی قرار می‌گیرد. پروژه‌های برون پژوهشگاهی انواعی دارد که در سه دسته می‌توان طبقه بندی کرد.

الف-پروژه‌های که با استفاده از امکانات فیزیکی، آزمایشگاهی و پرسنلی پژوهشگاه انجام می‌شود و عایدی پژوهشگاه ۱۰ درصد بالای سری است. به طوریکه هر آنچه در حین انجام پروژه با بودجه طرح که توسط کارفرما تامین می‌شود طراحی و ساخته و یا خرید می‌شود و همراه دانش فنی به کارفرما واگذار می‌شود (البته ممکن است پروژه صرفا فاز مطالعاتی باشد). به عنوان مثال اگر مبلغ قرارداد ۵۰۰ میلیون تومان با برنامه زمانی ۱۲ ماه، عایدی پژوهشگاه ۵۰ میلیون تومان (۱۰ درصد بالا سری) است که بعضا معادل دو الی سه ماه حقوق پرداختی فقط به مجری طرح از بودجه عمومی دولت توسط پژوهشگاه است.

یکی از تفاوت‌های اصلی دانشگاه‌ها و پژوهشگاه در این است که در دانشگاه‌ها به دلیل عدم محدودیت در پذیرش دانشجوی، تکمیل ساعت موظفی برای عضو هیات علمی فراهم است و پروژه‌های از این دست و برون دانشگاهی خارج از ساعات موظفی هیات علمی انجام می‌شود. در صورتی که در پژوهشگاه‌ها کلیه فعالیت‌های آموزشی و رساله یا پایان نامه خارج از ساعت موظفی بوده و پژوهشگاه‌ها موظف به پرداخت حق الزحمه‌اند. در ضمن به دلیل سیاست وزارت عتف در تقلیل ظرفیت پذیرش دانشجوی پژوهشگاه‌ها، برای اغلب اساتید امکان ارایه دروس نظری در طول سال مهیا نمی‌شود.

ب-پروژه‌هایی از نوع بند الف، اما تجهیزاتی از محل بودجه طرح خریداری و یا ساخته می‌شود و در پایان انجام پروژه از آن پژوهشگاه می‌شود. این دست از پروژه‌ها جای تامل دارند و شاید مناسب‌ترین شکل از پروژه‌ها از بعد انتفاعی برای پژوهشگاه ها باشند.

ج-فعالیت‌های تولیدی در مقیاس محدود برای مشتریان و کارفرمایان با تامین مواد اولیه توسط کارفرما که سهم پژوهشگاه همان ۱۰ درصد است. این در حالی است، رویالتی اغلب شرکت‌های تجاری از قبیل دیجی کالا و ... که هیچ سهمی در تولید از قبیل اختصاص فضای فیزیکی، امکانات و تجهیزات پر هزینه آزمایشگاهی و هزینه نیروی انسانی در تولید را ندارد و به شکلی واسطه گری و دلالی است به بیش از ده درصد می‌رسد. لازم به ذکر است عرفا، هزینه تولید در اغلب پروژه‌ها حدود یک سوم کل هزینه تولید است و لذا انتظار می‌رود حداقل یک سوم مبلغ قرارداد در اختیار پژوهشگاه قرار گیرد.

به عنوان نمونه کل درآمد پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران از محل بالا سری پروژه‌های برون پژوهشگاهی حدود ۶۸۰ میلیون تومان در سال ۱۴۰۰ بوده که این معادل یک دوازدهم حقوق یک سال اعضای هیات علمی پژوهشگاه است.

- بودجه پژوهشگاه

به عنوان مثال بودجه ابلاغی پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران در سال ۱۴۰۱ معادل ۲۹,۴۵ میلیارد تومان است. این بودجه حتی در صورت اختصاص صد در صدی نه تنها هزینه‌های جاری و حقوق و مزایای پژوهشگاه که جمعا به مبلغ ۳۲,۵ میلیارد تومان است تامین نمی شود، بلکه حدود ۱۰ درصد از کل بودجه پژوهشگاه یعنی معادل ۳ میلیارد تومان کسری وجود خواهد داشت.

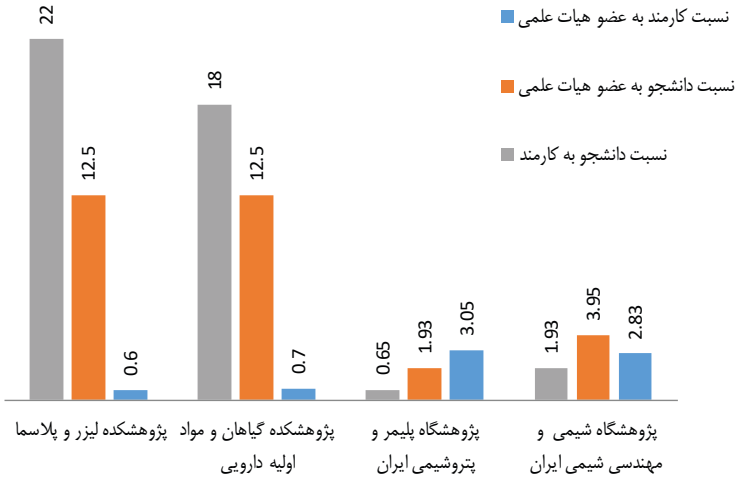
-مقایسه تعداد دانشجو و نسبت استاد به دانشجو و نسبت استاد به کارمند دو پژوهشگاه مستقل با دو پژوهشکده دانشگاهی

پژوهشگاه‌های شیمی و مهندسی شیمی ایران و پلیمر و پتروشیمی ایران از جمله دو پژوهشگاه بزرگ وزارت عتف و دو پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی و لیزر و پلاسما در دانشگاه شهید بهشتی از جمله پژوهشکده‌هایی است که از نظر تعداد هیات علمی همتای پژوهشگاه می‌باشد. نسبت دانشجو به عضو هیات علمی و کارمند و نسبت هیات علمی به کارمند در این چهار مراکز پژوهشی در جدول (۵) و نمودار (۱۳) ارایه و مقایسه شده است. در دو پژوهشگاه نسبت دانشجو به عضو هیات علمی۳,۹۵ و ۱,۹۳ و نسبت دانشجو به کارمند ۱,۹۳ و ۰,۶۵ و هر دو نسبت تک رقمی است. در صورتیکه در دو پژوهشکده دانشگاهی نسبت دانشجو به عضو هیات علمی دو رقمی است. به عبارتی پژوهشگاه‌های مستقل و پژوهشکده‌های دانشگاهی وزارت عتف در تعداد کارمندان و دانشجویان با یکدیگر اختلاف فاحشی دارند. شاید تعداد کارمندان زیاد در پژوهشگاه‌ها را بدلیل ساختار تشکیلاتی شبیه دانشگاهی تا حدودی بتوان پذیرفت، اما اختلاف معنادار تعداد

دانشجویان که در پژوهشگاه‌ها به شدت توسط وزارت عتف تقلیل داده شده است غیر قابل تفسیر می‌باشد. این اختلاف معنادار تعداد دانشجویان در دو نوع از مراکز پژوهشی، سیاست دوگانه و بی برنامگی آموزش عالی کشور را در پذیرش دانشجو توسط مراکز پژوهشی نشان می‌دهد و این افراط و تفریط ضرورت بیشتر آسیب شناسی مراکز پژوهشی را در پذیرش دانشجو تائید می‌کند.

جدول ۵. نسبت دانشجو به عضو هیات علمی و کارمند و نسبت هیات علمی به کارمند در دو پژوهشگاه مستقل با دو پژوهشکده دانشگاهی در وزارت عتف (بر اساس گزارش‌های مدیریت منابع انسانی پژوهشگاه‌ها و پژوهشکده‌ها)

ردیف	نام پژوهشگاه	نسبت کارمند به عضو هیات علمی	نسبت دانشجو به عضو هیات علمی	نسبت دانشجو به کارمند
۱	پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران	۲.۸۳	۳.۹۵	۱.۹۳
۲	پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران	۳.۰۵	۱.۹۳	۰.۶۵
۳	پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی دانشگاه شهید بهشتی	۰.۷	۱۲.۵	۱۸
۴	پژوهشکده لیزر و پلاسمای دانشگاه شهید بهشتی	۰.۶	۱۲.۵	۲۲



نمودار ۱۳. مقایسه نسبت دانشجو به عضو هیات علمی و کارمند و نسبت هیات علمی به کارمند در دو پژوهشگاه مستقل با دو پژوهشکده دانشگاهی در وزارت عتف (نمودار بر اساس گزارش‌های مدیریت منابع انسانی پژوهشگاه‌ها و پژوهشکده‌ها ترسیم شده است.)

لذا با توصیفی که از تعریف ساعت موظفی و بالا سری ده الی بیست درصدی از پروژه‌های برون سازمانی به عمل آمد و همچنین محدودیتی که در پذیرش دانشجوی به عمل آمده، بهره وری در پژوهشگاه‌ها بسیار پایین و از نظر مالی پژوهشگاه‌ها عملا در حال احتضارند. در ضمن فلسفه وجودی آنها نیز در سطوح مختلف مدیریتی اعم از آموزش عالی و همچنین دولتی مورد نقد بوده و هست. در این سناریو پژوهشگاه‌ها همانند دانشگاه‌ها تلقی می‌شوند و فقط در عنوان متفاوتاند با این تفاوت که در دانشگاه‌ها نسبت استاد به دانشجو ۱به ۲۰ و در پژوهشگاه ۱ به ۴ است. در ضمن در دانشگاه‌ها به دلیل عدم محدودیت در پذیرش دانشجوی، تکمیل ساعت موظفی اعضای هیات علمی فراهم است و پروژه‌های برون دانشگاهی خارج از ساعت موظف هیات علمی انجام می‌شود، اما در پژوهشگاه‌ها هر گونه فعالیت آموزشی و پژوهشی(راهنمایی پایان نامه و رساله) به عنوان ساعات غیر موظف و پروژه‌های برون دانشگاهی نیز در ساعات اداری انجام می‌شود.

۹-۲-سناریو دوم- پژوهشگاه شبه دانشگاه تحصیلات تکمیلی

در حال حاضر می‌توان گفت پژوهشگاه شبه دانشگاه تحصیلات تکمیلی است، اما به دلیل محدویت پذیرش دانشجو که توسط وزارت عتف به وجود آمده است، پژوهشگاه با کمتر از نیمی از ظرفیت خود دانشجو می‌پذیرد.

در سناریو دوم پژوهشگاه‌ها همانند دانشگاه‌ها متصور می‌شوند و فقط در دوره‌های تحصیلات تکمیلی دانشجو پذیرش می‌کنند و نمونه‌های بارز از این دست، دانشگاه تربیت مدرس و دانشگاه تحصیلات تکمیلی زنجان می‌باشد. البته با این ویژگی که در یک حوزه تخصصی خاص و متمرکز فعالیت می‌کنند، همانند پژوهشگاه‌های شیمی و مهندسی شیمی ایران، پلیمر و پتروشیمی ایران و پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری که تخصصی‌اند. در این سناریو اهداف و ماموریت اصلی پژوهشگاه تربیت دانشجو و تولید دانش و یا مقاله در تراز بالا و در راستای دست یابی به نشان‌های ملی و بین المللی خواهد بود. البته پیش شرط این سناریو برداشته

شدن محدودیت پذیرش دانشجو در پژوهشگاه‌ها می‌باشد. بدیهی است در رهیافت دوم بهره وری مطلوب‌تر خواهد شد. ممکن است سوال شود چطور؟ با توجه به اینکه برای ۱۶۰ دانشجو در دو ترم میزان ساعات تدریس و رساله جمعا ۴۰۰ ساعت است که به همه این فعالیت‌ها طبق سناریو اول حق‌التدریس پرداخت شود.، اما در سناریو دوم این فعالیت ها در قالب ساعت موظفی خواهد بود. مضافا اینکه میزان موظفی چهل عضو هیات علمی در دو ترم ۸۰۰ ساعت می‌باشد (با نرخ متوسط ۱۰ ساعت آموزشی در هفته برای هر عضو در یک ترم)، که در رهیافت دوم ۴۰۰ ساعت از ساعت موظفی اعضای هیات علمی نیز خالی خواهد بود که می‌شود تعداد دانشجویان را به دو برابر افزایش داد بدون اینکه مبلغی تحت عنوان حق التدریس یا حق الرساله و حق الپایان نامه پرداخت شود. در این سناریو عایدی و یا عملکرد پژوهشگاه با نرخ هر ترم ۱۰ میلیون تومان برای هر دانشجو، ۳,۲ میلیارد تومان در سال خواهد شد. در ضمن در این شیوه نه تنها تعداد مقالات افزایش خواهد یافت بلکه قراردادهای برون دانشگاهی با ده درصد بالا سری نیز کاهش نخواهد یافت.

نتیجه گیری از سناریو و راهبرد دوم: ساعت موظف تکمیل می‌شود، نسبت استاد به دانشجو اصلاح و به ۱ به ۸ ارتقا می‌یابد، ظرفیت تربیت دانشجو به دو برابر افزایش و بالطبع تعداد مقالات نیز افزایش خواهد یافت. اگر فرصت پذیرش دانشجوی آزاد فراهم شود بیش از ۳ میلیارد تومان در سال درآمد اختصاصی عاید پژوهشگاه خواهد شد و از نظر مالی از حالت احتضار بیرون خواهد آمد. بدیهی است در این رهیافت در پروژه‌های برون سازمانی نیز همانند دانشگاه‌ها تفاوت عمده‌ای ایجاد نخواهد شد.

گرچه پذیرش دانشجو به نوعی در تربیت نیروی انسانی و تولید مقاله با استفاده از ظرفیت‌های بسیار خوبی که در پژوهشگاه‌ها در بعد استادان متبحر و امکانات و تجهیزات تحقیقاتی که بعضا در برخی از آنها مثال زدنی است وجود دارد بسیار مفید است، اما به نوعی پژوهشگاه‌ها را از ماموریت اصلی که انتظار دولت، صنعت و جامعه در تولید دانش فنی و ثروت دانش بنیان است را دور می‌کند.
لازم به تاکید است، سناریو دوم با فلسفه وجودی و احداث و ماموریت پژوهشگاه‌ها کاملا مغایرت دارد، علیرغم اینکه از سناریو اول یعنی وضعیت فعلی مطلوب‌تر می‌باشد. به عبارتی اصلاح وضعیت موجود بهتر از رفتن به سناریو دوم می‌باشد.

۹-۳-سناریو سوم -طرح نو و اصلاح بنیادی در پژوهشگاه

بدیهی است اصلاح ساختار فقط با تغییر ماموریت صرف امکان پذیر نیست و مستلزم تغییرات بنیادی در ابعاد فرهنگی، برنامه ریزی، سیاست‌های آموزشی و پژوهشی، قوانین و آیین نامه‌ها و تغییرات فرا سازمانی و وزارت خانه‌ای از آموزش عالی است که مستلزم ابداع طرحی نو برای پژوهشگاه‌هاست. الگو و راهبردهای مختلفی برای پژوهشگاه‌ها می‌شود طراحی کرد.

۹-۳-۱-عهده دار و متولی نیازهای پژوهشی و فناورانه شرکت‌ها و وزارت خانه‌های دولتی، صنایع شیمیایی، پتروشیمیایی و نفت و گاز

در این سناریو ماموریت اصلی پژوهشگاه در راستای رفع نیازها و درخواست‌های مجموعه شرکت‌های صنایع شیمیایی، پتروشیمیایی و نفت و گاز دولتی و خصوصی و وزارت خانه‌های دولتی می‌باشد و موضوعات پژوهشی و فناورانه با تامین منابع مالی توسط آنها انجام می‌شود. به عنوان مثال پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران متولی امور پژوهشی شرکت‌های پتروشیمیایی، سموم و کودهای شیمیایی وزارت جهاد کشاورزی، تهیه مواد اولیه، میانی و موثره دارویی کشور، وزارت نفت و ... می‌شود. بدیهی است در این سناریو از نیروی انسانی در قالب پسا دکتری‌ها به جای دانشجویان استفاده می‌شود که تحت راهنمایی و مدیریت علمی اساتید پژوهشگاه انجام فعالیت می‌کنند و حقوق و دستمزد آنها از محل پروژه‌های کارفرمایی و به عبارتی توسط کارفرمایان و سرمایه گذاران تامین می‌شود. بدیهی است پذیرش دانشجو در این سناریو در حداقل ممکن صورت می‌پذیرد و از دانشجویان تحصیلات تکمیلی سایر دانشگاه‌ها در قالب دوره‌های کوتاه مدت فرصت مطالعاتی شش یا یک ساله در انجام امور پژوهشی به منظور آشنایی با امور فناورانه نیازهای صنعت، دولت و جامعه استفاده می‌شود.

۹-۳-۲-تولید و فروش دانش فنی در قالب رویالتی و حق امتیاز برای پژوهشگاه

در شرایط فعلی دست یابی به دانش فنی با سرمایه گذاری پژوهشگاه به دلیل محدودیت منابع مالی دشوار است و با سرمایه گذاری برون پژوهشگاهی نیز توسط کارفرمایان و حتی مجریان کمتر استقبال می‌شود. به هر حال باید به این سمت و سو حرکت کرد و در دراز مدت توان و ظرفیت پژوهشگاه را از محل حق امتیاز فروش دانش فنی افزایش داد. البته موفقیت در این سناریو مستلزم حمایت دولت و یا نظارت دولت در اجرای قوانین مصوب همکاری صنعت با دانشگاه است.

۹-۳-۴-ورود به عرصه تولید در قالب شرکت های سهامی و یا شرکت‌های دانش بنیان با عاملیت پژوهشگاه

افزایش هزینه‌های جاری و بودجه سالانه تحقیقاتی دانشگاه ها و پژوهشگاه ها به رغم تأکیدات وزرای محترم این وزارتخانه

در سنوات قبل و حاضر همواره نزولی بوده، بیش از ۹۰ درصد بودجه اختصاصی صرف هزینه پرسنلی می شود. به طوری که دانشگاه‌های تراز اول کشورکه ظرفیت های نسبتاً خوبی در تربیت منابع انسانی نخبه در تولید علم و فناوری مرزی دانش و فرامرزی دانش، در اقتصاد دانش، پژوهش و فناوری بنیان دارند، تبدیل به بنگاه‌های اقتصادی آموزش –محور شده‌اند و در قالب پردیس‌های دانشگاهی که در عمل دانشجویان این پردیس‌ها برای صرفه اقتصادی عملاً با دانشجویان غیر پردیس ادغام و خسارات جبران ناپذیری به کیفیت و برند دانشگاه‌های معتبر تحمیل می‌کند. متأسفانه این عارضه منجر به گسترش اقتصاد آموزش بنیان و توسعه روزافزون آن می‌شود. ایجاد دوره‌های آموزشی بدون توجه به نیازها، ضرورت‌ها و صرفاً در جهت کسب درآمد و صدور مدرک در برنامه هیچ نهاد علمی معتبر جهانی دیده نمی‌شود. در دانشگاههای تراز اول به ویژه پژوهشگاه‌های دنیا به طور معمول کسب درآمد از طریق فروش خدمات علمی، فنی و نیز دانش فنی به بخش صنعت صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر دانشگاه‌های برخوردار و تراز اول با پذیرش استعدادهای درخشان نه تنها در تربیت نخبگان و تأثیرگذاران در پیشرفت آتی علم و فناوری نقش ایفا می‌کنند، بلکه در آنها فعالیت‌های اقتصادی پژوهش و فناوری بنیان جایگزین اقتصاد آموزش محور شده است. به نظر می‌رسد ورود وزارت عتف در پروژه های ملی با چشم انداز سرمایه گذاری با عاملیت پژوهشگاه‌ها از مهم‌ترین راهکارهای برون رفت از این بن بست باشد. وزارت عتف با تکیه بر منابع عظیم نیروهای متخصص و امکانات وسیع علمی خود می‌تواند به راحتی به قطب تولید ثروت دانش بنیان مبدل شود. در این راستا ماموریت محور کردن پژوهشگاه ها ذیل چتر پروژه‌های لیست شده ملی، اولاً می‌تواند جهت دهی جدی به پژوهش، فناوری و تولید ثروت دانش بنیان توسط وزارت عتف و به ویژه در حوزه شیمی و مهندسی شیمی را به همراه داشته باشد. ثانیاً ورود تاریخی وزارت عتف به بالاترین زنجیره تولید دانش بنیان خواهد بود، و ثالثاً روش مناسبی برای رفع دغدغه‌های بودجه سالانه پژوهش در کشور و بخشی از هزینه زندگی اعضای فرهیخته هیات علمی مبتنی بر اقتصاد تولید دانش بنیان تا اقتصاد آموزش بنیان و مدرک و برند فروشی دانشگاه‌ها خواهد بود.

۹-۳-۵-الگوی یک شرکت تحقیقاتی-تولیدی و فروش در بازار تجارت همانند شرکت بایر در آلمان در قالب یک شرکت خودگردان خصولتی

شرکت دارویی بایر آلمان در سال ۱۸۶۳ میلادی تاسیس و یکی از بزرگترین شرکت‌های چند ملیتی داروسازی و صنایع شیمیایی در جهان است. این شرکت در حوزه دارویی و محصولات بهداشتی، مواد شیمیایی کشاورزی، بذر و محصولات بیوتکنولوژی فعالیت می‌کند. تعداد پرسنل این شرکت حدود ۱۰۰ هزار نفر و سود خالص آن در سال ۲۰۲۱ بالغ بر ۴۴ میلیارد دلار بوده است. چشم انداز و راهبرد شرکت بایر «علم برای زندگی بهتر» و در راستای اصول هفده گانه برنامه توسعه سازمان ملل متحد برای توسعه پایدار برای سال ۲۰۳۰ ترسیم شده است که دو مورد مهم از آن اصول، امنیت غذایی و بهداشت و سلامت با شعار»سلامت برای همه، گرسنگی برای هیچ‌کس» تعریف شده است. (۱۹)

این شرکت که نوآوری‌های مهمی را در حوزه های دارویی و کشاورزی ارائه داده و در بخشی از اهداف خود مدعی است به دنیایی کمک می‌کند که در آن بیماری‌ها نه تنها درمان بلکه به طور مؤثر پیشگیری شود، تا مردم بهتر از خود مراقبت کنند و محصولات کشاورزی کافی با رعایت منابع طبیعی محدود در کره خاکی تولید و فراهم شود. در بایر، پیشرفت و پایداری دست به دست هم می‌دهند تا «سلامتی برای همه، گرسنگی برای هیچ‌کس» به واقعیت مبدل شود. استراتژی بایر دستیابی به رشد و سودآوری بلند مدت و کمک موثر به جامعه و محیط زیست می‌باشد.

۱۰. نتیجه گیری و ارایه پیشنهادات

در ادامه کار قبلی در مورد آسیب شناسی دانشگاه‌ها (۲۰)، در این نوشته تلاش شد جایگاه و وضعیت موسسات پژوهشی و پژوهشگاه‌ها از جنبه‌های مختلف به تصویر کشیده شود. نتایج این بررسی نشان می‌دهد، دولت مردان، قانون گذاران و سیاست گذاران حوزه علم، فناوری و تولید ثروت دانش بنیان در رابطه با جایگاه و ضرورت پژوهشگاه‌ها در کشور اتفاق نظر ندارند و کماکان به یک جمع بندی واحد در تعریف از پژوهشگاه‌ها و ماموریت آنها دست نیافته‌اند. از یک طرف پژوهشگاه‌ها با محدودیت‌هایی از قبیل پذیرش دانشجو، بودجه پژوهشی اندک، رغبت پایین جامعه و صنعت برای رجوع به پژوهشگاه ها در حل مسائل دانش بنیان برخوردارند. از طرف دیگر توسط دولت ها وظایف سنگین و حل مسائل و مشکلات دانش و فناوری بنیان از پژوهشگاه‌ها مطالبه می‌شود. به طوری که دولت مردان، سازمان برنامه و بودجه، مجموعه مدیریت آموزش عالی در دولت‌های مختلف و جامعه از ماموریت و عملکرد فعلی پژوهشگاه‌ها به درستی چندان خشنود و راضی نیستند. در گزارشی که اخیرا توسط موسسه استنادی و پایش علم و فناوری جهان اسلام منتشر شده است، شاخص بهره وری پژوهشگاه‌ها را تعداد و کیفیت مقالات قرار داده است که نشان می‌دهد در افکار رصدکنندگان عملکرد

موسسات علمی و پژوهشگاه‌ها نیز معیار و شاخص کماکان مقاله است. شاید این ناشی از وظایف موظف اعضای هیات علمی پژوهشگاه‌ها طبق دستورالعمل‌ها و قوانین جاری یک مقاله در سال باشد، که سازمان رصد کننده شاخص بهره وری را با تعداد مقاله سنجیده است و نه با تولید دانش فنی و ثروت دانش بنیان که مقصود دولت مردان می‌باشد. به قول معروف «خود کرده را تدبیر نیست.»در دنیای مدیریتی امروز، برنامه جمعی در درون یک نظم اجرا می‌شود و اگر کسانی هماهنگ نباشند از گردونه خارج می‌شوند، مگر اینکه برنامه و نظمی نباشد. لذا نباید چندان با تکلیف قانونی تعریف شده فعلی، توقع نیل به تولید دانش فنی و خود گردانی پژوهشگاه‌ها را داشت و اگر نباشد هم کسی ملامت نمی‌شود.

به هر حال هرچند برای کار و اندیشه درست فرصت‌ها براحتی از دست می‌روند ولی هیچ عذری برای برگشت به اصول درست پذیرفته نیست. انتظار می‌رود پس از سالها از احداث و فعالیت پژوهشگاه‌ها در کشور، با توجه به رویکرد جدید در افزایش اثر بخشی و بهره وری نتایج فعالیت‌های پژوهشی پژوهشگاه‌ها در جامعه و صنعت، افزایش سهم تولید ناخالص ملی از اقتصاد دانش و فناوری بنیان ضرورت دارد؛ و خودکفایی و خودگردانی پژوهشگاه‌ها در بخشی از منابع مالی، جایگاه و ماموریت پژوهشگاه‌ها در یک نشست تخصصی متشکل از حمایت کنندگان مالی از پژوهشگاه‌ها یعنی دولت، متخصصان و صاحب نظران پژوهشگاه‌ها و دانشگاه‌ها و متقاضیان و استفاده کنندگان از فعالیت‌ها و محصول پژوهشگاه‌ها یعنی جامعه و صنعت، باید بررسی و بازبینی شود؛ حاصل این نشست و بازنگری هم باید تصمیمی مبتنی بر صلاح دولت، جامعه و صنعت و پژوهشگاه باشد و برای پیگیری و اجرا به وزارت عتف پیشنهاد شود. بهترین متولی برای آسیب شناسی، ارزیابی و بازبینی وضعیت فعلی و ارایه راهکار و یا راهبرد مناسب به منظور ارتقای بهره وری و اثر بخشی فعالیت‌های علمی و فناورانه، مجمع پژوهشگاه‌هاست که متشکل از روسای آنهاست . اما پیشنهاداتی چند در جهت ارتقای جایگاه و افزایش بهره‌وری در موسسات پژوهشی و پژوهشگاه‌ها:

۱- در وضعیت فعلی، بهره وری پژوهشگاه‌ها -به دلیل کاستی‌ها و موانع برون سازمانی ازقبیل ایجاد محدودیت پذیرش دانشجو توسط وزارت عتف، پایین بودن بودجه اغلب پژوهشگاه‌ها، عدم مشارکت و حمایت صنعت از پروژه‌های دانش بنیان و فناوری بنیان در پژوهشگاه‌ها و مسائل درون سازمانی دیگر مانند عدم سنخیت ساعت موظف با ماموریت‌ها و درصد ناچیز بالا سری طرح‌ها که حتی کفاف حقوق دریافتی توسط عضو هیات علمی از بودجه دولتی را پوشش نمی‌دهد- پایین است. از طرف دیگر سناریو پیشنهادی دوم نیز با فلسفه وجودی پژوهشگاه‌ها مغایرت دارد. لذا تحول در وضعیت فعلی و رفتن به سوی سناریو سوم یک الزام به نظر می‌رسد و پیشنهاد می‌شود توسط وزارت عتف با همکاری مجمع پژوهشگاه‌ها اتخاذ تصمیم شود.

۲- اصلاح ساعت موظف اعضای هیات علمی در اولین فرصت از تبصره ۲ ماده ۲۴ آیین نامه استخدامی اعضای هیات علمی وزارت عتف به بند ۱ ماده ۲۴ یعنی (۲۴-۱)،

۳- حقوق اعضای هیات علمی پژوهشگاه‌ها منطقی شود و کل مبلغ قراردادهای پژوهشی برون سازمانی در اختیار پژوهشگاه قرار گیرد، و یا اینکه سقف هزینه‌های پرسنلی قابل پرداخت به عضو هیات علمی بیش از ۲۵ درصد نباشد.

۴- یکی از راهکارهای تامین نیروی کار همکار استاد در پروژه‌های برون پژوهشگاهی، از طریق پذیرش همکار پسا دکتری و تامین حقوق آنها از محل بودجه قراردادهای برون سازمانی فراهم شود.

۵- با توجه به اینکه بودجه پرسنلی و جاری پژوهشگاه‌های ستادی عتف را دولت تامین می‌کند، ضروری است بر حسب ماهیت پژوهشگاه‌ها، حداقل بودجه پژوهشی آنها توسط شرکت‌های دولتی تامین شود و پژوهشگاه‌های ذیربط نیز مسائل علمی و فنی آنها را تامین کند. به عنوان مثال پژوهشگاه‌های شیمی و مهندسی شیمی ایران و پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی می‌توانند به عنوان قطب علم و فناوری، مشاور و متولی حل مسایل علمی و فنی صنایع شیمیایی، پتروشیمیایی و دارویی در کشور باشند.

۶- ایجاد فرصت‌های بیشتر در تامین نیروی انسانی همکار پژوهش از قبیل پذیرش دانشجو در مقطع دکتری بویژه از صنعت توسط پژوهشگاه‌ها خارج از ضوابط سازمان سنجش، اختصاص پسادکتری به عنوان دستیاران از طرف وزارت عتف و همچنین امکان پذیرش دانشجوی مشترک با سایر دانشگاه‌ها در مقطع دکتری.

تقدیر و تشکر

از استاد ارجمند جناب آقای دکتر ابوالقاسم مقیمی از شرکت شیمی پلیمر پارس ایرانیان و آقایان دکتر علی اصغر محمدی و دکتر سلمان طاهری از پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران که حوصله به خرج دادند و پیش نویس این مقاله را به دقت مطالعه، و پیشنهادات ارزنده ای در جهت ارتقای کیفی آن ارائه فرمودند کمال امتنان و تشکر را دارم. همچنین از سر دبیر محترم مجله «نامه علوم پایه» استاد آقای دکتر علی فرازمند که زحمت فراوانی در ویرایش ادبی این مقاله داشتند کمال امتنان را دارم.

منابع:

۱. شعبانی احمد، داوری اردکانی نگار(۱۳۹۲). تبیین راهکارهای فرایند تولید ثروت دانش‌بنیان، نشریه نشاء علم، سال چهارم شماره اول، دی ماه، صفحات ۴۲-۳۶.

۲. الوین تافلر و هایدی تافلر(۱۳۸۷).ثروت انقلابی، ترجمه امیر رحیمی، تهران، انتشارات ماهی.

3. National Science Board, National Science Foundation. 2020. Science and Engineering Indicators 2020: The State of U.S. Science and Engineering. NSB1-2020-. Alexandria, VA. Available at https://ncses.nsf.gov/pubs/nsb20201/.

4. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD تولید ناخالص ملی

۵. شعبانی احمد، داوری اردکانی نگار، آقا ابراهیمی هاجر(۱۳۹۲). جغرافیای علم: وضعیت پژوهش در جهان (دهه نخست قرن بیست و یکم)، انتشارات پایگاه استنادی علوم جهان اسلام.

6. Luisa R. Blanco, Ji Gu, James E. Prieger, The Impact of Research and Development on Economic Growth and Productivity in the U.S. States, Southern Economic Journal,82, 914-934(2016).

7. https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS سهم پژوهش

۸. زراعت کیش یوسف، نصیری حسین، یوسفی هادی (۱۴۰۰). بررسی لایحه بودجه سال۱۴۰۱کل کشور ۴۲. آموزش عالی، تحقیقات و فناوری، مرکز پژوهش های مجلس، دی ماه، شماره مسلسل گزارش۱۸۰۰۵.

9. The Evolving Chemicals Economy: Status and Trends Relevant for Sustainability: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/28186/GCOII_PartI.pdf

10 .2022 Guide to the Business of Chemistry, American Chemistry Council®, 700 2nd Street.NE. Washington, DC. 20002: https://www.americanchemistry.com › content › file PDF

11. Global Chemicals Outlook II: From Legacies to Innovative Solutions, Implementing the 2030 Agenda for Sustainable Development-Synthesis Report, United Nations Environment Programme, 2019: https://www.unep.org/resources/report/global-chemicals-outlook-ii-legacies-innovative-solutions

12. Guide to the Business of Chemistry 2021, American Chemistry Council: https://www.americanchemistry.com/chemistry-in-america/data-industry-statistics/resources/2021-guide-to-the-business-of-chemistry

۱۳. علوم پایه: محور توسعه، پیشرفت و اقتدار دانش بنیان، گزارش نخستین همایش سند راهبردی توسعه علوم پایه، ۱۶ اسفند ۱۳۹۰، دانشگاه شهید بهشتی :https://isc.ac/fa/download

۱۴. کریمیان خشایار(۱۴۰۱). آینده علم و فناوری در شیمی و صنایع شیمیایی ایران، نامه علوم پایه فرهنگستان علوم، شماره ۵، صفحات۶۲-۴۸.

۱۵. پژوهش و فناوری در لایحه بودجه سال ۱۴۰۱ کل کشور، مرکز پژوهشهای توسعه و آینده نگری سازمان برنامه و بودجه، مجموعه گزارش شماره ۲۷۲، دیماه ۱۴۰۰.

16. https://www.irna.ir › news › علم-خانه

۱۷. شعبانی احمد، (۱۳۹۵). بیکاری دانش آموختگان دانشگاهی و مهاجرت مغزها «، نشریه نشا علم، سال هفتم، شماره اول، ص ۱۵-۶.

۱۸. آیین نامه ارتقای مرتبه اعضای هیات علمی آموزشی و پژوهشی و فناوری به انضمام شیوه نامه اجرایی، آیین نامه طرز تشکیل هیات ممیزه و آیین نامه استخدامی اعضای هیات علمی(مرکز هیات های امناء و هیات های ممیزه)(۱۳۹۵)، ص ۵۹-۵۸.

19. https://www.bayer.com/en/strategy/strategy

۲۰. شعبانی احمد(۱۴۰۰). آیا تحول در دانشگاه سنتی ضرورت دارد؟، نامه علوم پایه فرهنگستان علوم، شماره ۲ و۳، صفحات ۴۹-۳۶.

علم جهانی و مقایسات ملی:
ورای کتاب‌سنجی و علم‌سنجی

Simon Marginson (2022) Global science and national comparisons: beyond bibliometrics and scientometrics, Comparative Education,58:2, 125-146
DOI: 10.1080/03050068.2021.1981725

ترجمه اتابک روحی امینجان، علی فرازمند
گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا؛
a.roohiaminjan@basu.ac.ir
دانشکده زیست شناسی، دانشکدگان علوم دانشگاه تهران و شاخه زیست شناسی فرهنگستان علوم
afarazmand@ut.ac.ir
نامه علوم پایه شماره ۶، تابستان ۱۴۰۱

خلاصه

در سه دهه اخیر، یک سیستم شبکه‌ای جهانی در رشته‌های علوم طبیعی پدید آمده است که با روابط معرفتی دانشگاهی در دانشگاه‌ها تقویت شده است. علوم با سفارش و بودجه ملی در کنار سیستم علمی جهانی گسترش یافته است. با این وجود، مخزن مشترک جهانی مقالات تعریف شده به وسیله مجموعه‌های کتاب‌سنجی، بخش بزرگی از دانش را در خود جای نمی‌دهد. در سیستم جهانی، چهار روند مشاهده می‌شود: ۱) رشد سریع مقالات؛۲) تنوع‌یابی ظرفیت علمی در بسیاری دیگر از کشورها؛ ۳) گسترش همکاری‌های شبکه‌ای بین‌المللی و ملی که با توجه به هم نویسی (co-authorship) اندازه‌گیری می‌شود؛ ۴) پیشرفت فزاینده ظرفیت چند قطبی، خروجی‌ها و کیفیت، با ظهور چین و تعدادی از سیستم ملی با اندازه متوسط بیرون از بلوک اروپایی–آمریکایی. این مقاله تفسیر رایج و غالب علم جهانی را در علم‌سنجی –که در آن برای مقایسه‌های ملی اجرایی، تجزیه و تحلیل پوزیتیویستی داده‌ها به کار گرفته می‌شود– به نقد می‌کشد. این بحث بر پایه یک توضیح تاریخی–ترکیبی از سیستم جهانی است که داده‌ها و نظریه‌پردازی را درهم می‌آمیزد و همچنین به روابط قدرت در این میان می‌پردازد.

کلیدواژگان: علوم پایه؛ شبکه‌ها؛ پژوهش‌های دانشگاهی؛ جهانی شدن؛ همکاری جهانی؛ ژئوپلیتیک؛ ایالات متحده؛ چین

مقدمه

پس از استقرار اینترنت در اوایل دهه ۱۹۹۰، ارتباطات شبکه‌ای در زمینه تحقیق و پژوهش با سرعت زیاد گسترش یافت. یک سیستم علمی جهانی شامل چهار عنصر پدیدار شد که عبارت‌اند از: ۱) مخزنی مشترک از دانش رشته‌های علوم طبیعی که با دو مجموعه کتاب‌سنجی از مقالات، Web of Science و Scopus، تعریف می‌شود؛ ۲) دانشمندانی که در تولید و مبادله دانش شرکت دارند؛ ۳) ساختار ارتباطات مابین آنها؛ و ۴) روش‌ها و شیوه‌نامه‌های حاکم بر کار آنها. «دانشمندان در جوامع ارزشیابی جهانی سازماندهی شده‌اند که دانش خود را در مقالات داوری شده در مجلات تخصصی منتشر می‌کنند» (Wuestman, Hoekman, and, 2019 Frenken). در اینجا «جهانی» به معنای فعالیت‌ها و روابط موجود در سطح هستی‌شناسی کره زمین هستند که به مرور زمان به سمت جهانی یکپارچه‌تر حرکت می‌کنند (Conrad, 2016). منظور از «سیستم» عناصری است که یک کل برهمکنشی را در داخل مرزهای مشخص تشکیل می‌دهند. «علوم جهانی» بیشتر به حوزه‌های دانش مبتنی بر علوم طبیعی اشاره دارد، گرچه مخزن جهانی شامل حجم متوسطی از مقالات علوم اجتماعی و برخی از کارهای علوم انسانی نیز هست .

برای درک علم معاصر، دو عنصر کلیدی هستند. یکی شکوفایی فعالیت در مقیاس جهانی که امروزه به شکلی استثنائی پویاست و بیشتر قلمروها را پیش می‌برد، چنانکه علوم طبیعی به آسانی به عنوان حوزه‌ای واحد برای ایجاد، مبادله و مقایسه تصور می‌شود – گرچه، همان طور که مطرح خواهیم کرد، به هیچ وجه همه دانش‌ها در سطح جهانی شناخته نمی‌شوند. پویایی در مقیاس جهانی در چهار زمینه آشکار است. اول اینکه از سال ۲۰۰۰ مقاله‌های با انتشار جهانی، سالانه ۵ درصد افزایش داشته است. دوم، در کشورهای با درآمد متوسط و برخی از کشورهای کم‌درآمد که سیستم‌های علمی ملی درون‌زاد خود

را شکل داده‌اند، ظرفیت در زمینه‌های مبتنی بر علوم طبیعی به طور فزاینده‌ای در مقیاس جهانی گسترش یافته است. سوم، مقالاتی که توسط دانشمندان در شبکه‌ای متشکل از بیش یک سازمان نوشته شده‌اند، سریع‌تر از سرجمع کل مقالات رشد کرده‌اند و مقالات با همکاری بین‌المللی نویسندگان، به‌ویژه سریع رشد کرده‌اند. چهارم، در حالی که ایالات متحده هنوز در علم با استناد بالا و همکاری‌های شبکه‌ای رهبری جهان را داراست، مرتبه جهانی قدیمی اروپایی- آمریکایی در علم با ظهور چین و چندین سیستم علمی ملی بزرگ دیگر خارج از اروپا-آمریکا، به چندگانگی نزدیک شده است.

نکته کلیدی دیگر علم این است که یک ساختار سیستمی ناهمگن دوگانه، علم جهانی و علم ملی، را به وجود آورده است. علم جهانی و ملی از نظر شکلی متمایزند. علم جهانی توسط دانشمندان توزیع شده در شبکه‌های تخصصی، خود-مدیریت است در حالی که علم ملی به طور معمول در دست دولت-ملت‌هاست. سیستم‌های ملی نه تنها دربردارنده دانش، افراد، شبکه‌ها و شیوه‌نامه‌ها همانند سیستم علمی جهانی است بلکه قوانین، مقررات، سیاست‌ها، آژانس‌ها، مؤسسات، زیرساخت‌ها و به‌ویژه تامین اعتبار را نیز شامل می‌شوند (در این چارچوب برنامه‌های تحقیقاتی اروپایی در مقیاس منطقه‌ای نقش دولت-ملت را ایفا می‌کنند).

علم جهانی را با «عمل عمود بر سیستم‌های ملی» توصیف می‌کنند (Wagner, Park, and Leydesdorff;(۲۰۱). این دو نوع علم با یکدیگر همپوشانی و برهمکنش نیز دارند. آنها مخزن مقالات جهانی را به اشتراک می‌گذارند و همچنین دانشمندانی را به اشتراک می‌گذارند که در هر دو حوزه جهانی و ملی فعال هستند (2021a;2021b Marginson). علم ملی هم شامل بخش ملی فعالیت علمی جهانی و هم شامل زیرساخت‌ها، فعالیت‌ها و خروجی‌های علمی است که خارج از مدار جهانی قرار می‌گیرند. این دو نظام علمی برای یکدیگر ضروری هستند. علم بر مبنای دولت-ملت بر دانش و شبکه‌های جهانی پیشرفته تکیه می‌کند. در عین حال، فعالیت جهانی با بازآرایی و تامین منابع علم در سیستم‌های ملی و در سازمان‌های ملی، به‌ویژه دانشگاه‌های تحقیقاتی پشتیبانی می‌شود. اگرچه کمتر از یک پنجم اعتبار تحقیق و توسعه مربوط به آموزش عالی است (OECD, 2021)، ۸۵ درصد مقالات حداقل یک نویسنده دانشگاهی دارند (2017 ,Powell, Baker, and Fernandez). دانشگاه‌ها و دانشمندان آنها مدت‌هاست در حوزه‌های ملی و جهانی فعالیت دارند. آنچه تغییر کرده است وزن فعالیت در مقیاس جهانی است.

هدف این مقاله، کمک به درک سیستم در حال تحول علم جهانی است. این نظام از حوزه دولت-ملت‌ها فراتر می‌رود و زمینه مقایسه بین آنها را نیز فراهم می‌آورد، هرچند در مرزهای کتاب‌سنجی محدود می‌شود. این مقاله همچنین پتانسیل‌ها و محدودیت‌های روش‌های (عمدتا پوزیتیویستی) مورد استفاده در مطالعات علمی ناظر بر تجزیه و تحلیل داده‌های کتاب‌سنجی را، از جمله کاربرد گسترده اما ناقص این روش‌ها درمقایسه‌های ملی عملکردی علم جهانی را منعکس می‌سازد. مقاله استدلال می‌کند که تحقیق مبتنی برداده‌های بزرگ، بخشی از توضیح علم جهانی است، نه کل آن. این روند باید با روش‌های دیگر، از جمله نظریه‌پردازی تاریخی-ترکیبی، درآمیزد.

مقاله با گنجاندن و کنارگذاشتن [منابع] در کتاب‌سنجی جهانی و با نظراتی در مورد علم‌سنجی آغاز می‌شود. سپس به گرایش‌های قابل مشاهده در داده‌های جهانی می‌پردازد: رشد مقالات جهانی، توزیع ظرفیت علمی، رشد شبکه‌های نویسندگان همکار و چند قطبی بودن در قدرت علمی. سپس، بخش بعدی به بررسی انتقادی مطالعات مقایسه ملی در علم‌سنجی می‌پردازد. در نتیجه‌گیری، یک رویکرد ترجیحی برای درک علم جهانی ترسیم شده است.

کتاب‌سنجی و علم‌سنجی

مجموعه‌های کتاب‌سنجی Scopus، متعلق به الزویر (Elsevier) و Web of Science (WoS)، متعلق به Clarivate Analytics (Waltman, 2016) هم مستقیما و هم از طریق منابع داده ثانویه- مانند فهرست‌های دوسالانه [از گزارش‌های] علم و مهندسی دفتر ملی علوم ایالات متحده (National Science Bureau's biennial science and engineering indicators) که از Scopus (NSB 2020) استفاده می‌کند و رتبه‌بندی دانشگاه لیدن (Leiden ranking (University (2021 که از WoS استفاده می‌کند- قابل دسترسی هستند. Scopus و WoS دارای عملکردهای هنجاری، عملی و تجربی-تحلیلی هستند. آنها مرزهای دانش شناخته شده جهانی را تعیین می‌کنند، محتوای همکاری و تبادل ارزشیابی شبکه‌ای را فراهم می‌کنند و منبع تحقیق علم جهانی هستند. کتاب‌سنجی امکان طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل مقالات، نویسندگان، گروه‌های علمی و استنادها را بر اساس رشته، موضوع، وابستگی سازمانی، ویژگی‌های جمعیتی و موقعیت جغرافیایی فراهم می‌کند. این مجموعه داده بزرگ برای اهداف بسیاری، علمی و اجرایی کار می‌کند.

گنجاندن و کنارگذاشتن [منابع] در کتاب‌سنجی

کتاب‌سنجی، به عنوان شبکه‌ای معرفتی از افراد و دانش، به علم جهانی شکل مادی می‌بخشد. این شبکه معرفتی عملکرد

متقابل دارد و محتوا و هدف کتاب‌سنجی را فراهم می‌کند. سیستم علم جهانی، شامل فعالیت‌های تولید و همکاری و نیز فعالیت‌های شناسایی مانند گنجاندن و استناد، بر دانش درست و نادرست صحه می‌گذارد. همه این فعالیت‌ها اِعمال قدرت‌اند، اما تولید علمی آزاد و بی‌مرز است در حالی که انتخاب علمی نظم و سلسله مراتب را امکان‌پذیر می‌کند. مرزهای داخلی/ خارجی تحمیل شده توسط Scopus و WoS هنجارهای دانشگاهی مربوط به خروجی و کیفیت معتبر، تعاریف دولتی از عملکرد علم و درک صنعت از دانش مفید را تنظیم می‌کند. عملکرد نظارتی کتاب‌سنجی توسط شرکت‌های تجاری صاحب نظر در زمینه اطلاعات و انتشارات و همکاری با جوامع حرفه‌ای و علمی، انجام می‌شود. آنها هنجارهای حاکم بر علم جهانی را تعیین می‌کنند. تغییر هنجارها به معنای تغییر سیستم شبکه جهانی است.

در حال حاضر، حجم زیادی از دانش علوم پایه و رشته‌های دیگر، خارج از Scopus و Web of Science قرار دارد. انگلیسی زبان اول ۵ درصد از جمعیت جهان است (Ethnologue, 2019)، اما در سال ۲۰۱۸، به ترتیب ۹۵/۳۷ و ۹۲/۶۴ درصد انتشارات WoS و Scopus به زبان انگلیسی بوده‌اند (Vera-Baceta, Thelwall, and Kayvan, 2019). برای مثال دانشمندان چینی، در سال ۲۰۱۸، ۵۲۸،۶۲۳ مقاله در Scopus ، تقریباً همه به زبان انگلیسی (NSB 2020)، منتشر کردند اما ۴۴۷،۸۰۰ مقاله در پایگاه چینی داده مقالات علمی و فنی و استنادها (Chinese Scientific and Technical Papers and Citations data base)را تقریباً همه به زبان چینی، منتشر کردند که از جمله شامل ۲۱،۶۰۵ مقاله در زمینه طب چینی (CSTPC, 2021) است که علی‌رغم اینکه مورد علاقه جهانی‌اند عمدتا برای افراد غیر بومی دسترس ناپذیرند.

در علوم اجتماعی و انسانی، اغلب بسترهای ملی، پدیده‌ها و مسائل فرهنگی محور مطالعه هستند و نتیجتا بحث معمولاً به زبان‌های ملی است. با این حال، هیچ شیوه‌نامه استانداردی برای ترجمه مقالات غیرانگلیسی به انگلیسی وجود ندارد و میزان ترجمه متون از انگلیسی به زبان‌های دیگر ۱۰ برابر ترجمه از اینها به انگلیسی است (Naravane, 1999). حتی در رابطه با کار به زبان انگلیسی، Scopus و WoS بسیاری از مجلات علوم انسانی و علوم اجتماعی غیرکمی و تقریباً همه کتاب‌هایی را که اغلب محتوای اصلی در این رشته‌ها هستند، حذف می‌کنند. علوم اجتماعی «جهانی» در کتاب‌سنجی بیشتر بر کشورهای انگلیسی–آمریکایی متمرکز است (Marginson and Xu, 2021). با اشاره دوباره به چین به عنوان مثال، در سال ۲۰۱۸، دانشمندان علوم اجتماعی چین، اغلب با استفاده از نظریه‌ها، مفاهیم و موضوعات انگلیسی–آمریکایی (Xu, 2020) ۵،۴۸۶ مقاله به زبان انگلیسی در Scopus و ۵۳،۳۰۰ مقاله به زبان چینی (CSTPCD, 2021) منتشر کرده‌اند. دنیای دانشگاهی، جامعه ایالات متحده را بسیار بهتر از جامعه چین یا هند می‌شناسد، با این حال این کشورها به اندازه ایالات متحده مهم هستند.

این مسئله، پرسش فوکو (۱۹۷۵) را مطرح می‌کند: رژیم حقیقت چیست؟ در پسِ Clarivate Analytics و Elsevier و جوامع علمی که با آنها به رسمیت شناخته می‌شوند، داستانی طولانی از قدرت معرفتی (epistemic)، زبانی، سازمانی و سیاسی–اقتصادی نهفته است. بیگل[1] (۲۰۱۴) خاطرنشان می‌سازد که مجموعه‌های کتاب‌سنجی برای کدگذاری و گردش دانش، مانند ماهیت مجله، از الگوهای انگلیسی–آمریکایی استفاده می‌کنند. ویراستاران اکثراً انگلیسی–آمریکایی–اروپایی بوده، انتظار دارند نظریه‌ها و روش‌های «شمالی» مورد استفاده قرار گیرند. تعریف، اعتبارسنجی و انتخاب دانش توسط دانشگاه‌های انگلیسی–آمریکایی انجام و بازتولید می‌شوند که بر رتبه‌بندی جهانی استیلا دارند، زیرا آنها اعتبار دانشی را که تولید می‌کنند، خود تایید می‌کنند. این فقط به نابرابری منابع یا حجم خروجی مربوط نمی‌شود، بلکه در مورد شناسایی و به رسمیت شناخته شدن هم هست. «تحقیقات علمی در جهان غیر OECD [2] (سازمانی متشکل از ۳۷ کشور دموکراسی دنیا که برای توسعه استانداردهای اقتصادی همکاری دارند) عموماً دستخوش کمبود در دیده شدن و اعتبار هستند» (Vessuri, Guedon and Cetto 2014). فراتر از آن، بیشتر دانش درون‌زاد (بومی) به طور کلی حذف می‌شود (Connell 2014, 211-212).

دانش جهانی زاییده محتوای اروپایی–آمریکایی (در درجه اول انگلیسی–آمریکایی) است که توسط عوامل و فرآیندهای اروپایی–آمریکایی بازتولید شده است. جای تعجب است که در دنیای چندقطبی، تقاضای کمی از طرف ناشران و صاحب‌نظران کتاب‌سنجی برای استفاده از ترجمه چند زبانه با نرم‌افزارهای همراه وجود دارد. توضیح تئوری برای این موضوع ممکن است تا حدی در ایده گرامشی[3] (۱۹۷۱) درباره هژمونی نهفته باشد. رضایت به اختیار می‌تواند ریشه فرهنگی–زبانی و همچنین ریشه سیاسی–اقتصادی داشته باشد. به نظر می‌رسد این دو نوع قدرت ربطی به هم ندارند!

1. Beigel
2. Organisation for Economic Co-operation and Development
3. Gramsci

محدودیت‌های علم سنجی

قلمرو علمی بررسی داده‌های کتاب‌سنجی، شاید متأسفانه، «علم‌سنجی» نام گرفته است (برای مطالعه بیشتر Mingers and Leydesdorff ۲۰۱۵ و Patelli et al. ۲۰۱۷ را ببینید). حدود ۲۰۰ مقاله علم‌سنجی برای مقاله حاضر مطالعه شد (Marginson 2021a). علم‌سنج‌ها با برقراری همبستگی‌های عددی بین متغیرها، به شیوه پوزیتیویستی به دنبال ایجاد قواعد الگومدار و شناسایی علیت در علم هستند. برخی برای برقراری روابط بین واحدها از تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی، مجموعه‌ای از تکنیک‌های روش‌شناختی در درجه اول کمی، استفاده می‌کنند (Scott 2017)، به عنوان مثال استفاده از نمودارهای شبکه‌ای برای ترسیم پیوند بین دانشمندان، سازمان‌ها و کشورها، یا برای ترسیم جریان‌های دانش از طریق استناد در مبادلات علمی در زیرقلمروها و موضوعات تعریف شده است.

علم‌سنجی می‌تواند اجمالی جزئی از جنبه‌های علم جهانی را فراهم کند. برخی در این مقاله ارائه شده‌اند. با این حال، ابزارهای کمّی قدرتمند علم‌سنجی بر تکیه بدانچه قابل اندازه‌گیری و نادیده گرفتن هرآنچه که غیرقابل اندازه‌گیری است، توصیه می کنند. علم‌سنجی اغلب بیشتر از آنچه درچنته دارد توضیح می‌دهد. آزمایش علم‌سنجی متغیرها نمی‌تواند نظریه‌پردازی جامع را امکان‌پذیر کند، با این حال چند مطالعه علم‌سنجی (مثل Wagner and Leydesdorff 2005) تجزیه و تحلیل داده‌ها را با تئوری تکمیل می‌کنند. هستی‌شناسی کم‌عمق اغلب با تقویت علمی تقویت می‌شود. شکاف‌ها در توضیح با ارائه همبستگی‌های پیشنهادی، استنتاج علیت بدون ادعای آن، یا با توجه به شک و تردید در مورد علیت اما با ارائه همبستگی‌ها به عنوان پیش‌فرض، برطرف می‌شوند (Cimini, Zaccaria, and Gabrielli 2016 را ببینید). برخی از نویسندگان نیز به جای نظریه‌پردازی، روایات تفسیری را در بخش بحث مقالات ارائه می‌دهند. این روایات معمولاً فاقد مبنای تجربی یا نظری هستند، اما از دقت کار داده‌های قبلی، اعتبار ارجاعی خاصی به دست می‌آورند.

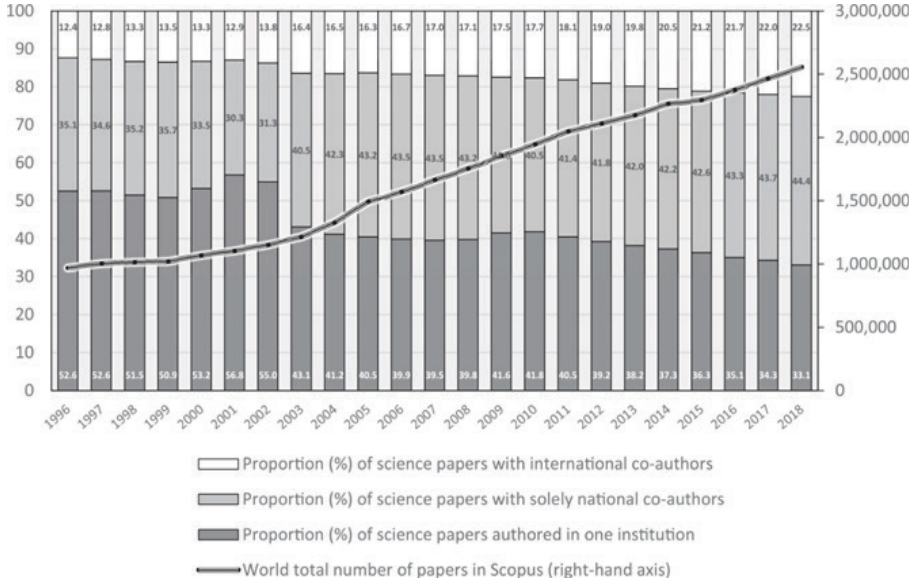
کتاب‌سنجی و علم‌سنجی را نیز به جایی می‌کشانند که نباید بروند. بسیاری از مطالعات به داده‌سازی‌هایی سوق داده می‌شوند (Sadowski, 2019)، که اشیاء و شیوه‌های واقعی را به داده‌های دیجیتال تبدیل می‌کنند و سپس به عنوان سیستمی انتزاعی از ارزش نشان داده می‌شوند (به‌عنوان مثال استنادها به طور یکنواخت مثبت دیده می‌شوند و به هر استناد ارزشی واحد داده می‌شود). این امر – در حالی که ابزارهایی مبتنی بر کلّیت‌های نادرستی ایجاد می‌کند که به طور گسترده برای مقایسه عملکرد سازمانی و ملی استفاده می‌شود – راه را بر دیدن تخصص و تنوع زمینه، عوامل و اهداف می‌بندد.

رشد مقالات

اولین روند تجربی در علم جهانی، رشد سریع آن است. بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸، تعداد مقالات در Scopus از ۱,۰۷۱,۹۵۲ به ۲,۵۵۳,۹۵۹ (شکل ۱)، با میانگین رشد سالانه ۴/۹۴ درصد افزایش یافت (NSB 2020)، در حالی که تولید ناخالص داخلی جهانی با سرعت کمتر و به میزان ۳/۵۲ درصد در سال رشد کرد (World Bank 2020). اگر کشور علمی به عنوان کشوری با تحصیلات دکترا در برخی قلمروها، با امکان بازتولید خود و شهروندانی تعریف شود که سالانه ۵۰۰۰ مقاله Scopus منتشر می‌کنند، به ازای نسبت سهم نویسنده، بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸، همه کشورهای علمی تثبیت شده به جز ژاپن، رشد چشمگیری در این زمینه داشته‌اند و بیشتر کشورهای علمی نوپدید رشد بسیار سریعی نشان می‌دهند. رتبه‌بندی دانشگاه لیدن (۲۰۲۱)، ۱۳۱ دانشگاه را فهرست می‌کند که بیش از ۵۰۰۰ مقاله را در سال‌های ۲۰۰۹–۲۰۰۶ منتشر کرده‌اند. در سال‌های ۲۰۱۹–۲۰۱۶، ۲۴۸ دانشگاه بیش از ۵۰۰۰ مقاله منتشر کرده‌اند.

برپایه اعتبارات دولتی تحقیقات در دانشگاه‌ها و مؤسسات عمومی و نیروی کار پژوهشگر، رشد برونداد کتاب‌سنجی با ظرفیت سیستم ملی توسعه‌یافته همبستگی ضعیفی نشان می‌دهد. به عنوان مثال، در چین از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸، اعتبار تحقیقات آموزش عالی با ضریب ثابت ۱۰/۲۴ بوده است، در حالی که مقالات Scopus نویسندگان چینی ضریب ۹/۹۶ دارد. به همین ترتیب، ضریب اعتبارات تحقیقاتی ژاپن ۱/۰۳ و مقالات ژاپن ضریب ۱/۰۲ داشته است (NSB 2020؛ OECD 2021). بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵، تعداد فارغ‌التحصیلان سالانه دکترا، ۲/۹ درصد در ایالات متحده، ۵/۷ درصد در بریتانیا و ۱۰/۹ درصد در چین افزایش نشان می‌دهد (NSB 2020). در آلمان، تعداد پژوهشگران تمام وقت در آموزش عالی از ۶۷,۰۸۷ نفر در سال ۲۰۰۰ به ۱۱۴,۸۶۸ نفر در سال ۲۰۱۸ افزایش یافته است (OECD 2021).

موضوعی که نیاز به توضیح دارد، چرایی رشد شتابان ظرفیت و خروجی است. در خودِ علم، آیا گنجاندن کتاب‌سنجی یا رشد در خود دانش و/یا فعالیت‌های علمی جمعی است که آن را پرورش می‌دهد؟ ورای علم، آیا علم با رقابت و سرمایه‌گذاری ملی تشدید شده یا با پویایی گسترش یابنده در ارتباطات شبکه‌ای برای تحریک سرمایه‌گذاری ملی در گره‌های علمی، پیشرفت می‌کند؟



شکل ۱: کل مقالات علمی در Scopus (محور سمت راست) و نسبت (٪) مقالات با نویسندگان همکار بین‌المللی و مقالات دارای نویسندگان همکار در سطح ملی (محور سمت چپ) در جهان از ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۸. مقالات دارای نویسندگان همکار ملی، با همکاری نویسندگانی از یک کشور از سازمان‌های مختلف نوشته شده‌اند. مقالات دارای نویسندگان همکار بین‌المللی، شامل نویسندگانی از بیش از یک کشور هستند (داده‌های Scopus در NSB 2020).

برپایه اعتبارات دولتی تحقیقات در دانشگاه‌ها و مؤسسات عمومی و نیروی کار پژوهشگر، رشد برونداد کتاب‌سنجی با ظرفیت سیستم ملی توسعه‌یافته همبستگی ضعیفی نشان می‌دهد. به عنوان مثال، در چین از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸، اعتبار تحقیقات آموزش عالی با ضریب ثابت ۱۰/۲۴ بوده است، در حالی که مقالات Scopus نویسندگان چینی ضریب ۹/۹۶ دارد. به همین ترتیب، ضریب اعتبارات تحقیقاتی ژاپن ۱/۰۳ و مقالات ژاپن ضریب ۱/۰۲ داشته است (NSB 2020؛ OECD 2021). بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵، تعداد فارغ‌التحصیلان سالانه دکترا، ۲/۹ درصد در ایالات متحده، ۵/۷ درصد در بریتانیا و ۱۰/۹ درصد در چین افزایش نشان می‌دهد (NSB ۲۰۲۰). در آلمان، تعداد پژوهشگران تمام وقت در آموزش عالی از ۶۷,۰۸۷ نفر در سال ۲۰۰۰ به ۱۱۴,۸۶۸ نفر در سال ۲۰۱۸ افزایش یافته است (OECD 2021).

موضوعی که نیاز به توضیح دارد، چرایی رشد شتابان ظرفیت و خروجی است. در خودِ علم، آیا گنجاندن کتاب‌سنجی یا رشد در خود دانش و/یا فعالیت‌های علمی جمعی است که آن را پرورش می‌دهد؟ ورای علم، آیا علم با رقابت و سرمایه‌گذاری ملی تشدید شده یا با پویایی گسترش یابنده در ارتباطات شبکه‌ای برای تحریک سرمایه‌گذاری ملی در گره‌های علمی، پیشرفت می‌کند؟

تعداد مجلات و تعداد مقالات در هر مجله رشد داشته است (Powell Baker, and Fernandez 2017, ۵) و گنجاندن مجلات به ویژه در Scopus گسترش نشان می‌دهد. با این حال، این عوامل برای تعیین رشد خروجی اندازه‌گیری شده کافی نیستند. مطالعات متمرکز بر عملکرد ملی در علم، اغلب رشد علم را تابعی از رشد اقتصادی، یا برعکس، می‌دانند (King 2004). نقش دولت این است که بین علم جهانی خودمختار و انباشت سرمایه، علّیتی فضیلت–مدار را تضمین کند. اما هرگز توضیح داده نمی‌شود که چگونه این رابطه علّی وساطت می‌شود. به هر حال، علم اندکی بر مبنای سودآوری تولید می‌شود؛ دولت–ملت‌ها خروجی علمی را به طور مستقیم هدایت یا شبکه‌های علمی جهانی را اداره نمی‌کنند.

کاسلز (۲۰۰۰) در کتابی با عنوان The Rise of the Network Society، نظریه پویایی گسترش یابنده ذاتی شبکه‌های مبتنی بر اینترنت را ارائه کرده است. این ایده مهم است، به شرط اینکه انگیزه‌هایی برای ارتباط وجود داشته باشد. پس از سال ۱۹۹۰، علم جهانی از مجموعه ای از تماس‌های دوره‌ای و کارهای مشترک به یک سیستم ارتباطی ساختاریافته، با ارتباطات آنی حرکت کرد که در آن دانش عمومی اساس و نتیجه همکاری است. در شبکه‌ها، هر گره (node) جدید با هزینه ناچیزی اضافه می‌شود و ارزش تمام اتصالات موجود را افزایش می‌دهد. شبکه‌ها به سمت تمام گره‌های ممکن گسترش می‌یابند و در عین حال پیوندهای موجود خود را تقویت می‌کنند. انگیزه برای گنجاندن، سهولت اتصالات و قابل مشاهده بودن خروجی‌ها، همگی رشد علمی را تسهیل می‌کنند (Wagner, Park, and Leydesdorff ۲۰۱۵). این

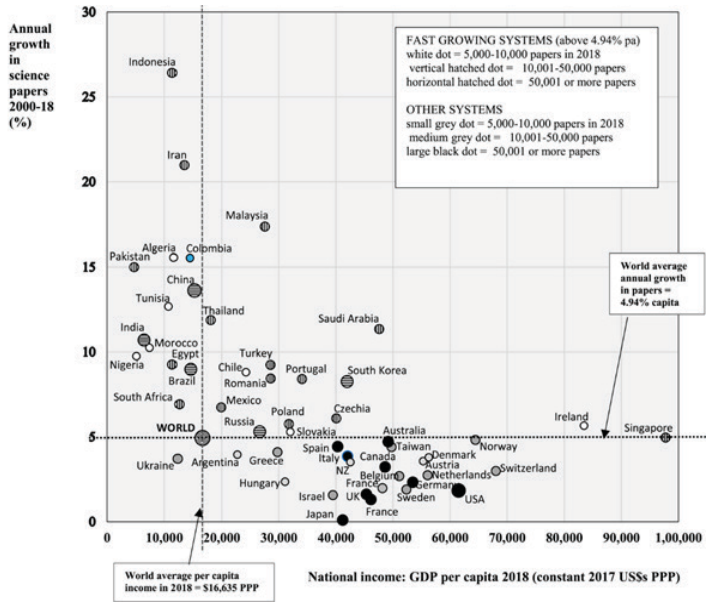
موضوع به توضیح هم‌افزایی قابل مشاهده بین علم‌سازی ملی و رشد علم جهانی کمک می‌کند. سرمایه‌گذاری ملی باعث فعالیت شبکه‌ای جهانی می‌شود. مخزن در حال گسترش دانش جهانی باعث تسهیل و تسریع زیرساخت‌های ملی و محلی می‌شود تا آنها بتوانند به علم جهانی دسترسی پیدا کنند. با این حال، این پیشرفت، سؤالات بیشتری را ایجاد می‌کند. چه چیزی علم جهانی و ملی را در کنار هم نگه می‌دارد؟ محرک‌ها و تنش‌های بالقوه چیست؟ آیا محدودیتی در منطق اجتماعی این گسترش پیوسته وجود دارد؟

متنوع شدن کشورهای علمی

دومین روند تجربی، گسترش ظرفیت علمی به کشورهای بیشتری است. در سال ۱۹۶۰، ایالات متحده در حدود ۷۰ درصد از سهم تحقیق و توسعه جهانی (R&D) را داشت. علم جهانی سازمان یافته در نظام‌های ملی مختلف ابتدا به عنوان دو قطبی ایالات متحده و اروپای غربی توسعه یافت. این دو قطبی با ژاپن و کشورهای مهاجرنشین انگلیسی زبان ارتباط برقرار کرد، اگرچه علم و فناوری شوروی از آن جدا شده بود. اکنون شرایط بسیار متفاوت است. سیستم جهانی با تنوع گسترده‌ای از ظرفیت مرتبط علم ملی–جهانی همراه شده است. در سال ۲۰۱۸، ۵۳ سیستم با آموزش دکترا و ۵۰۰۰ مقاله توسط شهروندان دانشمند وجود داشت (NSB 2020) و سهم ایالات متحده از تحقیق و توسعه جهانی به ۲۵ درصد کاهش یافت (Flagg, Toney, and Harris 2021).

در سال ۲۰۰۰، کشورهایی که توسط بانک جهانی به عنوان پردرآمد طبقه‌بندی شدند، ۸۴ درصد از مقالات را منتشر کردند. در سال ۲۰۱۸ این نسبت ۵۶ درصد شده است. کشورهای با درآمد متوسط رو به بالا مانند برزیل، مالزی و چین (هم اینک بزرگترین تولیدکننده علم از نظر حجم کاغذ)، سهم خود را از ۱۲ درصد به ۳۴ درصد رسانده‌اند. سهم کشورهای با درآمد متوسط رو به پایین، از جمله هند (سومین تولیدکننده بزرگ کنونی)، از ۴ درصد به ۹ درصد افزایش یافته است (NSB 2020).

شکل ۲ تمام کشورهای تولید کننده بیش از ۵۰۰۰ مقاله را در سال ۲۰۱۸ نشان می‌دهد. در سیستم‌های بالای خط افقی، رشد سالانه مقالات در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ از میانگین جهانی ۴/۹۴ درصد بیشتر است. از ۲۷ کشور با رشد سریع بالاتر از این خط، ۱۳ کشور دارای سرانه تولید ناخالص داخلی کمتر از میانگین جهانی‌اند که دوباره بر این واقعیت تأکید دارد که علم دیگر محدود به کشورهای نسبتاً ثروتمند نیست. منابع علم با استناد بالا نیز متنوع شده است. در سال‌های ۲۰۰۹–۲۰۰۶، ۳۰ سیستم ملی با دانشگاه‌های دارای بیش از ۱۰۰ مقاله استناد شده در ۵ درصد برتر وجود داشت؛ در برآورد سال‌های ۲۰۱۹–۲۰۱۶، این تعداد به ۴۰ سیستم می‌رسد (Leiden University 2021).



شکل ۱: کشورهایی که ۵۰۰۰ مقاله یا بیشتر در سال ۲۰۱۸ تولید کرده‌اند: رشد سالانه مقالات ۲۰۱۸–۲۰۰۰ در مقایسه با تولید سرانه ناخالص داخلی و متوسط رشد جهانی ۴/۹۴ درصد در سال. محور عمودی = درصد رشد سالانه مقالات. محور افقی = تولید سرانه ناخالص داخلی. در سمت چپ خط نقطه چین، کشورهایی هستند که سرانه تولید ناخالص داخلی ملی آنها در سال ۲۰۱۸ کمتر از میانگین جهانی ۱۶٫۶۳۵ دلار آمریکا است. PPP = برابری قدرت خرید. NZ = نیوزلند (NSB 2020؛ بانک جهانی ۲۰۲۱).

نظریه سیستم‌های جهانی که هر از چند گاهی در مطالعات علم بیان می‌شود (به عنوان مثال Olechnicka, Ploszaj, 2019 and Celinska-Janowicz)، علم جهانی را بر اساس تقسیم کار در سراسر جهان توضیح می‌دهد که در آن هسته اروپایی–آمریکایی مسلط است و علم در کشورهای «پیرامونی» و «نیمه پیرامونی» پتانسیل محدودی دارد. در حالی که ممکن است این موضوع در محتوای فرهنگی علم جهانی، همان طور که اشاره شد اروپایی–آمریکایی صدق کند اما در مورد ظرفیت و خروجی علمی کمتر صدق می‌کند. واگنر و همکاران(Wagner, 2015 Park, and Leydesdorff;) استدلال کرده‌اند که ساختار باز شبکه علم جهانی، ورودی‌های جدید را تشویق می‌کند. آنها کاهش «بین شبکه» را مشاهده کرده‌اند، به این معنی که نسبت کمتری از «لبه‌ها» (پیوندهای بین گره‌های شبکه) از کشورهای پیشرو عبور می‌کنند (۱۲). این اطلاعات در سیستم نگهداری نمی‌شوند. چوی (Choi 2012) دریافت که سریع‌ترین رابطه در حال رشد در علم جهانی شبکه‌سازی «پیرامون به پیرامون» است (۳۹).

تولید دانش مشارکتی

سومین روند تجربی، رشد همکاری‌های بین‌المللی در علم است.

شکل‌گیری دانش هم فردی و هم جمعی است، چنانکه ویگوتسکی (Vygotsky; 1978) در کار خود در مورد رشد گفتار نوزاد نشان می‌دهد. تمام نوآوری‌های فکری تا حدی بر ایده‌های دیگران استوار است. خلاقیت اغلب از طریق تیم‌ها بیان می‌شود و دانش تا زمانی که منتشر نشود قابل تشخیص نیست. با این حال، کتاب‌سنجی نویسندگی آثار علمی براساس اسم افراد و ترکیبی از اسم افراد انجام می‌شود. به همین ترتیب، به رسمیت شناختن اختراع براساس مالکیت مطلق افراد و شرکت‌ها انجام می‌شود. تا زمانی که دانش یک دارایی گسسته است، انتساب آن تنها با شایستگی شناختی انجام نمی‌شود، بلکه با سلسله مراتب اجتماعی و نهادی نیز تعیین می‌شود. قطعا این دسته‌بندی‌های فردی به طور کامل ابهام و سیالیت تخیل و جریان‌های دانش را در سراسر مرزهای مبهم نشان نمی‌دهند. همه جنبه‌های همکاری بین‌المللی در داده‌های علم جهانی قابل مشاهده نیستند (Katz and Martin 1997). دو عامل استناد و نویسندگان همکار بین‌المللی قابل مشاهده هستند و اغلب اندازه‌گیری می‌شوند. استناد بین‌المللی مقالات نشان دهنده شناخت و انتقال شناختی غیرمتقابل است و نویسندگی مشترک بین‌المللی مقالات مستقیما یک رابطه اجتماعی را مشخص می‌کند.

در رابطه با استناد، بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۴، نویسندگان در بیشتر کشورها نسبت استنادهای خود را به مقالات بین‌المللی افزایش دادند. در ایالات متحده این میزان از ۴۲٪ به ۵۶٪ افزایش یافت و در سال ۲۰۱۴ در بیشتر اروپا از ۷۵٪ فراتر رفت (NSB 2018).

در رابطه با نویسندگی مشترک، شکل ۱ رشد عمده‌ای را بین سال‌های ۱۹۹۶ و ۲۰۱۸ در نسبت مقالات Scopus تألیف شده توسط دانشمندان با همکاران خارج از مؤسسه خود نشان می‌دهد (این گونه همکاری‌ها شامل دانشجویان بین‌المللی دکترا و سایر محققان سیار می‌شود. مقاله مشترک یک استاد آلمانی و دانشجوی دکترای شیلیایی او در یک دانشگاه آلمانی در مقیاس بین کشوری برپایه نویسندگان ۰/۵ به ۰/۵ تقسیم می‌شود، اما براساس مؤسسه با نسبت ۱/۰ آلمانی است). بین سال‌های ۱۹۹۶ و ۲۰۱۸ تألیف‌های بین‌المللی مشترک از ۱۲/۴ درصد به ۲۲/۵ درصد مقالات افزایش یافت، در حالی که فقط ۱/۹ درصد از مقالات در Web of Science در سال ۱۹۷۰ تالیف بین‌المللی مشترک بوده است (Olechnicka, Ploszaj, and Celinska-Janowicz 2019,78). از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۸، نسبت مقالات با نویسندگان از دو یا چند موسسه در یک کشور از ۳۵/۱ درصد به ۴۴/۴ درصد افزایش یافته است (NSB 2020). رشد نویسندگی مشترک در سطح ملی نسبت به بین‌المللی کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد، اما هر دو نشان دهنده گسترش علم شبکه‌ای است.

در همکاری بین‌المللی تفاوت‌های قابل توجهی براساس رشته وجود دارد (Winkler et al. 2015, 129–130). نتیجه برنامه‌های تحقیقاتی مشترک با تجهیزات بزرگی مانند تلسکوپ، سینکروترون یا شتاب دهنده ذرات در فیزیک (Jang and Ko 2019) یا موضوعات با ماهیت جهانی، مانند تغییرات آب و هوا، مدیریت آب یا بیماری همه‌گیر، مستلزم نویسندگی مشترک است. بیشترین سهم نویسندگی مشترک در علوم طبیعی است. در سال ۲۰۱۶، ۵۴ درصد از کلِ مقالاتِ نجوم و ۲۰ تا ۳۰ درصد از مقالات زمین‌شناسی، علوم زیستی، ریاضیات، فیزیک و شیمی با همکاری بین‌المللی منتشر شده است. این میزان در علوم پزشکی ۱۹ درصد، مهندسی ۱۸ درصد و در علوم اجتماعی ۱۵ درصد بوده است. همکاری بین‌المللی در همه رشته‌ها افزایش نشان می‌دهد (NSB 2018,122).

همچنین، در دانشگاه‌های پژوهش محور تقریباً در همه کشورها، نسبت مقالات بین‌المللی افزایش یافته است. در پنجاه دانشگاه با بیشترین تعداد مقالات با استناد بالا در Scopus در سال‌های ۲۰۱۹–۲۰۱۶ (جدول ۱) میزان مقالات بین‌المللی ۱۰ درصد یا بیشتر در دهه قبل افزایش یافته است. دو سوم مقالات دانشگاه‌های پیشرو در کشورهای غیر آمریکائی انگلیسی زبان، اروپا و سنگاپور بین‌المللی بوده‌اند.

دانشگاه‌هایی از ایالات متحده، با پیشگامی هاروارد با ۴۰,۸۷۷ مقاله بین‌المللی (۵۲/۰ درصد مقالات)، مقالات بین‌المللی بیشتری نسبت به سایر دانشگاه‌های ایالات متحده داشتند (Winkler et al.2015,129). در چین، گسترش همکاری‌های ملی در زمان ایجاد سیستم شتاب، رشد سهم بین‌المللی مقالات را کاهش داد (Leiden University 2021).

جدول ۱: ۵۰ دانشگاه پیشگام در تعداد ۵ درصد مقالات برتر براساس میزان استناد و نسبت تمام مقالات دارای هم‌نویسندگی بین‌المللی: ۲۰۱۶-۲۰۱۹.

ایالات متحده			سایر کشورهای انگلیسی زبان			چین و سنگاپور		
دانشگاه	تعداد مقالات ۵ درصد برتر	درصد کل مقالات بین‌المللی*	دانشگاه	تعداد مقالات ۵ درصد برتر	درصد کل مقالات بین‌المللی*	دانشگاه	تعداد مقالات ۵ درصد برتر	درصد کل مقالات بین‌المللی*
هاروارد	۴۲۳۰	۴/۵۳	آکسفورد بریتانیا	۱۶۹۶	۲/۷۰	تسینگهوا چین	۱۵۷۴	۵/۳۷
استنفورد	۲۱۱۷	۹/۴۶	تورنتو کانادا	۱۶۹۱	۲/۵۸	ژجیانگ چین	۱۴۲۷	۶/۳۱
MIT	۱۵۸۶	۵/۵۸	کمبریج بریتانیا	۱۴۴۰	۹/۷۰	جیائوتنگ شانگهای	۱۲۱۱	۴/۳۱
میشیگان	۱۴۹۰	۷/۴۰	یوسی‌ال بریتانیا	۱۴۳۰	۵/۶۷	دانشگاه ملی سنگاپور	۱۰۷۲	۰/۶۹
جان هاپکینز	۱۴۳۹	۲/۴۶	ایمپریال بریتانیا	۱۱۸۴	۶/۷۰	هوژانگ چین	۱۰۵۷	۱/۲۸
پنسیلوانیا	۱۲۹۰	۹/۳۷	ملبورن استرالیا	۹۴۱	۲/۵۸	پکن چین	۱۰۵۱	۶/۳۷
واشینگتون سی	۱۲۸۸	۷/۴۳	UBC کانادا	۸۷۵	۵/۶۱	نایانگ سنگاپور	۹۲۸	۷/۷۱
کلمبیا	۱۲۳۴	۸/۴۸	سیدنی استرالیا	۸۶۵	۴/۵۸	هاربین IT چین	۹۲۷	۸/۲۶
UC برکلی	۱۲۲۵	۸/۵۳	کوینزلند استرالیا	۸۴۹	۰/۶۰	جنوب مرکزی چین	۸۹۹	۹/۲۵
UCLA	۱۲۲۵	۳/۴۷	موناش استرالیا	۸۱۷	۴/۵۹	شیان جیائوتنگ چین	۸۴۹	۹/۲۹
کورنل	۱۲۱۲	۱/۴۶	منچستر بریتانیا	۸۰۴	۲/۶۲	سان یات سن چین	۸۱۹	۱/۳۱
ییل	۱۱۸۶	۷/۴۵				دانشگاه علم و فناوری چین	۷۸۰	۴/۳۲
دانشگاه کالیفرنیا سان دیگو	۱۱۵۷	۴/۴۸	دانشگاه‌های دیگر اروپا			دانشگاه انگلیسی- چینی سنگاپور	۷۷۵	۰/۲۶
دانشگاه کالیفرنیا سان فرانسیس	۱۰۶۳	۹/۴۱						
شمال غربی	۱۰۲۸	۶/۳۸	ETH زوریخ سوئیس	۹۴۰	۹/۷۱			
دوک	۹۶۶	۳/۴۴	کوپنهاک دانمارک	۸۷۲	۶/۶۶			
مینه سوتا TC	۸۶۵	۰/۴۱						
کارولینای شمالی در چپل هیل	۸۵۷	۲/۳۷						
ویسکانسین- مدیسون	۸۵۳	۰/۴۰						
نیویورک	۸۳۵	۰/۴۰						
پیتسبورگ	۸۰۲	۶/۳۹						
تگزاس اوستین	۷۹۴	۷/۴۴						
شیکاگو	۷۸۳	۵/۴۳						
مرکز علوم بهداشتی دانشگاه تگزاس در هوستون	۷۸۲	۷/۴۳						

*نسبتی از کل مقالات (نه فقط ۵ درصد برتر) تحت عنوان همکاری بین‌المللی. پنج درصد مقالات برتر براساس سهم نویسنده وزن داده شده است (Leiden University 2021، از Web of Science).

شرایط و انگیزه‌های همکاری

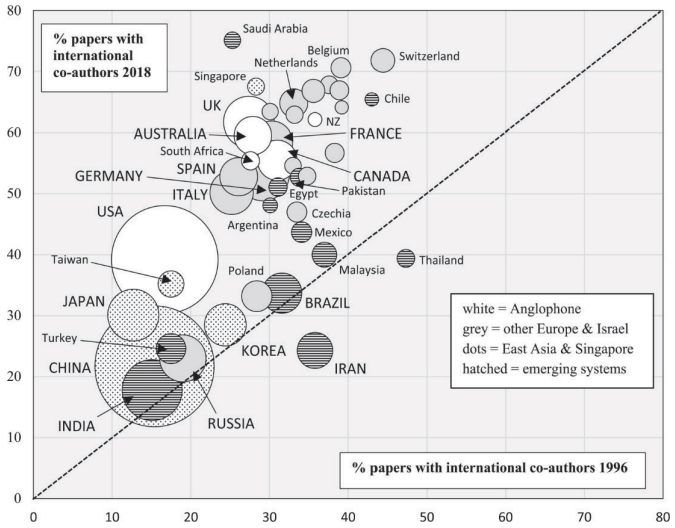
همکاری بین‌المللی توسط سیستم‌های علمی ملی، در اروپا با حمایت مالی از تیم‌های پژوهشی (Kwiek 2020)، و توسط دانشگاه‌ها از طریق پاداش به انتشارات جهانی (به عنوان مثال در چین، Xu 2020)، تشویق می‌شود. اما، روابط و انگیزه‌های

دانشگاهی پایین به بالا نیز برای کار مشترک ضروری است. اگرچه نظریه کاستلی (Castellian theorisation) سهولت و هیجان شبکه‌ها را توضیح می‌دهد دانشمندان باید برای همکاری تمایل داشته باشند.

منابع زیادی به بررسی یا بازتاب رفتارهای مشارکتی پرداخته‌اند (مانند Birnholtz 2007; Georghiou 1998 ;2015 ;Winkler et al. ;Chen, Zhang, and Fu 2019). آیا نویسندگان به دلایل مشترک مرتبط با دانش، که ممکن است انباشت شناختی نامیده شود، با یکدیگر همکاری می‌کنند؟ آیا محرک‌ها علم دوستی حرفه‌ای و ارزش‌های مشترک، از جمله میل به پیشبرد منافع عمومی و موفقیت‌های مشترک، را شامل می‌شوند؟ آیا اهداف خود محورتر، مانند تضمین مزایای شغلی از طریق «دلبستگی ترجیحی» به همکاران ارشد (Wagner and Leydesdorff 2015)- مفهومی از جامعه‌شناسی که علم را به عنوان یک میدان وسیع برای رقابت فردی در نظر می‌گیرد- ، موثر هستند ؟ می‌توان گفت، همه این عوامل موثر هستند. یعنی بیش از یک عامل می‌تواند موثر باشد.

مقالات قبلی در مورد علم، مانند مطالعه مصاحبه-محور ملین (Melin 2000) بر ارزش‌های مشترک و اعتماد تأکید دارند. توضیحات مبتنی بر نفع شخصی در علم‌سنجی غالب است، مانند تمایل به استناد بالاتر از طریق انتشار بین‌المللی و دلبستگی ترجیحی. تمرکز بر این عناصر ممکن است با ماهیت فردگرایانه شاخص‌های کتاب‌سنجی تعریف کننده خروجی علمی مشروط شود. روایت در مورد وابستگی ترجیحی چنان فراگیر است که برخی از پژوهشگران آن را با همکاری مترادف می‌دانند (مثل Jeong, Neda and Barabasi 2013). چنین وضعیتی باعث می‌شود این واقعیت پنهان بماند که یک عنصر مشترک در همه همکاری‌های معرفتی و نیز عنصر متمایز کننده کار فکری از سایر موارد جامعه‌پذیری شبکه‌ای، انباشت شناختی است. هم‌نویسی بدون دلبستگی ترجیحی محتمل‌تر از هم‌نویسی بدون پردازش شناختی مشترک است. انگیزه‌های مربوط به شغل، وضعیت (مشترک یا منفرد) و تفکرات ذهنی به سختی از هم تفکیک می‌شوند. با این حال، نگران کننده است که ایده رفتار علمی به آسانی به ایده قدیمی «فردگرایی مالکانه»(possessive individualism) (Macpherson 1962)، نظم هابزی (Hobbesian order) مبتنی بر ترس، طمع و حس شکوه که فرهنگ انگلیسی-آمریکایی را فرا گرفته است، واپس زده می شود. برای دانش‌آفرینی به چیزی بیش از اینها نیاز است.

اشتراکات قرابت‌های زبانی، فرهنگی، تاریخی، جغرافیایی و سیاسی همه می‌توانند همکاری علمی را در سراسر مرزهای ملی تشویق کنند (Chinchilla-Rodríguez, Sugimoto, and Larivière ,2019 Graf and Kalthaus 2018,1200). حجم مطلق آثار مشترک بین‌المللی تقریباً در همه جا در حال گسترش است. رشد نسبت مقالات بین‌المللی متغیرتر است. شکل ۳ نسبت مقالات با همکاران بین‌المللی را در سال‌های ۱۹۹۶ و ۲۰۱۸ مقایسه می‌کند. در سیستم‌های بالای خط مورب نسبت بین‌المللی افزایش یافته است. این افزایش تقریباً در همه جا مشاهده می‌شود، اما بیشتر در سیستم‌های علمی قدیمی انگلیسی زبان و اروپایی اتفاق افتاده است. در سیستم‌های نوظهور، که با رشد سریع زیرساخت‌های ملی و تعداد شرکای داخلی بالقوه مشخص می‌شوند، همکاری‌های ملی و بین‌المللی گسترش چشمگیری داشته‌اند.



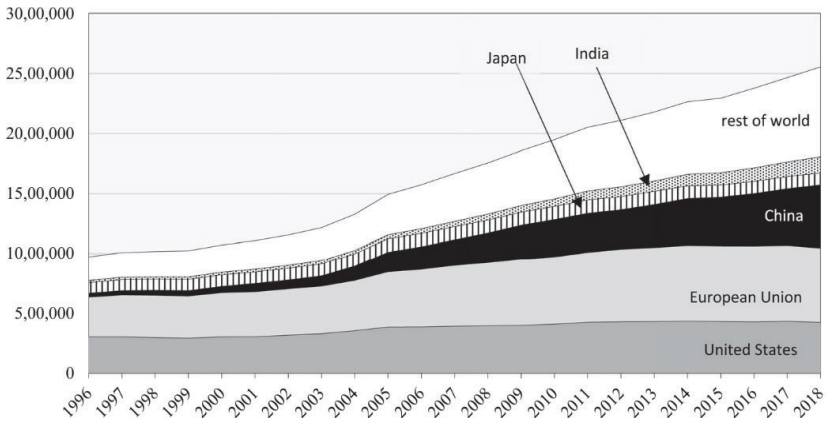
شکل ۳: ۴۲ کشور پیشگام در کل مقالات علمی در سال ۲۰۱۸ و نسبت (٪) مقالاتی که شامل هم‌نویسی بین‌المللی است: ۱۹۹۶ و ۲۰۱۸. سیستم‌های با بیش از ۴۰,۰۰۰ مقاله در سال ۲۰۱۸ با حروف بزرگ نشان داده شده‌اند. NZ = نیوزلند (با استفاده از داده‌های NSB 2020).

بـر ایـن اسـاس، نسـبت مقـالات بین‌المللی رشـد متوسـط داشـته (مثـلاً در چیـن و سیسـتم‌های علمـی متوسـط از نظر حجـم مانند کـره جنوبـی، هند، برزیل) یـا کاهش (مثلاً ایران) نشـان می‌دهند. در برخـی از سیسـتم‌های نوظهـور کوچک، که در شـکل ۳ نشـان داده نشـده‌اند، نسـبت مقـالات بین‌المللـی در سـال ۲۰۱۸ بسـیار بالاتـر بوده اسـت، زیـرا به‌عنـوان جایگزینـی برای رشـد درون‌زاد از همـکاری فرامـرزی اسـتفاده شـده اسـت. چین‌چیلا-رودریگـز و همـکاران پیشـنهاد می‌کننـد کـه حضـور دانشـمندان ملـی بـه عنـوان نویسـنده اول و اسـتناد اول در سیسـتم جهانـی، بـا میـزان سـرمایه‌گذاری در علـم ملـی مرتبط اسـت.

چند قطبی شدن

روابـط قـدرت در علـم جهانـی بـه سـرعت در حـال تحول اسـت. شـکل ۴ تغییـر حجـم انتشـارات را از سـال ۱۹۹۶ تـا سـال ۲۰۱۸ خـروج از تسـلط دو قطبـی اروپایـی- آمریکایـی بـه یک سیسـتم چنـد قطبـی، بـا بیشـترین مقـالات از چیـن، نشـان می‌دهـد. در حالـی کـه داده‌هـای کتاب‌سـنجی جهانـی در مـورد خروجی‌هـا، اسـتنادها و همکاری‌هـا بـرای توضیـح تغییـرات کافـی نیسـتند، می‌تواننـد بـه شـکل گیـری توضیـح دقیق‌تـر و یکپارچه‌تـر کمک کننـد. ایـن فرآینـد بایـد شـامل چهـار عنصر باشـد.

اول، تـداوم موقعیت پیشـگام دانشـمندان انگلیسـی-آمریکایی (به ویـژه ایـالات متحده) در بیشـتر حوزه‌ها، کـه از مقالات پُراسـتناد، مرکزیـت در شـبکه‌ها و همـان طـور کـه اشـاره شـد، از هنجارهـا و فرآیندهـا در علـم مشـاهده می‌شـود. دوم، ظرفیـت علمـی در اروپـا یکپارچـه و تقویـت شـده اسـت. سـوم، رشـد انفجـاری علم در چیـن و بـه طـور کلی در شـرق آسـیا، با وجـود وضعیـت پایدار در ژاپـن، تولیـد مقالـه اینـک از اروپـا فراتـر رفتـه اسـت. چیـن و سـنگاپور در برخـی از رشـته‌ها از نظـر مقالات پُراسـتناد به سـطح ایـالات متحـده رسـیده‌اند. چهـارم، ظهـور سیسـتم‌های متوسـط ملت‌سـاز اشـاره شـده در بـالا، یعنـی کـره جنوبـی، هنـد، برزیـل و شـاید مالـزی، همگـی بیـرون از دو قطبـی اروپایی-آمریکایـی اسـت کـه در مقایسـه بـا کشـورهای دو قطبـی بـا شـدت کمتری شـبکه‌بندی شـده‌اند. کـره جنوبـی در کنار رشـد علوم پایـه، نمونه یـک سـرمایه‌گذار اسـتثنایی در تحقیقـات صنعتـی اسـت. تحقیق و توسـعه آن بـا شـمول ۴/۶۴ درصـد از تولیـد ناخالـص داخلی در سـال ۲۰۱۹ دومین رتبه جهانی را داشـته اسـت (OECD 2021).



شـکل ۴: مقـالات علمـی، ایالات متحـده، اتحادیه اروپـا، چین، ژاپن، هنـد، بقیه جهـان: ۲۰۱۸-۱۹۹۶ (با اسـتفاده از داده‌های Scopus در مقایسـه با NSB 2020).

ظهور علم چینی

بزرگتریـن تغییـر منفـرد، ظهور چین اسـت (برای مطالعه بیشـتر به Marginson (2021b) مراجعه کنید).

علـم یـک شـبکه تنها نیسـت، بلکـه ترکیبـی آزادتر از شـبکه‌های رشـته‌ای و بیـن رشـته‌ای اسـت و وزن جهانی چین براسـاس نوع رشـته متفـاوت اسـت (جـدول ۲). رقابـت بیـن کشـورها در علم و فنـاوری بـه طـور عمـده در رشـته‌های علـوم، فناوری، مهندسـی و ریاضیـات (STEM) متمرکـز اسـت، بـه طـوری که دانشـمندان چینـی در سـال ۲۰۱۸، از هـر چهـار مقالـه نویسـنده یـک مقالـه بوده‌انـد. خروجـی مقـالات در رشـته‌های STEM همچنیـن در کـره جنوبـی، سـنگاپور و ایـران بـه سـرعت رشـد کـرده اسـت (سـنگاپور بـا «آسـیای شـرقی» اسـت، زیـرا فرهنـگ سیاسـی و آموزشـی آن برگرفتـه از میـراث چینـی اسـت). در چیـن از سـال ۲۰۰۰ تـا ۲۰۱۸، مقـالات مهندسـی از ۱۳,۷۷۷ بـه ۱۳۴,۵۴۲ و مقـالات علوم کامپیوتـر از ۳,۹۸۱ به ۶۹,۹۳۲ افزایش یافته اسـت. ایـن کشـور همچنیـن در شـیمی، مـواد و فیزیـک پیشـتاز بـوده اسـت. اروپـا از نظـر حجـم مقـالات در زمینه‌های زیست‌شناسـی، زیست‌پزشـکی و بهداشـتی پیشـتاز بـوده اسـت، در حالـی کـه بعد از اروپـا ایـالات متحـده بـا فاصلـه کمـی قرار گرفته اسـت. سـهم چیـن بـه طـور چشـمگیر در حال افزایـش امـا میانگین اسـتنادات آن پاییـن بـوده اسـت (NSB 2020).

1. Chinchilla-Rodríguez, Sugimoto, and Larivière (2019)

جـدول ۲: سـهم منطقـه‌ای (٪) مقـالات جهانی در Scopus، براسـاس حوزه علمـی در ایالات متحده، اتحادیـه اروپا، چین، سـایر کشورهای آسـیای شرقی و سـایر نقاط جهان: ۲۰۱۸.

حوزه علمی	ایالات متحده ٪	اتحادیه اروپا ٪	چین ٪	سایر کشورهای آسیای شرقی ٪	سایر نقاط جهان
علوم STEM	۱۱/۴۶	۲۱/۳۰	۲۷/۶۹	۸/۴۱	۳۱/۱۴
علوم زیستی و بهداشتی	۲۲/۲۷	۲۸/۵۳	۱۳/۳۲	۸/۶۲	۲۷/۲۵
علوم سیاره‌ای	۱۳/۴۴	۲۳/۸۷	۲۲/۹۴	۵/۲۱	۳۴/۵۴
علوم اجتماعی و روانشناسی	۲۷/۷۶	۳۵/۵۴	۴/۴۲	۳/۷۴	۲۸/۵۵
همه حوزه‌ها	۱۶/۵۴	۲۴/۳۴	۲۰/۶۷	۷/۹۳	۳۰/۵۲

توجـه: علـوم STEM (= علـوم، فنـاوری، مهندسـی و ریاضیـات) شـامل نجـوم و اخترفیزیـک، شـیمی، علـوم کامپیوتـر و اطلاعـات، مهندسـی، علـم مـواد، ریاضیـات و آمـار و فیزیـک اسـت. علـوم زیسـتی و بهداشـتی شـامل علـوم زیسـتی و زیست‌پزشـکی و علـوم بهداشـتی اسـت. علـوم سـیاره‌ای شـامل کشـاورزی، علوم زمین‌شناسـی، علـوم جوی و اقیانوسـی، منابـع طبیعـی و حفاظت اسـت. کشـورهای دیگر آسـیای شـرقی شـامل ژاپـن، سـنگاپور، کره جنوبـی و تایوان اسـت، ولی ویتنـام را شـامل نمی‌شـود. اطلاعـات هنـگ کنـگ و ماکائـو همـراه بـا چین در نظـر گرفتـه شـده‌اند. اتحادیه اروپا شـامل بریتانیـا نیـز هسـت (NSB 2020).

اسـتنادها بـه طـور قطعی نشـان دهنده کیفیت نیسـتند، اما نشـان دهنـده شـناخت معرفتـی هسـتند. علـوم پُراسـتناد چیـن پـس از بودجه هدفمند در سـال ۲۰۱۱ سـریعتر بهبود یافـت (Hu 2020). در سـال ۲۰۱۶، ۱/۱۲ درصـد از مقـالات آن از نظـر اسـتناد در ۱ درصـد برتـر قـرار گرفتنـد و چیـن از میانگیـن اسـتنادات اتحادیـه اروپـا در پنج رشـته پیشـی گرفـت (جدول ۳). رشـد اسـتناد بالای علـوم در چیـن در داده‌هـای Leiden حاکـی از پیشـرفت بیشـتر پـس از سـال ۲۰۱۶ اسـت. در ایـالات متحـده، بیـن سـال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶، نسـبت مقـالات ۱ درصـد برتـر از ۱/۹۵ درصـد به ۱/۸۸ درصـد کاهـش یافـت، امـا بسـیار بالاتـر از چیـن و اتحادیه اروپـا باقـی مانـد. چین تنها در ریاضیات و آمار پیشـتاز بوده اسـت. در بریتانیـا، سـوئیس، هلنـد، کشـورهای اسـکاندیناوی و سـنگاپور (۲/۹۷ درصـد) تراکـم زیـادی بـرای ۱ درصـد برتر نسـبت به کل مقـالات وجود داشـته اسـت (NSB 2020).

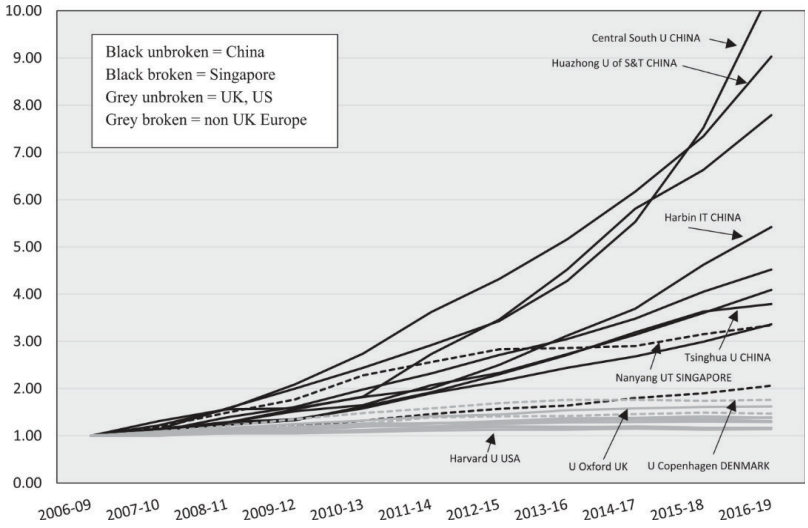
جـدول ۳: نسـبت (٪) تمـام مقـالات ۱٪ برتـر جهـان بر حسـب رشـته، بر اسـاس نرخ اسـتناد، در حـوزه علمـی، در چیـن در سـال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶، در ایـالات متحـده، بریتانیـا، اتحادیـه اروپـا در سـال ۲۰۱۶ (میانگین جهانـی = ۱/۰۰).

حوزه علمی	چین در سال ۲۰۰۰	چین در سال ۲۰۱۰	چین در سال ۲۰۱۶	ایالات متحده آمریکا در سال ۲۰۱۶	بریتانیا در سال ۲۰۱۶	اتحادیه اروپا در سال ۲۰۱۶
علوم اطلاعات و کامپیوتر	۲۹/۰	۵۰/۰	۷۳/۱	۲۱/۲	۲۴/۲	۱۱/۱
ریاضیات و آمار	۹۱/۰	۰۲/۱	۶۳/۱	۴۷/۱	۸۶/۱	۱۸/۱
علوم اجتماعی	۷۴/۰	۰۴/۱	۵۹/۱	۴۶/۱	۹۹/۱	۱۰/۱
نجوم و اختر فیزیک	۰۰/۰	۰۷/۱	۲۶/۱	۹۹/۱	۴۵/۲	۳۶/۱
شیمی	۳۸/۰	۹۸/۰	۲۱/۱	۸۳/۱	۴۷/۱	۰۳/۱
فیزیک	۳۵/۰	۷۶/۰	۱۸/۱	۲۶/۲	۴۸/۲	۳۵/۱
مهندسی	۲۸/۰	۶۰/۰	۱۷/۱	۵۲/۱	۹۵/۱	۱۵/۱
علوم زمین، اتمسفر و اقیانوس‌شناسی	۰۴/۱	۱۱/۱	۱۶/۱	۰۲/۲	۸۰/۲	۴۴/۱
علوم مواد	۴۸/۰	۶۲/۰	۱۶/۱	۶۷/۲	۵۵/۲	۲۹/۱
علوم کشاورزی	۷۱/۰	۸۸/۰	۱۲/۱	۸۱/۱	۶۰/۲	۴۴/۱
روانشناسی	۵۹/۰	۴۷/۰	۹۳/۰	۴۸/۱	۶۶/۱	۰۲/۱
منابع طبیعی و حفاظت	۸۳/۰	۸۴/۰	۹۲/۰	۷۵/۱	۱۸/۲	۲۸/۱
علوم زیستی و زیست‌پزشکی	۱۳/۰	۵۲/۰	۷۸/۰	۸۹/۱	۳۵/۲	۴۵/۱
علوم بهداشتی	۲۸/۰	۴۳/۰	۶۴/۰	۹۷/۱	۷۳/۲	۴۶/۱
همه حوزه‌ها	۳۷/۰	۶۳/۰	۱۲/۱	۸۸/۱	۳۵/۲	۳۰/۱

توجه: توجه: اتحادیه اروپا شامل بریتانیا نیز می‌باشد (NSB 2020).

پروژه های پی‌درپی تحت عنوان ۲۱۱، ۹۸۵ و پروژه دوگانه رده جهانی (Double-World Class projects) چین بر دانشگاه‌های منتخب متمرکز شده است. در علم جهانی پُراستناد، در شرایط مقایسه‌ای بین المللی، چین در دانشگاه‌های پیشرو خود نسبت به کل سیستم آن قوی‌تر است. در جدول ۱، که ۵ درصد مقالات برتر را در سال‌های ۲۰۱۹-۲۰۱۶ نشان می‌دهد، در مجموع ۲۴ دانشگاه از ۵۰ دانشگاه اول، یعنی حدود نصف دانشگاه‌های اول، از ایالات متحده و منطقه هاروارد بوده‌اند. یازده دانشگاه دیگر انگلیسی زبان بوده‌اند. فقط ۲ درصد از قاره اروپا بوده‌اند که دانشگاه‌های کوچکتری دارد، اما ۱۳ دانشگاه از شرق آسیا با ۱۱ دانشگاه از چین بوده است. دانشگاه تسینگ‌هوا در رتبه ششم جهان قرار گرفته است. هفت سال قبل از آن، در سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳، آسیای شرقی تنها دانشگاه توکیو را در رتبه ۳۶ و دانشگاه ملی سنگاپور را در رتبه ۴۷ داشت و هیچ دانشگاهی از چین در این رتبه‌بندی دیده نمی‌شد (Leiden University 2021).

در هیچ نظام ملی، سابقهٔ رشد و بهبود علم در چین وجود ندارد و با توجه به مقیاس چین، توسعه آن در سطح جهانی تحول آفرین است. شکل ۵ استناد بالا در علم را در دانشگاه‌های آسیای شرقی، آمریکای انگلیسی زبان و اروپای غربی نشان می‌دهد که بر اساس ۵ درصد مقالات برتر در سال‌های ۲۰۱۹-۲۰۱۶ انتخاب شده‌اند (برای حجم مقاله جدول ۱ را ببینید). براساس بررسی دانشگاه Leiden از دوره ۲۰۰۹-۲۰۰۶ به دوره ۲۰۱۹-۲۰۱۶، در یک فاصله ۱۰ ساله، میزان ۵ درصد مقالات برتر سالانه در دانشگاه تسینگ‌هوا ۱۴/۶۲ درصد و در دانشگاه هوژانگ ۲۴/۶۲ درصد در سال رشد داشته است. رشد موازی در اروپا اندک بوده است و تغییر کمی در ایالات متحده اتفاق افتاده است (Leiden University 2021).



شکل ۴: تعداد مقالات ۵ درصد برتر در ده دانشگاه آسیای شرقی (چین و سنگاپور) با بیشترین تعداد این مقالات در دوره ۲۰۱۹-۲۰۱۶، در مقایسه با هشت دانشگاه پیشگام انگلیسی-آمریکایی و دو دانشگاه پیشرو دیگر در اروپا: ۲۰۰۹-۲۰۰۶ به ۲۰۱۹-۲۰۱۶ (۲۰۰۹-۲۰۰۶ = ۱/۰۰) (برگرفته از داده‌های WoS در Leiden University 2021).

براساس فهرست ۵ درصد مقالات برتر علوم فیزیکی و مهندسی Leiden University (۲۰۲۱) در دوره ۲۰۱۹-۲۰۱۶ و همچنین فهرست موازی در ریاضیات و محاسبات، دانشگاه تسینگ‌هوا نسبت به همه دانشگاه‌های جهان پیشگام بوده است. با ترکیب این دو لیست، دانشگاه تسینگ‌هوا رتبه اول دانشگاهی برای رشته‌های STEM خواهد بود که بسیار بالاتر از دانشگاه MIT قرار می‌گیرد. تنها دانشگاه‌های دیگر در فهرست ۱۰ دانشگاه برتر در هر دو لیست، شامل دانشگاه‌های ژجیانگ، هاربین IT و هوژانگ UST در چین و دانشگاه نانیانگ در سنگاپور است. با این حال، در زیست‌پزشکی و بهداشت، ده دانشگاه برتر در ۵ درصد مقالات، همگی انگلیسی زبان با هفت دانشگاه از ایالات متحده بوده‌اند. اولین دانشگاه چینی، دانشگاه جیائوتانگ شانگهای رتبه ۴۲ را داشت.

رشد استثنایی علوم پایه در چین و سنگاپور و رشد سریع در کره جنوبی و تایوان – و قبل از آن در ژاپن – سوالاتی را برای نظریه‌پردازی ایجاد می‌کند. چرا این الگوی توسعه شتابان وجود دارد؟ نقش سرمایه‌گذاری ملی و همکاری‌های جهانی چیست؟ منابع و محرک‌ها در جوامع دانشگاهی چیست؟ آیا انحراف به سمت رشته‌های STEM یک مرحله گذراست یا ریشه‌های فرهنگی عمیق دارد؟ مارجینسون[1] (2011، 2021b)

1. Marginson (2021 ,2011b)

یک رویکرد متمایز دولت محور از نوع آسیای شرقی را فرض می‌کند که بر رسیدن به غرب متمرکز شده است که از اخلاق کنفوسیوسی بهبود انعکاسی مستمر ریشه می گیرد که به ویژه در ساختن دانشگاه‌ها و انتشار دانش مؤثر بوده است. با نگرش منفی، پیشنهاد شده است که ساختار علمی چین توسط فرهنگ‌های دانشگاهی فوق عملکردی تقویت شده توسط دولت حزبی و تضعیف شده توسط اقدامات فاسد حفظ می‌شود (به عنوان مثال Yang 2016). مسلما این محدودیت‌ها به چین محدود نمی‌شوند و عاملیت دانشمندان چینی و مشارکت در حال گسترش جهانی آنها را نفی نمی‌کنند. مشکل بزرگ‌ترِ چین محدودیت‌های سیاسی است که بر علوم اجتماعی و علوم انسانی تأثیر می‌گذارد.

محققان علم‌سنجی (به غیر از دانشمندان دارای نام چینی) در درک رشد علم در چین کم کار بوده‌اند. تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی از الگوهای همکاری ملت-به-ملت نشان می‌دهد که دانشمندان در چین، ژاپن و کره جنوبی، و همچنین در هند و برزیل، نسبت به علم اروپایی-آمریکایی از «مرکزیت» جهانی کمتری از نظر فنی برخوردارند (Zhang, Rollins, and Lipitakis 2018). گراف و کالتائوس[1] (۲۰۱۸) اشاره می‌کنند که این ارتباط بین‌المللی کمتر، همراه با رشد سریع هم‌نویسی (co-authorship) ملی، به این معنی است که کیفیت نسبت به کشورهای دوقطبی پایین‌تر است: «کشورهای آسیایی ... به طور کامل از پتانسیل‌های منبع دانش خود استفاده نمی‌کنند». اُلچنیکا[2] و همکاران (۲۰۱۹) روایت انتقادی دقیق‌تری از چین ارائه می‌کنند. آنها با بحثی اندک ادعا می‌کنند که «فرهنگ کنفوسیوسی از رفتار همکاری» یا «تفکر انتقادی» حمایت نمی‌کند و دولت چین از همکاری جلوگیری می‌کند. با این حال، این انتظار هم که علم در سیستم‌های نوظهور باید از الگوها و مسیرهای اروپایی-آمریکایی (گویی تنها یک مسیر وجود دارد) پیروی کند اشتباه است.

چین به ویژه در همکاری‌های بین المللی با علم در یک کشور (ایالات متحده) فعال بوده است. ۵۵,۳۸۲ مقاله مشترک ایالات متحده و چین در سال ۲۰۱۸ بزرگترین همکاری دوطرفه ملی در علم را تشکیل می‌دهد. گذشت زمان نشان خواهد داد که آیا این وضع دربرابر برخی از تلاش‌های سیاست آمریکا برای قطع روابط چین و ایالات متحده دوام می آورد یا خیر (Lee and Haupt 2020).

داده‌های علم جهانی در مقایسات عملکرد ملی

داده‌های کتاب‌سنجی و تحلیل‌های علم‌سنجی به طور گسترده ولی مسئله دار برای مقایسه عملکرد علمی استفاده می‌شوند. سه سیستم برجسته‌تر رتبه‌بندی برای دانشگاه‌های جهان تا حدی از کتاب‌سنجی استفاده می‌کنند که امکان پیمایش بدون زمینه هنجار و رده‌بندی سازمان‌ها را فراهم می‌کنند. این یک مثال افراطی از استفاده غیر تاریخی از داده‌های علمی جهانی است. رتبه‌بندی‌ها به‌عنوان داده‌سازی در جاهای دیگر مورد نقد قرار می‌گیرند (به عنوان مثال در Moed 2017). با این حال، مقایسه‌های اصلی مورد استفاده در علم‌سنجی مربوط به عملکرد سازمانی نیست، بلکه مربوط سیستم‌های ملی است.

سیمینی[3] و همکاران (۲۰۱۶) ادعایی برای «علم خط مشی علمی [science of science policy]» دارند که در درجه اول به ترسیم فضای جهانی مربوط نیست، بلکه به مقایسه یک کشور با کشورهای دیگر مربوط می‌شود. این کار بر روی کمیت و کیفیت خروجی‌های علمی و خروجی‌های مرتبط با امور مالی تمرکز دارد. مطالعات مقایسه‌ای پوزیتیویستی برای شناسایی روابط «علّی» که ممکن است برای خط مشی پیشنهادی باشند، همبستگی‌های آماری بین متغیرهای تفکیک شده را آزمایش می‌کنند (Abramo and D'Angelo 2020 این حوزه را بررسی کرده‌اند). اما مقایسه‌های ملی در روش‌های علم‌سنجی دشوار است.

مطالعات بنیادی در ژانر مقایسه‌ای می[4] (۱۹۹۷) و کینگ[5] (۲۰۰۴) انجام شده است. در مشخص کردن محدودیت‌ها، می بیان می‌کند که «مقایسه‌های فوق تا حدی گیج‌کننده هستند، زیرا بخش بزرگ و رو به رشد از کار علمی شامل همکاری بین‌المللی است»؛ و «یک سوگیری در ارتباط با زبان انگلیسی در پایگاه داده WoS [ISI]، هم در مجلات موجود و هم در الگوهای استناد وجود دارد» (۷۹۵). هر دو نکته اغلب تکرار می‌شوند. به عنوان مثال، بورنمن، آدامز و لیدسدورف[6] (۲۰۱۸) بیان کرده‌اند که به محض رشد همکاری، پژوهشگران سیار، وابستگی‌های سازمانی متعدد و استنادهای بین‌المللی متعدد در نظر گرفته می‌شوند و «باعث می‌شود تا تحلیل کتاب‌سنجی به طور فزاینده برای جدا کردن اثرات واضح هر کشور از بقیه دشوار شود» (۹۴۲). با این حال، این موضوع منجر به ایجاد اخلال در روش استاندارد تقسیم داده‌های رابطه‌ای در مقالات دارای هم‌نویسی بر مبنای دلخواه در بین کشورها نشده است – خواه مشارکت‌ها معادل باشند یا نباشند و زمینه‌های ملی مهم باشند یا نباشند.

در این فرآیند، علم جهانی از داخل سیستم خودش به

1. Graf and Kalthaus (2018)
2. Olechnicka, Ploszaj, and Celinska-Janowicz (2019)
3. Cimini, Zaccaria, and Gabrielli (2016)
4. May
5. King
6. Bornmann, Adams, and Leydesdorff

موزاییکی از سیستم‌های ملی جدا شده تبدیل می‌شود. این نه تنها پیوستگی آن، بلکه وجود آن را پنهان می‌کند.
یکی دیگر از نقص‌ها به دلیل داده‌سازی ایجاد می‌شود. به منظور مقایسه سیستم‌های ملی برای اهداف اجرایی، علم‌سنجی به شاخص‌هایی با ارزش ثابت در همه موارد نیاز دارد. اگر چه مفهوم روابط علمی در بین عوامل، همیشه در زمینه مورد نظر معنا پیدا می‌کند اما داده‌های کتاب‌سنجی در مورد استناد و همکاری بین‌المللی به عنوان کلیات انتزاعی برای اهداف تحلیلی استفاده می‌شوند. این موضوع توسط یک روایت هنجاری در مورد فضیلت در علم پشتیبانی می‌شود. اول، ارزش یا «کیفیت» یک مقاله، یا یک سیستم علمی ملی، متناسب با استنادات آن در نظر گرفته می‌شود. دوم، از آنجایی که مقالات بین‌المللی مشترک عمدتا دارای نرخ استناد بالاتر از میانگین هستند (به عنوان مثال به Khor and 2016,1096 Yu و Katz and Ronda-Pupo 2019,1049 مراجعه کنید)، زمانی که میزان مشارکت بین‌المللی بیشتر باشد، سیستم/ دانشگاه از نظر کیفیت بهتر دیده می‌شود. همبستگی آماری، به یک رابطه علّی بدل می‌شود.

یک جهش مضاعف به طور منطقی وجود دارد (استناد = کیفیت؛ همبستگی = علیت). این موضوع باعث ناراحتی برخی‌ها، اما شاید نه برای مدت طولانی، می‌شود. سیمینی و همکاران (۲۰۱۶) چنین بیان کرده‌اند: «لازم است به این نکته اشاره شود که وجود رابطه علت–معلولی احتمالی بین موفقیت علمی و همکاری‌های بین‌المللی هنوز یک موضوع باز است». با این وجود آنها در پایان مقاله اشاره می‌کنند که ادعای مربوط به علیت صلاحیت ندارد: «در تحلیل ما بین‌المللی‌سازی به‌عنوان یک پارامتر بنیادی اضافی برای توسعه علمی کشورها پدید می‌آید».

با این حال، روایت استاندارد فاقد پشتوانه تجربی کافی است. اول اینکه استنادها نمی‌توانند معیاری برای ارزش‌گذاری دانش یا تولیدکنندگان دانش ارائه دهند. تهمتن و بُرنمن[1] (۲۰۱۹) ۴۱ مطالعه درباره استناد را مرور کردند. آنها دریافتند که « یک مقاله ممکن است به دلایل علمی و غیرعلمی بسیار متفاوت استناد شود» (همچنین نگاه کنید به: Patelli 1230,2017 et al). آیا استنادها بیانگر توافق، قصور شناختی، مشروعیت، هویت میدانی، وضعیت‌سازی، حمایت متقابل، یا هویت ملی یا نهادی هستند؟ استنادهای منفرد می‌توانند به دلایل متفاوت باشند.

دوم، رابطه بین انتشار بین‌المللی و استناد از نظر آماری ثابت نیست. کویک[2] (۲۰۲۰) خاطرنشان می‌کند که در پنج کشور در سال ۲۰۱۸، از جمله ایالات متحده و چین – موارد مهم – مقالات داخلی با نویسندگان مشترک، نرخ بالاتری از استناد جهانی را نسبت به مقالات بین‌المللی دریافت کرده‌اند. در همکاری‌های بین‌المللی اسم اول مربوط به نویسندگان سیستم نوظهور استناد اغلب کمتری دارد (Chinchilla-Rodríguez, Sugimoto, and Larivière 2019).

سوم، تألیفات مشترک، مانند استنادها، معانی زیادی دارند. همکاران می‌توانند ضعیف‌تر یا قوی‌تر باشند، در تولید دانش در یک همکاری بین‌المللی، نقش کمتر یا بیشتری داشته باشند. نسبت مقالاتی که به عنوان همکاری بین‌المللی در نظر گرفته می‌شود، به وسیله کسری ریاضی دارای مخرج و صورت تعیین می‌شود. آیا سیستم‌ها یا دانشگاه‌ها، زمانی که مقالات در سطح ملی همزمان با مقالات بین‌المللی گسترش می‌یابند کمتر بین‌المللی می‌شوند ؟ لزوما نه.
علی‌رغم این مشکلات، این داستان که استنادها و تألیف‌های مشترک، مستقل از زمینه ارزش ثابتی دارند، بسیار قابل بحث است. این تعجب آور نیست. بدون شاخص‌های با ارزش جهانی، روند مقایسه عملکردی از بین می‌رود و تجزیه و تحلیل داده‌های پوزیتیویستی در علم‌سنجی از بسیاری از مفاهیم نسبت داده شده به آنها تهی می‌شود.

نتیجه‌گیری

با وجود مزیت زیاد شبکه‌های جهانی و پویایی رشد علم، مقیاس جهانی در علم به خوبی درک نشده است. «ناسیونالیسم روش‌شناختی» (Wimmer and Glick Schiller 2002) تمایل دارد که آن را به‌عنوان نتیجه‌ای از علم ملی در نظر بگیرد. با این حال، گسترش پیوسته علم جهانی، به رهبری دانشمندان متخصص، تا حدی از دولت–ملت‌ها جدا شده و خارج از کنترل آنهاست (Wagner, Park, and Leydesdorff 2015). علم و سازمان آن نسبت به اقتصادهایی که در آن همگرایی در سراسر جهان از سال ۲۰۱۰ کند شده است، جهانی‌تر هستند (The Economist 2019). یک سوال کلیدی برای نظریه اجتماعی این است که چرا مقیاس جهانی در رابطه با دانش بسیار قوی است. سوال دیگر در مورد عواملی است که استقلال علم جهانی را ممکن می‌سازد، که می‌تواند توسط تنش‌های ایالات متحده با چین تهدید شود (Inkster 2020).
تنظیمات سیستم جهانی در حال تغییر است. از یک سو، بین ظرفیت چند قطبی در اقتصاد سیاسی (Pieterse 2018) و در خروجی علم گسست فزاینده‌ای وجود دارد؛ از سوی دیگر،

1. Tahamtan and Bornmann (2019)
2. Kwiek (2020)

سیستم اروپایی- آمریکایی تسلط قدرتمندی بر محتویات دانش و سازوکارهای تعیین ارزش آن دارد. می‌توان گفت چین و سنگاپور با به کارگیری علوم غربی در سیستم جهانی موفق بوده‌اند. چرا جهان علم و دانش هنوز از نظر فرهنگی نو- امپراتوری است؟ آیا رویکرد چند فرهنگی‌تر در آینده پدیدار خواهد شد؟ آیا در میان راه‌های متعدد به سوی مدرن‌سازی و شتاب استعمارزدایی، کتاب‌سنجی و دانشمندان حرفه‌ای می‌توانند قدرت‌های در حال ظهور را بازدارند؟ یا ریشه‌ای‌تر اینکه آیا [درِ خانه] کتاب‌سنجی می‌تواند به روی «بوم‌شناسی دانش‌ها» باز شود (Santos 2018)؟ هیچ کس پاسخ این سوالات را نمی‌داند، اما وضعیت ناپایدار و در حال تغییر است.

مطالعات منتقدانه علوم

علم‌سنجی برای بررسی و توضیح علم جهانی کافی نیست. مقاله حاضر به دنبال پرداختن به رویکردی عمومی‌تر است. برای درک جامع علم جهانی - به عنوان دانش، به عنوان دانش نهفته در جامعه و روابط قدرت - بررسی‌ها نه تنها فراتر از پوزیتیویسم، بلکه باید فراتر از رویکردهای تک بعدی انجام شوند. آنچه مورد نیاز است یک توضیح ترکیبی-تاریخی است که مانند براودل[1] (۱۹۹۲) و مکتب آنال[2] که با درهم آمیختن چندین رشته، داده ها و نظریه‌های متعدد را یکپارچه می‌سازد.

هستی‌شناسی واقع‌نگر انتقادی (Bhaskar 1975) نقطه شروعی را ارائه می‌دهد. در واقع‌نگری انتقادی، علم حوزه پیچیده‌ای است که در آن عناصر داخلی و خارجی برهمکنش دارند، سیستم‌ها در طول زمان باز هستند، پدیده‌ها بسته به زمینه تغییر می‌کنند و تحولات نه خطی‌اند و نه با قوانین آماری الگوبرداری می‌شوند. در حالی که قواعد مورد توجه روش‌های پوزیتیویستی و حقایقی که به دنبال کشف آنها هستند نیازمند سیستم‌های بسته است. این فرآیند فقط در شرایط مکانی/زمانی محدود روی می‌دهد. اما جوامع همیشه در حال تغییرند: پدیده‌ها هم از نوعی موجود و هم نوظهور هستند و روندهای مبتنی بر داده‌ها در علم تصویری ثابت و بی‌جهت ارائه می‌دهند. در هر صورت علم جهانی را نمی‌توان با استفاده از داده‌ها به طور جامع توصیف و تحلیل کرد. یک تفاوت کلیدی بین علم‌سنجی و مطالعات انتقادی علم این است که در دومی نظریه‌پردازی نقش محوری دارد.

در واقع‌نگری انتقادی، توصیف لزوماً شامل تفسیر است. همه ساختارهای اجتماعی یا علل تاریخی را نمی‌توان مستقیما مشاهده کرد. سایر[3] (۲۰۰۰) بین واقعیت، از جمله روابط اجتماعی، و جنبه‌هایی از واقعیت که در مشاهده تجربی درک می‌شوند، تمایز قائل می‌شود. «مشاهده‌پذیری ممکن است ما را نسبت به آنچه که فکر می‌کنیم هستی دارد مطمئن‌تر کند، اما خودِ وجود به آن وابسته نیست». هیچ مجموعه نظری واحدی به هر سوالی در مورد علم جهانی پاسخ نمی‌دهد. این مقاله متفکرانی مانند Castells، Foucault، Gramsci و Vygotsky را مورد توجه قرار داده است. نکته این است که بدانیم داشتن نگاه ژرف- آنچه با سطح پنهان می شود- ضرورت دارد.

عملکرد مادی علم در سطح جهانی توسط مجموعه‌های کتاب‌سنجی تعریف و تنظیم می‌شود. آنها توهم نیستند. تحلیل‌های علم‌سنجی این داده‌ها - وقتی از مقررات اجرایی و ادعاهای شخصی صرف نظر شود و به عنوان بخشی از مجموعه بزرگ‌تری از نظریه‌پردازی‌ها و ورودی‌های تجربی، از جمله مطالعات کیفی شبکه‌های علمی استفاده شود- می‌تواند بینش‌هایی ایجاد کند. استفاده نادرست از داده‌های علمی جهانی و تأثیرات آن در شکل دادن به رفتار چنان مخرب است که بسختی می‌توان فراموش نکرد همان داده‌ها می‌توانند به توضیح کمک کنند.

با این حال، تحقیقات علم‌سنجی باید عمدتاً بر آنچه کتاب‌سنجی اجازه می دهد به بهترین شکل انجام دهند- اینکه مطالعه خودِ سیستمِ علمِ جهانی فرامرزی است- تمرکز کنند نه اینکه کانون توجهشان برای اهداف تحلیلی بخش‌های ملی مصنوعا تراشیده شده از این سیستم باشد.

برخی از مطالعات علم‌سنجی تحقیقات روشنگرانه‌ای از علم جهانی ارائه می‌دهند. در مطالعات هنمان، ریبسکی و ریفنر[4] (۲۰۱۲)، چن، ژانگ و فو[5] (۲۰۱۹)، ووستمن، هوکمن و فرنکن[6] (۲۰۱۹) و واگنر، وتسل و مخرجی[7] (۲۰۱۹) بر

1. Braudel

۲. مکتب آنال (Annales) گروهی از مورخان با سبکی از تاریخ‌نگاری است که توسط مورخان فرانسوی در قرن بیستم (طی دهه‌های ۱۹۳۰تا۱۹۶۰) برای تأکید بر تاریخ اجتماعی بلندمدت ایجاد شد. نام آن از مجله علمی Annales d›histoire économique et sociale گرفته شده است. مکتب آنالز شکل جدیدی از تاریخ را ترویج کرد که مطالعه رهبران قدرت را با روایت زندگی مردم عادی و بررسی سیاست، دیپلماسی و جنگ را با تحقیقات در مورد آب و هوا، جمعیت‌شناسی، کشاورزی، تجارت، فناوری، حمل و نقل و ارتباطات جایگزین کرد. در اینجا تکیه بر مفهوم تاریخ کل است که با ترکیب بوم‌شناسی و اقتصاد سعی می‌شود پدیده‌های بلندمدت شکل دهنده تاریخ بشر را توضیح دهد.(م)

3. Sayer
4. Hennemann, Rybski, and Liefner
5. Chen, Zhang, and Fu
6. Wuestman, Hoekman, and Frenken
7. Wagner, Whetsell, and Mukherjee

مقیاس و مجاورت تمرکز شده است. آنها دریافتند که برهمکنش‌های محلی، به ویژه در کارهای جدیدی مانند تحقیقات بین رشته‌ای، از برهمکنش‌های الکترونیکی موثرتر هستند. اشتراک‌گذاری دانش منتشر نشده یا شفاهی توسط فناوری محدود می‌شود. با این حال، در ارتباطات با مقیاس جهانی فاصله فضایی رنگ می‌بازد. سیترون و وی[1] (۲۰۱۸) با استفاده از تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی، شباهت‌ها در تکامل شبکه‌های هم‌نویسی در زمینه‌های فرعی مختلف، و موقتی بودن لبه‌ها را در شبکه‌ها بررسی کرده‌اند. لارِگ و همکاران[2] اپی‌ژنتیک جهانی را مطالعه می‌کنند. آنها راه‌های معرفتی، ارتباطات و گسست‌ها، شناسایی تمرکزهای نهادی و الگوهای در حال توسعه همکاری را بررسی می‌کنند. آنها هم دستگاه‌های مفهومی (هویت میدانی) پژوهشگران و نیز زمینه‌ها و موضوعات مورد علاقه آنها را تحلیل کرده‌اند. نویسندگان خاطرنشان می‌کنند که رویکرد کمی کلان آنها به این معناست که «ممکن است اینجا و آنجا آنالیزهای دقیق و تفاوت‌های ظریف وجود نداشته باشند». آنها پیشنهاد می‌کنند که تحقیقات دقیق‌تر برای موضوعات محتوا و مصاحبه‌های کیفی انجام شود.

با این حال، در حالی که مشارکت دانشمندان ملت‌محور در سیستم جهانی بخشی از هر مطالعه موردی ملی در علم است، علم ملی را نمی‌توان صرفاً از روی کتاب‌سنجی جهانی خواند. به همان اندازه مهم است که داده‌ها در مورد منابع ملی، فعالیت‌ها و خروجی‌هایی که خارج از سیستم جهانی قرار دارند بسیج شوند.

به جای مقایسه‌های کلان ملی بدون زمینه مبتنی بر داده‌سازی، علم ملی را می‌توان از طریق مطالعات با زمینه غنی در سیستم‌های منفرد بررسی کرد. سپس می‌توان با مقایسه آنها شباهت‌ها و تفاوت‌ها را شناسایی کرد. ملت‌ها به طور مستقیم توانایی ملی را در علم جهانی(همان طور که چین انجام داده است) با ایجاد منابع و اتصال در نقاط گره‌ای در شبکه جهانی علم تقویت می‌کنند. اما در حالی که مشارکت دانشمندان ملت‌محور در سیستم جهانی بخشی از هر مطالعه موردی ملی در علم است، علم ملی را نمی‌توان فقط از روی کتاب‌سنجی جهانی خواند. به همان اندازه مهم است که داده‌های منابع ملی، فعالیت‌ها و خروجی‌های خارج از سیستم جهانی به حساب آورده شوند.

منابع

Abramo, G., and C. A. D'Angelo. 2020. "A Novel Methodology to Assess the Scientific Standing of Nations at Field Level." Journal of Informetrics 14(1): 100986. doi:10.1016/j.joi.2019.100986.

Beigel, F. 2014. "Introduction: Current Tensions and Trends in the World Scientific System." Current Sociology 62(5): 617-625. doi:10.1016/0011392114548640.

Bhaskar, R. 1975. A Realist Theory of Science. Leeds: Leeds Books.

Birnholtz, J. 2007. "When do Researchers Collaborate? Toward a Model of Collaboration Propensity." Journal of the American Society for Information Science and Technology 58(14): 2226-2239. doi:10.1002/asi.20684.

Bornmann, L., J. Adams, and L. Leydesdorff. 2018. "The Negative Effects of Citing with a National Orientation in Terms of Recognition: National and International Citations in Natural-Sciences Papers from Germany, the Netherlands, and the UK." Journal of Informetrics 12(3): 931-994. doi:10.1016/j.joi.2018.07.009.

Braudel, F. 1992. The Mediterranean and the Mediterranean World in the Age of Philip II. Translated by S. Reynolds. London: Harper Collins.

Castells, M. 2000. The Rise of the Network Society. Volume I of The Information Age: Economy, Society and Culture. 2nd ed. Oxford: Blackwell.

Chen, K., Y. Zhang, and X. Fu. 2019. "International Research Collaboration: An Emerging Domain of Innovation Studies?" Research Policy 48(1): 149-168. doi:10.1016/j.respol.2018.08.005.

Chinchilla-Rodríguez, Z., C. Sugimoto, and V. Larivière. 2019. "Follow the Leader: On the Relationship Between Leadership and Scholarly Impact in International Collaborations." PLOS ONE 14(6): e0218309. doi:10.1371/journal.pone.0218309.

Choi, S. 2012. "Core-Periphery, New Clusters, or Rising Stars? International Scientific Collaboration Among 'Advanced' Countries in the Era of Globalization." Scientometrics 90(1): 25-41.doi:10.1007/s11192-011-0509-4

1. Citron and Way (2018)
2. Larregue, Larivière, and Mongeon (2020)

Cimini, G., A. Zaccaria, and A. Gabrielli. 2016. “Investigating the Interplay Between Fundamentals of National Research Systems: Performance, Investments and International Collaborations.” Journal of Informetrics 10(1) 200-211 doi:10.1016/j.joi.2016.01.002.

Citron, D., and S. Way, S. 2018. “Network Assembly of Scientific Communities of Varying Size and Specificity”. Journal of Informetrics 12(1): 181-190. doi:10.1016/j.joi.2017.12.008.

Connell, R. 2014. “Using Southern Theory: Decolonizing Social Thought in Theory, Research and Application.” Planning Theory 13(2): 210-223. doi:10.1177/1473095213499216.

Conrad, S. 2016. What is Global History? Princeton: Princeton University Press.

CSTPCD (China Scientific and Technical Papers and Citations Database). 2021. China. https://www. istic.ac.cn/upload/1/editor/1609204464597.pdf.

The Economist. 2019. “Globalisation has Faltered.” January 26.

Ethologue. 2018. Languages of the World. https://www.ethnologue.com.

Flagg, M., A. Toney, and P. Harris. 2021. “Research Security, Collaboration and the Changing Map of Global R&D.” CSET Policy Brief. https://cset.georgetown.edu/publication/research-securitycollaboration-and-the-changing-map-of-global-rd/.

Foucault, M. 1975. Discipline and Punish: The Birth of the Prison. Harmondsworth: Penguin.

Georghiou, L. 1998. “Global Cooperation in Research.” Research Policy 27(6): 611-626. doi:10.1016/S-0048 7333(98)00058-7.

Graf, H., and M. Kalthaus. 2018. “International Research Networks: Determinants of Country Embeddedness.” Research Policy 47(7): 1198-1214. doi:10.1016/j.respol.2018.04.001.

Gramsci, A. 1971. Selections from the Prison Notebooks. Translated by Quintin Hoare, Edited by Geoffrey Nowell-Smith. London: Lawrence and Wishart.

Hennemann, S., D. Rybski, and I. Liefner. 2012. “The Myth of Global Science Collaboration— Collaboration Patterns in Epistemic Communities.” Journal of Informetrics 12(1): 217-190.

Hu, A. 2020. “Public Funding and the Ascent of Chinese Science: Evidence from the National Natural Science Foundation of China.” Research Policy 49:103983. doi:10.1016/j.respol.2020.103983.

Inkster, N. 2020. The Great Decoupling: China, America and the Struggle for Technological Supremacy. London: Hurst and Company.

Jang, Y.-S., and Y. Ko. 2019. “How Latecomers Catch up to Leaders in High-Energy Physics as Big Science: Transition from National System to International Collaboration.” Scientometrics 419: 437-480.

Jeong, H., Z. Néda, and A. Barabási. 2003. “Measuring Preferential Attachment in Evolving Networks.” Europhysics Letters (EPL) 61(4): 567-572. doi:10.1209/epl/i2003-00166-9.

Katz, J., and B. Martin. 1997. “What is Research Collaboration?” Research Policy 26(1): 1-18.

Katz, J., and G. Ronda-Pupo. 2019. “Cooperation, Scale-Invariance and Complex Innovation Systems: A Generalization.” Scientometrics 121(2): 1045-1065. doi:10.1007/s11192-019-03215-8

Khor, K., and L. Yu. 2016. “Influence of International Co-Authorship on the Research Citation Impact of Young Universities.” Scientometrics 107(3): 1095-1110. doi:10.1007/s11192-016-1905-6.

King, D. 2004. “The Scientific Impact of Nations.” Nature 430(6997): 311-316. doi:10.1038/430311a

Kwiek, M. 2020. “What Large-scale Publication and Citation Data Tell Us About International Research Collaboration in Europe: Changing National Patterns in Global Contexts.” Studies in Higher Education.

Larregue, J., V. Larivière, and P. Mongeon. 2020. “On the Institutional and Intellectual Division of Labor in Epigenetics Research: A Scientometric Analysis.” Social Science Information 59(1): 117-143. doi:10.1177/0539018419898394.

Lee, J., and J. Haupt. 2020. “Winners and Losers in US-China Scientific Research Collaborations.” Higher Education 80(1): 57-74. doi:10.1007/s10734-019-00469-7.

Leiden University. 2021. CWTS Leiden Ranking. https://www.leidenranking.com/ranking/2021/list.

Macpherson, C. 1962. The Political Theory of Possessive Individualism: Hobbes to Locke. Oxford: Oxford University Press.

Marginson, S. 2011. “Higher Education in East Asia and Singapore: Rise of the Confucian Model.” Higher Education 61(5): 587-611.

Marginson, S. 2021a. “Heterogeneous Systems and Common Objects: The Relation Between Global and National Science.” CGHE Special Research Report. Oxford: ESRC/OFSRE Centre for Global Higher Education.

Marginson, S. 2021b. “‘All Things are in Flux’: China in Global Science.” Higher Education,.

Marginson, S., and X. Xu. 2021. “Hegemony and Inequality in Science: Problems of the CenterPeriphery Model.” [paper under review].

May, R. 1997. “The Scientific Wealth of Nations.” Science 275: 793-796.

Melin, G. 2000. “Pragmatism and Self-Organization: Research Collaboration on the Individual Level.” Research Policy 29: 31-40. doi:10.1016/S1-00031(99)7333-0048.

Mingers, J., and L. Leydesdorff. 2015. “A Review of Theory and Practice in Scientometrics.” European Journal of Operational Research 246(1): 1-19. doi:10.1016/j.ejor.2015.04.002.

Moed, H. 2017. “A Critical Comparative Analysis of Five World University Rankings.” Scientometrics 29:31-40 doi:10.1007/s11192-016-2212-y.

Naravane, V. 1999. “Fifty Years of Translation: The Index Translationum Completes a Half Century.” Publishing Research Quarterly 15(4): 23-38.

NSB (National Science Board). 2018. Science and Engineering Indicators. https://www.nsf.gov/ statistics/2018/ nsb20181/.

NSB (National Science Board). 2020. Science and Engineering Indicators. https://ncses.nsf.gov/pubs/ nsb20201.

OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development). 2021. Main Science and Technology Indicators. https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB.

Olechnicka, A., A. Ploszaj, and D. Celinska-Janowicz. 2019. The Geography of Scientific Collaboration.

Oxford: Routledge.

Patelli, A., G. Cimini, E. Pugliese, and A. Gabrielli. 2017. “The Scientific Influence of Nations on Global Scientific and Technological Development.” Journal of Informetrics 11(4): 1229-1237. doi:10.1016/j.joi.2017.10.005.

Pieterse,J.2018. Multipolar Globalization:Emerging Economies and Development. London: Routledge.

Powell, J., D. Baker, and F. Fernandez. 2017. The Century of Science: The Global Triumph of the Research University. Vol. 33. International Perspectives on Education and Society. Emerald Publishing Limited. https:// doi.org/10.1108/S3679201733-1479.

Sadowski, J. 2019. “When Data is Capital: Datafication, Accumulation.” Extraction.Big Data and Society 246(1) 1-12

Santos, B. 2018. The End of the Cognitive Empire: The Coming of Age of Epistemologies of the South. Durham: Duke University.

Sayer, A. 2000. Realism and Social Science. London: Sage.

Scott, J. 2017. Social Network Analysis. 4th ed. Los Angeles: Sage.

Tahamtan, I., and L. Bornmann. 2019. “What Do Citation Counts Measure? An Updated Review of Studies on Citations in Scientific Documents Published Between 2006 and 2018.” Scientometrics 121: 1635-1684.

Vera-Baceta, M., M. Thelwall, and K. Kayvan. 2019. “Web of Science and Scopus Language Coverage.” Scientometrics 121: 1803-1813.

Vessuri, H., J. Guedon, and A. Cetto. 2014. “Excellence or Quality? Impact of the Current Competition Regime on Science and Scientific Publishing in Latin America and Its Implications for Development.” Current Sociology 62(5): 647-665.

Vygotsky, L. 1978. Mind in Society: The Development of the Higher Psychological Processes. Cambridge: Harvard University Press.

Wagner, C., and L. Leydesdorff. 2005. “Network Structure, Self-organization, and the Growth of International Collaboration in Science.” Research Policy 34(10): 1608-1618. doi:10.1016/j.respol. 2005.08.002.

Wagner, C., L. Park, and L. Leydesdorff. 2015. “The Continuing Growth of Global Cooperation Networks in Research: A Conundrum for National Governments.” PLOS ONE 10(7) e0131816.

Wagner, C., T. Whetsell, and S. Mukherjee. 2019. “International Research Collaboration: Novelty, Conventionality, and Atypicality in Knowledge Recombination.” Research Policy 48(5): 1260-1270. doi:10.1016/j.respol.2019.01.002.

Waltman, L. 2016. “A Review of the Literature on Citation Impact Indicators.” Journal of Informetrics 10(2) 365–391. doi:10.1016/j.joi.2016.02.007.

Wimmer, A., and M. Glick Schiller. 2002. “Methodological Nationalism and Beyond: Nation–State Building, Migration and the Social Sciences.” Global Networks 4(2): 301-334. doi:10.1111/14710374.00043.

Winkler, A., W. Glanzel, S. Levin, and P. Stephan. 2015. “The Diffusion of the Internet And The Increased Propensity of Teams to Transcend Institutional And National Borders.” Revue économique 66(1): 115-142. doi:10.3917/reco.661.0115.

World Bank. 2020. Indicators. https://data.worldbank.org/indicator.

Wuestman, M., J. Hoekman, and K. Frenken. 2019. “The Geography of Scientific Citations.” Research Policy 48: 1771-1780. doi:10.1016/j.respol.2019.04.004.

Xu, X. 2020. “China ‘Goes Out’ in a Centre–Periphery World: Incentivizing International Publications in the Humanities and Social Sciences.” Higher Education 80: 157-172. doi:10.1007/s10734-01900470-9.

Yang, R. 2016. “Toxic Academic Culture in East Asia.” International Higher Education 84: 15-16. doi:10. 6017/ihe.2016.84.9112.

Zhang, Z., J. Rollins, and E. Lipitakis. 2018. “China’s Emerging Centrality in the Contemporary International Scientific Collaboration Network.” Scientometrics 116: 1075-1091. doi:10.1007/ s11192-018-2788-5.



نقش میکروارگانیسم‌ها در توسعه پایدار

نقش میکروارگانیسم‌ها در تعادل چرخه‌های بیوژئوشیمیایی و ادامه حیات بر روی کره زمین

فرشاد درویشی*، اعظم علی اصغری، بهاره عطاران
گروه میکروبیولوژی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه الزهرا.
f.darvishi@alzahra.ac.ir
نامه علوم پایه شماره ۶، تابستان ۱۴۰۱

چکیده

میکروارگانیسم‌ها موجوداتی میکروسکوپی هستند که در همه جا یافت می‌شوند و تاثیر بسزایی بر محیط اطراف خود دارند و بسیاری از فرآیندهای اکوسیستم متاثر از وجود میکروارگانیسم‌هاست. علی رغم نگرش منفی که اغلب مردم نسبت به اثرات منفی و بیماری‌زایی میکروب‌ها دارند، این موجودات زنده دارای فواید بی شماری در حفظ اکوسیستم و محیط‌زیست از جمله ایجاد تعادل در چرخه‌های بیوژئوشیمیایی و تجزیه پسماندهای مختلف، کشاورزی از جمله حاصلخیزی خاک و مبارزه با آفات گیاهی، در زمینه بهداشت و پزشکی از جمله تولید آنتی‌بیوتیک‌ها و متابولیت‌های ضد سرطان، در زمینه سلامتی و تغذیه از جمله پروبیوتیک‌ها و تولید ویتامین‌ها و مکمل‌های غذایی، در زمینه صنعت از جمله تولید مواد شیمیایی و صنعتی از جمله سوخت‌های زیستی، آنزیم‌ها، پلاستیک‌ها و پلیمرهای زیست تخریب پذیر دارند. از این رو بهره گیری صحیح از آنها می‌تواند کمک شایانی به توسعه پایدار کند. همچنین استفاده از میکروارگانیسم‌ها در فناوری‌های نوین زیستی و تحقیقات علمی نقش برجسته‌ای دارند و بخش زیادی از اطلاعات به دست آمده در رشته‌های مختلف مانند ژنتیک و بیوشیمی با مطالعات روی میکروارگانیسم‌ها حاصل شده است. با توجه به نقش کلیدی میکروارگانیسم‌ها در تعادل چرخه‌های بیوژئوشیمیایی در این بررسی به مروری کوتاه به نقش و کاربرد میکروارگانیسم‌ها در برخی از مهمترین این چرخه‌ها و اهمیت آنها در کمک به توسعه پایدار پرداخته شده است.

واژگان کلیدی: میکروارگانیسم‌ها، چرخه‌های بیوژئوشیمیایی، اکوسیستم، محیط زیست، توسعه پایدار

۱- مقدمه

از مهم‌ترین اهداف توسعه پایدار[1] برآورده کردن نیازها و خواسته‌های اولیه انسان از طریق روش‌های دوست‌دار محیط زیست است. رشد جمعیت جهان، مصرف گسترده منابع طبیعی تجدیدناپذیر، انتشار آلاینده‌ها، تخریب محیط زیست، کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش عملکرد کشاورزی، ظهور عوامل بیماری‌زای گیاهی و به خطر افتادن سلامت انسان، توجه انسان را به سمت فناوری‌های تولید سبز کارآمد دوست‌دار محیط‌زیست معطوف کرده است (Singh et al, 2018).

میکروارگانیسم‌ها نقش مهمی در محیط زیست دارند و همچنین حضور آنها در مجموعه‌ای از فرآیندهای سبز و فناوری‌های پاک، از چرخه‌های بیوژئوشیمیایی گرفته تا تولیدات صنعتی مختلف، ضروری هستند (Akinsemolu, 2018). اگر چه اکثر مردم عمدتاً برروی قابلیت‌های ایجاد بیماری میکروارگانیسم‌ها تمرکز می‌کنند اما عملکردهای مثبت متعددی وجود دارد که میکروب‌ها در محیط انجام می‌دهند و از این رو نیاز به کاوش دقیق دنیای میکروبی وجود دارد.

میکروب‌ها در تخریب مواد شیمیایی کشاورزی، پساب‌های صنعتی و فرآورده‌های نفتی موثر هستند. میکروارگانیسم‌ها با نقش مستقیم در تخریب آلاینده‌های آلی و سم‌زدایی ترکیبات معدنی و نقش غیرمستقیم آنها در کاهش نیاز به مواد شیمیایی کشاورزی، از طریق مکانیسم‌های تقویت رشد گیاه، پتانسیل زیادی برای کاهش آلودگی مکان‌های مختلف دارند. صنعتی شدن و سایر فعالیت‌های انسانی آلاینده‌هایی تولید می‌کنند که در خاک یا محیط‌های آبی انباشته شده و آنها را آلوده می‌کنند که تهدیدی برای سلامت انسان و محیط زیست است. در حال حاضر، بازیافت، دفن زباله، سوزاندن و پیرولیز برای کاهش غلظت آلاینده‌های سمی از مکان‌های آلوده استفاده می‌شود، اما اثرات نامطلوبی نیز بر محیط‌زیست دارد و حتی ترکیبات واسطه‌ای مقاوم‌تر و بسیار سمی‌تر تولید می‌کند. تلقیح میکروبی به عنوان راهی برای جایگزینی یا کاهش استفاده از مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی ارائه می‌کند. به کار بردن روش‌های مبتنی بر میکروارگانیسم‌ها که جذب مواد

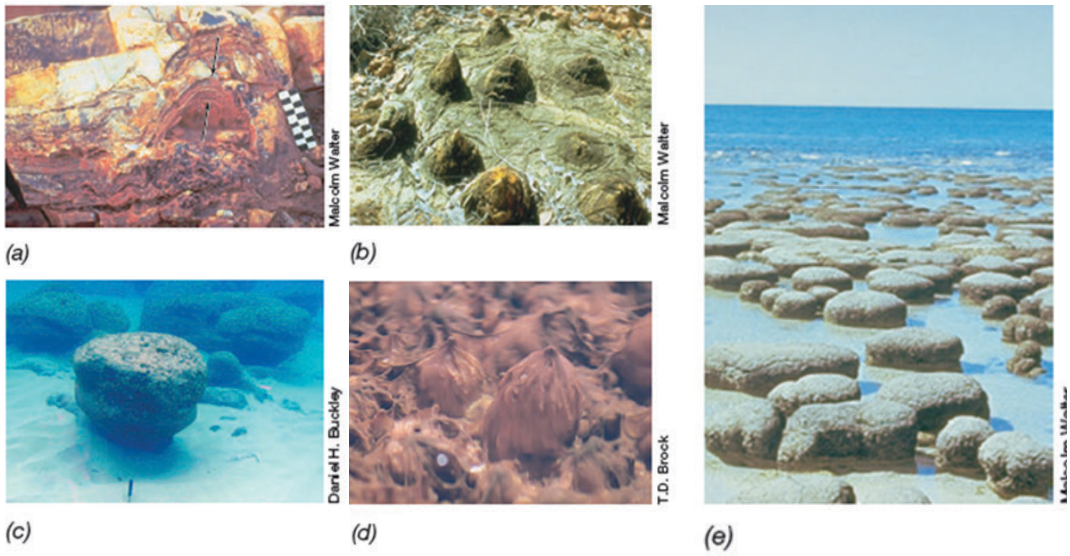
1. Sustainable development

مغـذی را افزایـش می‌دهند، رشـد محصـول را تقویـت می‌کنند یا گیاهـان را از آفـات و بیماری‌هـا محافظـت می‌کننـد، می‌تواننـد جایگزیـن بسـیار مناسـبی بـرای مـواد شـیمیایی کشـاورزی در تولیـد غـذا باشـند. همچنیـن می‌تـوان از میکروارگانیسـم‌ها بـرای پاکسـازی مکان‌هـای آلـوده بـه آفـت کش‌هـا، فلـزات سـنگین، هیدروکربن‌هـای پلـی آروماتیـک و دیگـر پسـاب‌های صنعتـی اسـتفاده کـرد. بنابرایـن میکروارگانیسـم‌های توانایی زیـادی برای دسـتیابی به توسـعه پایـدار و مدیریت محیط‌زیسـت دارنـد (Ahmad et al., 2018).

چنانچـه میکروارگانیسـم‌ها بـه طـور صحیـح مـورد اسـتفاده قـرار گیرنـد می‌تواننـد سـهم قابـل توجهـی در دسـتیابی توسـعه پایدار ایفـا کننـد. اگـر جامعـه در مـورد روش‌هایـی کـه میکروب‌هـا می‌تواننـد بـر زندگـی ما تأثیـر بگذارند آمـوزش کافی داده شـود و اگـر از میکروب‌هـا بـه طور هوشـمندانه اسـتفاده شـود، می‌توان بر مشـکلات مهمـی که امـروزه جهان با آن دسـت به گریبان اسـت از جملـه غـذا، سـلامت، رفـاه و انـرژی سـبز تـا حد قابـل توجهی غلبـه کرد.

۲- تاریخچه و اهمیت میکروارگانیسم‌ها

میکروارگانیسـم‌ها قدیمی‌تریـن شـکل حیـات روی زمین هسـتند و بـرای عملکردهـای حیاتـی کـه زیسـت‌کره را حفـظ می‌کننـد، تکامـل یافتنـد. زمیـن حـدود ۴٫۶ میلیـارد سـال سـن دارد و سـلول‌های میکروبـی اولیـن بـار بیـن ۳٫۸ تـا ۴٫۳ میلیـارد سـال پیـش بـر روی کـره زمیـن ظاهـر شـدند و اسـترماتولیت[1] یـا آثار میکروفسـیلی آنهـا بـه عنـوان شـواهد زمین‌شـناختی قـوی یافت شـدند (شـکل ۱).



شـکل ۱: اسـترماتولیت‌های باسـتانی و مـدرن. (a) قدیمی‌تریـن اسـترماتولیت شـناخته شـده در سـنگی بـا قدمـت ۳٫۵ میلیـارد سـال در غـرب اسـترالیا یافـت شـده اسـت. بخـش عمـودی از طریـق سـاختار چنـد لایه حفظ شـده در سـنگ نشـان داده شـده اسـت. فلش هـا به لایه هـای ورقه شـده اشـاره دارنـد. (b) اسـترماتولیت‌های مخروطـی شـکل از سـنگ دولومیـت ۱٫۶ میلیـارد سـاله از شـمال اسـترالیا بـه دسـت آمـده اسـت. (c) اسـترماتولیت‌های مـدرن بـه دسـت آمـده در جزیـره داربی واقـع در باهامـا. اسـترماتولیت بزرگ قطری حـدود ۱ متـر دارد. (d) اسـترماتولیت‌های مـدرن متشـکل از سـیانوباکتری‌های گرمادوسـت بدسـت آمـده در پـارک ملـی یلوسـتون ایالات متحـده. هر سـاختار حدود ۲ سـانتیمتر ارتفـاع دارد. (e) اسـترماتولیت‌های مـدرن بـه دسـت آمده در خلیج کوسـه واقع در اسـترالیا. هر سـاختار حدود ۰/۵–۱ متـر قطر دارنـد (Madigan et al., 2021).

میکروارگانیسـم‌ها اشـکالی از حیـات هسـتند کـه بـا چشـم غیرمسـلح انسـان قابل مشـاهده نیسـتند البته اخیرا چند اسـتثنا از ایـن موجـودات یافـت شـدند که با چشـم غیر مسـلح قابـل دیدن هسـتند کـه تعریـف میکروارگانیسـم‌ها را بـه عنـوان موجـودات میکروسـکوپی زیـر سـوال برده اسـت. بـرای مثال در سـال ۲۰۲۲ بزرگتریـن گونـه باکتری بـا نـام *Thiomargarita magnifica* با قطـر یـک سـانتی‌متر (۰/۳۹ اینـچ) شـناخته شـد که با چشـم غیر مسـلح قابـل مشـاهده اسـت و حـدود پنـج هـزار برابر انـدازه یک باکتـری معمولی اسـت.

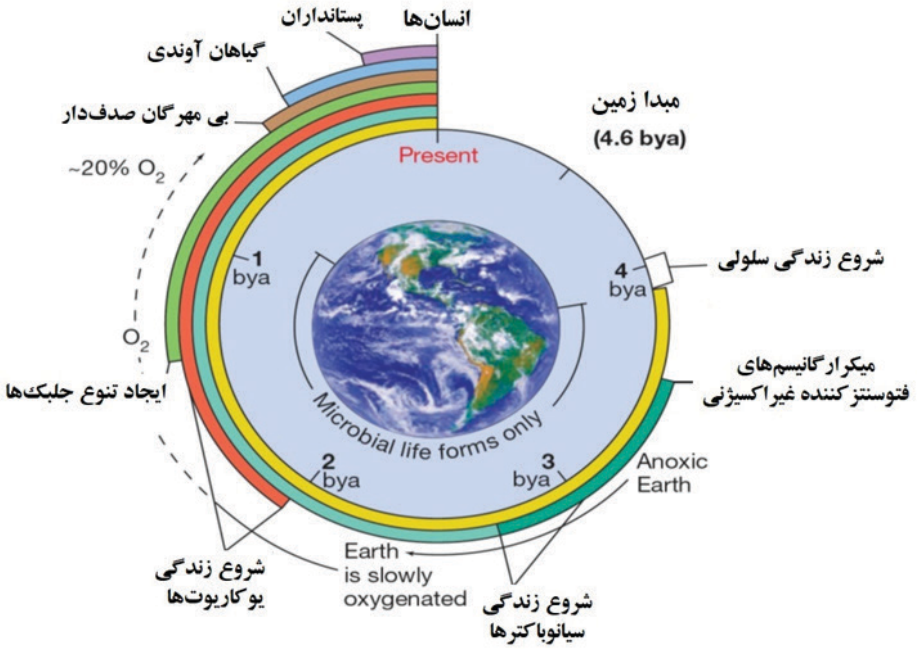
باکتری‌هـا، آرکی‌هـا، قارچ‌هـا، جلبک‌هـا و تک‌یاخته‌هـا گروه‌های اصلـی میکروارگانیسـم‌ها هسـتند. ویروس‌هـا ماهیت غیر سـلولی دارنـد و همچنیـن مراحـل خاصی از زندگـی انگل‌هـای کرمی نیز در میکروبیولـوژی مطالعـه می‌شـوند (Singh et al., 2018). ایـن موجـودات از نظـر شـکل و عملکرد متنوع هسـتند و در محیط‌های

1. Stromatolite

مختلف روی زمین زندگی می‌کنند. میکروب‌ها حتی در زیستگاه‌هایی که برای سایر اشکال حیات بسیار نامناسب و غیر قابل زیست است مانند چشمه‌های آب گرم آتشفشانی، یخچال‌های طبیعی و مناطق پوشیده از یخ، محیط‌های بسیار شور و نمکی، زیستگاه‌های بسیار اسیدی یا قلیایی و همچنین در اعماق دریاها و اقیانوس‌ها یا اعماق مختلف زمین، بدن انسان، جانوران و گیاهان به وفور یافت می‌شوند.

بسیاری از میکروب‌ها موجودات تک سلولی تمایز نیافته هستند، اما برخی از آنها می توانند ساختارهای پیچیده ای ایجاد کنند و برخی حتی چند سلولی هستند. میکروارگانیسم‌ها معمولاً در جوامع میکروبی زندگی می‌کنند و فعالیت‌های آن‌ها در تعامل با یکدیگر، با محیط‌شان و با سایر موجودات تنظیم می‌شود.

میکروارگانیسم‌ها برای میلیاردها سال قبل از ظهور گیاهان و جانوران در خشکی و دریاها پراکنده بودند. در طول ۲ میلیارد سال اول وجود زمین، جو آن بدون اکسیژن بوده است و فقط نیتروژن، دی‌اکسید کربن و چند گاز دیگر وجود داشته است. در این شرایط فقط میکروارگانیسم‌های با متابولیسم بی‌هوازی[1] (بدون نیاز به اکسیژن) وجود داشتند. یک میلیارد سال پس از شکل‌گیری زمین میکروارگانیسم‌هایی که انرژی را از نور خورشید به دست می آورند (فوتوتروف‌های بدون اکسیژن[2]) تکامل پیدا کردند. تقریباً یک میلیارد سال بعد سیانوباکتری‌ها[3] (فوتوتروف های تولید کننده اکسیژن[4]) تکامل یافتند و روند آهسته تولید اکسیژن در جو زمین آغاز شد. پس از تولید اکسیژن کافی در اتمسفر زمین، اشکال حیات چند سلولی تکامل یافتند. نهایتا حدود نیم میلیارد سال گیاهان و حیوانات به وجود آمدند (شکل ۲).



شکل ۲: خلاصه ای از زندگی روی زمین در طول زمان و مبدا حیات موجودات زنده. زمین حدود ۴٫۶ میلیارد سال شکل گرفت. پس از ۶۰۰ میلیون سال شرایطی فراهم آمد تا زندگی اولیه سلولی یعنی ۴ میلیارد سال قبل آغاز شود. اولین موجودات زنده مستقل میکروارگانیسم‌های فتوسنتز کننده غیر اکسیژنی بودند و حدود ۳ میلیارد سال قبل میکروارگانیسم‌های فتوسنتز کننده اکسیژنی تولید کننده اکسیژن یعنی سیانوباکتری‌ها به وجود آمدند تا با تولید اکسیژن در زمین شرایط را برای به وجود آمدن سایر موجودات زنده فراهم کنند. ۲ میلیارد سال قبل میکروارگانیسم‌های یوکاریوتی و جلبک‌ها به وجود آمدند. زندگی میکروبی ۳ میلیارد سال تنها شکل حیات بر روی زمین بود و پس از اینکه میزان اکسیژن اتمسفر به ۲۰ درصد رسید موجودات زنده دیگر به وجود آمدند (Madigan et al, 2015).

علی رغم اینکه اولین شکل حیات در زمین حدود ۳٫۸ تا ۴٫۲ میلیارد سال پیش ایجاد شد، وجود میکروب‌ها در قرن هفدهم توسط یک تاجر-دانشمند هلندی به نام آنتونی وان لیون هوک[5] (۱۶۳۲-۱۷۲۳) با کمک میکروسکوپ ساده دست ساز ثابت شد (Singh et al,2018).

فردیناند چون[6] (۱۸۲۸-۱۸۹۸) رشته باکتری شناسی را

1. Anaerobic metabolism
2. Anoxygenic photosynthesis
3. Cyanobacteria
4. Oxygenic phototrophs
5. Antonie van Leeuwenhoek
6. Ferdinand Chon

پایه‌گذاری کرد و اندوسپورهای باکتریایی را کشف کرد. دوره ۱۸۵۷ تا ۱۹۱۴ به طور شایسته عصر طلایی میکروبیولوژی نامیده شده است. در این دوره، پیشرفت های سریع عمدتاً توسط پاستور و رابرت کخ منجر به ایجاد میکروبیولوژی به عنوان یک علم شد. لوئی پاستور (۱۸۹۵-۱۸۲۲) در سال ۱۸۵۹ نشان داد که فرآیند تخمیر ناشی از رشد میکروارگانیسم‌ها است و این رشد به دلیل فرضیه زایش خودبه‌خودی[7] نیست. رابرت کخ[8] (۱۹۱۰-۱۸۴۳) از پیشگامان میکروبیولوژی پزشکی بود و روی وبا، سیاه زخم و سل کار کرد. در تحقیقات خود در مورد سل، کخ در نهایت نظریه میکروب را اثبات و در سال ۱۹۰۵ جایزه نوبل را دریافت کرد. او همچنین اولین روش‌های رشد کشت خالص میکروارگانیسم‌ها را توسعه داد.

شیمی درمانی به عنوان یک علم توسط پل ارلیش[1] در سال ۱۹۱۰ آغاز شد و او یک ماده شیمیایی حاوی آرسنیک به نام سالوارسان را برای درمان سیفلیس معرفی کرد. الکساندر فلمینگ مشاهده کرد که کپک پنی سیلیوم از رشد یک باکتری جلوگیری می‌کند. او ماده فعال پنی سیلین را به عنوان اولین آنتی بیوتیک نام‌گذاری کرد.

مارتینوس بیجرینک[2] (۱۸۵۱-۱۹۳۱) و سرگئی وینوگرداسکی[3] (۱۸۵۶-۱۹۵۳) باکتری های ساکن خاک و آب را مورد مطالعه قرار دادند. عمده مفاهیم جدید در میکروبیولوژی عمومی و محیطی از جمله کشت های غنی سازی[4]، کمولیتوتروفی[5]، کمواتوتروفی[6] و تثبیت نیتروژن[7] در این دوره پدیدار شد.

درک فعلی ما از فرآیندهای پیچیده سلولی، عملکردهای ژنی و متابولیکی به طور قابل توجهی با مطالعه میکروارگانیسم‌ها بدست آمده است. تحقیقات گسترده روی باکتری *Escherichia coli*، مخمر *Saccharomyces cerevisiae* و باکتریوفاژها بینش عمیق‌تری را در مورد فرآیندهای سلولی به طور کلی و زیست‌شناسی انسان به طور خاص ارائه کرد (Singh, 2018 et al).

زندگی بشر از غذا، آب، حاصلخیزی خاک، سلامت حیوانات، حذف آلاینده‌های محیطی و صنعتی و تصفیه فاضلاب و زباله‌ها بسیار وابسته به میکروارگانیسم‌ها است. همچنین به دلیل توانایی رشد سریع میکروارگانیسم‌ها در شرایط کنترل شده، آنها برای آزمایش‌هایی که فرآیندهای پایه‌ای حیات را مورد بررسی قرار می‌دهند بسیار مفید هستند. بیشتر اکتشافات مربوط به اساس مولکولی و بیوشیمیایی حیات با استفاده از میکروارگانیسم‌ها انجام شده است.

میکروب‌شناسان در کشف نحوه عملکرد میکروارگانیسم‌ها گام‌های بلندی برداشتند و استفاده از این دانش سلامت و رفاه انسان را به میزان زیادی ارتقا داده است. علاوه بر شناخت میکروارگانیسم‌ها به عنوان عوامل بیماری زا، میکروبیولوژی پیشرفت‌های زیادی در شناخت نقش مهم میکروارگانیسم‌ها در غذا و کشاورزی داشته است، و میکروب‌شناسان از فعالیت‌های میکروبی برای تولید محصولات انسانی ارزشمند، تولید انرژی و پاکسازی محیط استفاده کردند.

میکروارگانیسم‌ها یا از طریق فعالیت‌های طبیعی خود و یا با تولید داروهای نوترکیب، بخش مهمی از زندگی انسان هستند. بنابراین میکروارگانیسم‌ها، توانایی کمک به بشر را در مقابله با چالش‌های جدید غذا، انرژی و آب به شیوه‌ای پایدار دارند و در عین حال سلامت اکوسیستم‌ها را حفظ و بهبود می‌بخشند (Singh et al, 2018).

۳- میکروارگانیسم‌ها و چرخه‌های بیوژئوشیمیایی

آرکی‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها و جلبک‌ها نقش مهمی در چرخه‌های کربن، نیتروژن، گوگرد و فسفر و همچنین بسیاری از فلزات دیگر دارند. چرخه‌های فلزی می توانند مستقیماً توسط میکروارگانیسم‌ها هدایت شوند زیرا آنها به فلزات به عنوان ریز مغذی برای رشد سلول خود نیاز دارند و قادر به دریافت انرژی متابولیک از تنفس فلزی یا اکسیداسیون فلزات هستند. همچنین دارای قابلیت‌های گسترده برای سم زدایی فلزات سنگین هستند. امروزه می‌دانیم که آرکی‌ها و باکتری‌ها در اعماق مختلف زمین، جایی که سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی تشکیل می‌شوند وجود دارند و به نظر می‌رسد در تشکیل رسوبات معدنی نقش دارند. در نتیجه چرخه فلزات اصلی مانند آهن، منگنز، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم، فلزات کمیاب و بسیار کمیاب مانند نقره، موکروم، مس، نیکل، پالادیوم، سلنیوم، تنگستن، وانادیم، اورانیوم، جیوه، کربن و روی در سطح و در برخی از محیط‌های پوسته ای زمین، توسط فرآیندهای میکروبی کنترل می‌شوند (Reith et al, 2013).

نقش مهم میکروارگانیسم‌ها در چرخه های بیوژئوشیمیایی به ویژه چرخه نیتروژن، کربن و گوگرد مزایا و کاربردهای فراوانی می‌تواند در کشاورزی یا رفع آلودگی‌های زیست محیطی ایفا کند. در ادامه به خلاصه ای از نقش میکروارگانیسم‌ها در چند چرخه بیوژئوشیمیایی مهم اشاره می‌شود.

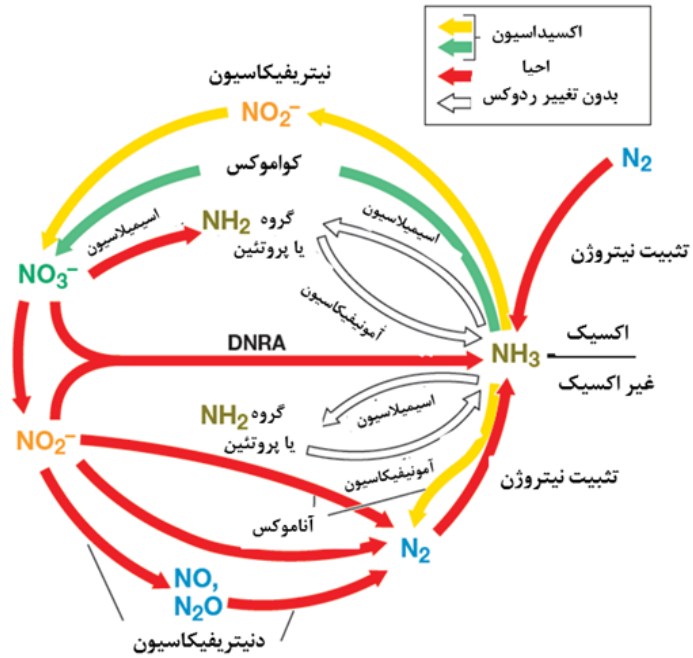
۳-۱- *چرخه نیتروژن*

نیتروژن توسط دانیل رادرفورد[8] در سال ۱۷۷۲ کشف شد. مشخص شد که نیتروژن آنقدر بی اثر است که آنتوان لاووازیه

1. Abiogenesis
2. Robert Koch
1. Paul Ehrlich
2. Martinus Beijerinck
3. Sergei Winogrdasky
4. Enrichment cultures
5. Chemolithotrophy
6. Chemoautotroph
7. Nitrogen fixation
8. Daniel Rutherford

آن را «azote» به معنای «بدون زندگی» نامید. نیتروژن به عنوان گاز یا مایع بی رنگ و بی بو است (Cheng, 2008). نیتروژن چهارمین عنصر در زیست توده سلولی است و ۷۸ درصد جو زمین را تشکیل می‌دهد. اهمیت این عنصر برای زیست‌کره و حیات سلولی غیرقابل انکار است (Stein and Klotz). نیتروژن یک عنصر کلیدی برای حیات در اقیانوس‌ها است و نقش مهمی در جذب دی‌اکسید کربن از اتمسفر ایفا می‌کند. چرخه نیتروژن عملکرد اکوسیستم‌های دریایی را حفظ می‌کند و یک جزء حیاتی در نحوه واکنش اقیانوس به تغییرات محیطی جهان است (Pajares and Ramos).

چرخه نیتروژن به چهار فرآیند تقسیم می‌شود (شکل ۳): تثبیت نیتروژن مولکولی[1]، آمونیفیکاسیون[2] (آمونیاک‌سازی یا معدنی سازی ترکیبات آلی نیتروژن)، نیتریفیکاسیون[3] (شوره‌گذاری) و دنیتریفیکاسیون[4] (شوره‌زدایی).



شکل ۳: چرخه نیتروژن. برای توضیحات بیشتر به متن مراجعه شود (Madigan et al, 2021).

۱-۱-۳- میکروارگانیسم‌ها تنها عوامل طبیعی جذب گاز نیتروژن و تبدیل آن به ترکیبات حیات بخش

نکته بسیار مهم این است که میکروارگانیسم‌ها (آرکی‌ها و باکتری‌ها) تنها موجوداتی بر روی زمین هستند که فرایند تثبیت نیتروژن را انجام می‌دهند یعنی نیتروژن مولکولی یا گازی شکل را احیاء کرده و وارد چرخه‌های حیاتی می‌کنند. بخش عمده تبادل بین گاز نیتروژن در اتمسفر و ترکیبات نیتروژنی به طور کامل توسط فعالیت‌های میکروبی کنترل می‌شود (Stein and Klotz, 2016). تثبیت نیتروژن همراه با فتوسنتز اساس ایجاد و ادامه حیات بر روی کره زمین است. بررسی‌ها نشان دادند هیچ گیاهی تثبیت نیتروژن انجام نمی‌دهد. برخی از گیاهان (عمدتاً حبوبات) نیتروژن را از طریق میکروارگانیسم‌های همزیست (عمدتاً ریزوبیا) تثبیت می‌کنند. ماهیت تثبیت زیستی نیتروژن این است که دی نیتروژناز، نیتروژن جوی را به مولکول آمونیاک آلی (NH_3) تبدیل می‌کند (Cheng, 2008). تثبیت زیستی نیتروژن که توسط پروکاریوت‌ها انجام می‌شود، منجر به احیاء نیتروژن مولکولی به آمونیاک می‌شود که وارد ساختار مولکول‌های زیستی از جمله اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک می‌شود. بنابراین فعالیت میکروارگانیسم‌ها امکان بازیابی نیتروژن از دست رفته و غیرقابل برگشت در اکوسیستم‌ها را فراهم می‌کند (Rascio and La Rocca, 2008). تثبیت نیتروژن باعث ایجاد حدود ۲۰۰ میلیون تن نیتروژن در سال برای اکوسیستم‌ها در زمین می‌شود. تثبیت نیتروژن در برخی موارد از همزیستی بین برخی میکروارگانیسم‌ها و ریشه گیاهان خاص و با تشکیل گره در ریشه گیاه انجام می‌شود (Rascio and La Rocca, 2008). سالانه تقریباً ۲/۵×۱۰۱۱ کیلوگرم آمونیاک از اتمسفر توسط تثبیت نیتروژن زیستی و تقریباً ۸×۱۰۱۰ کیلوگرم آمونیاک توسط صنعت آمونیاک تولید می‌شود. کمتر از ۳۰ درصد از کودهای شیمیایی و مصنوعی آمونیاکی تولید شده مورد استفاده قرار می‌گیرند و کودهای مصرف نشده می‌توانند باعث ایجاد

1. Molecular nitrogen fixation
2. Ammonification
3. Nitrification
4. Denitrification

مشکلات زیست محیطی جدی و آلودگی صنعتی شود. تثبیت زیستی نیتروژن این مزیت را دارد که دوستدار محیط‌زیست بوده و بنابراین برای کشاورزی پایدار ایده آل است یعنی در همزیستی گیاهان و جانوران با میکروارگانیسم‌های تثبیت کننده نیتروژن در حد نیاز موجودات زنده تثبیت نیتروژن صورت می‌گیرد (Cheng, 2008).

۲-۱-۳- میکروارگانیسم‌های نیترات زا و نقش آنها در حیات گیاهان و رونق کشاورزی

نیتریفیکاسیون یا نیترات‌زایی یک فرآیند دو مرحله‌ای است که در آن آمونیاک ابتدا توسط باکتری‌های اکسیدکننده آمونیاک و یا آرکی‌ها به نیتریت اکسید می‌شود و سپس توسط باکتری‌های اکسیدکننده نیتریت، نیتریت به نیترات تبدیل می‌شود. اکسیداسیون کامل آمونیاک به نیترات در موجودات کوماموکس[1] - موجودی که می‌تواند آمونیاک را از طریق فرآیند نیتریفیکاسیون به نیتریت و سپس به نیترات تبدیل کند - از نظر انرژی امکان پذیر است (Van Kessel, 2015 et al). از جمله برخی از باکتری‌ها مانند گونه های خاصی از نوروسپیرا[2]، می‌توانند آمونیاک را به طور کامل به نیترات اکسید کنند. باکتری‌های اکسید کننده آمونیاک نیتریت نقش مهمی در دریاچه‌ها و رودخانه‌های آب شیرین، سیستم‌های آب آشامیدنی، رسوبات ساحلی و خاک‌های شالیزاری دارند. نقش میکروارگانیسم‌های تبدیل کننده آمونیاک خاک به ترکیبات نیتراتی بسیار مهم است زیرا این ترکیبات نیتراتی قابل جذب و استفاده توسط گیاهان هستند و در نتیجه در کشاورزی و تولید محصولات باغی و زراعی اهمیت زیادی دارند. در کشاورزی، آبیاری با محلول های رقیق آمونیاک منجر به افزایش نیترات خاک از طریق عمل این میکروارگانیسم‌ها می‌شود.

۳-۱-۳- نیترات زدایی میکروارگانیسم‌ها و نقش آن در تصفیه آب و پساب

تبدیل نیترات به ترکیبات گازی نیتروژن، دنیتریفیکاسیون یا نیترات‌زدایی نامیده می‌شود. نیترات‌زدایی در مزارع کشاورزی مضر است و باعث حذف نیترات از خاک می‌شود. اما از سوی دیگر، نیترات زدایی می‌تواند به تصفیه پساب‌ها کمک کند. نیترات‌زدایی باعث افزایش گرمایش جهانی، تخریب ازن (O_3) در اتمسفر، ایجاد باران اسیدی و افزایش اسیدیته خاک می‌شود. افزایش اسیدیته خاک، ساختار و عملکرد جامعه میکروبی و در نهایت حاصلخیزی خاک را تغییر می‌دهد و بر تنوع گیاهی و عملکرد کشاورزی گیاهان زراعی تأثیر می‌گذارد.
آلودگی نیتراتی در آب‌ها یک مشکل بسیار جدی در سراسر جهان است (Costa et al, 2018). نیترات‌ها در آب‌های آشامیدنی و کشاورزی و همچنین پساب‌ها و فاضلاب‌ها می‌توانند تهدیدی جدی برای سلامت انسان و حیوانات باشند. روش‌های مختلفی برای حذف نیترات از جریان‌های آبی گزارش شده است که تقریباً در تصفیه کامل نیترات ناتوان هستند. نیترات‌زدایی به روش زیستی توسط میکروارگانیسم‌ها قادر به کاهش ترکیبات نیترات معدنی به گاز نیتروژن بی‌ضرر است. بررسی مطالعات متعدد در نیترات زدایی به روش زیستی در منابع آب، پساب های آبزی پروری و فاضلاب صنعتی، توانایی این روش و انعطاف پذیری آن را در جهت اصلاح غلظت‌های مختلف نیترات تایید کردند (Ghafari et, 2008 al).

میکروارگانیسم‌های چرخه نیتروژن نقش کلیدی در ارتباط میکروبیولوژی محیطی و مهندسی پساب و فاضلاب دارند. باکتری‌های اکسیدکننده آمونیاک، باکتری‌های اکسیدکننده نیتریت، نیتریفایرهای هتروتروف و باکتری‌های آناموکس در حذف نیتروژن فاضلاب اهمیت زیادی دارند (Xu et, 2021 al).

فرآیندهای بیولوژیکی مبتنی بر آناموکس نقش مهمی در مدیریت پایدار فاضلاب، به ویژه برای کنترل نیتروژن ایفا می‌کنند. باکتری‌های آناموکس، کند رشد و از شاخه های متنوع هستند که می‌توانند از شرایط محیطی مختلف جداسازی شوند. در فرایند آناموکس آمونیاک از طریق بی‌هوازی با استفاده از نیتریت به عنوان یک پذیرنده الکترون به نیتروژن اکسید می‌شود. فرآیند آناموکس شرایط فوق العاده‌ای را در یک سیستم اتوتروف برای حذف آمونیاک با شرط حفظ بیومس به وجود می‌آورد (Wu et al, 2020).

۲-۳- چرخه کربن

فتوسنتز و تجزیه ترکیبات آلی کربنی دو فرایند اصلی در چرخه کربن هستند. ترکیبات آلی جدید از نظر زیستی تنها با تثبیت دی‌اکسید کربن توسط اتوتروف‌ها در کره زمین ساخته می‌شوند. بیشتر ترکیبات آلی از فتوسنتز منشأ می‌گیرند و بنابراین موجودات فوتوتروف پایه چرخه کربن هستند. با این حال، موجودات فوتوتروف در طبیعت فقط در زیستگاه‌هایی که نور در دسترس است به وفور یافت می‌شوند. دو نوع فتوسنتز در میکروارگانیسم‌ها وجود دارد: فتوسنتز اکسیژنی (فتوسنتز همراه با تولید اکسیژن) و فتوسنتز بدون اکسیژن.

در فتوسنتز اکسیژنی، اکسیژن تولید می‌شود که سیانوباکترها

1. Comammox (COMplete AMMonia OXidation)

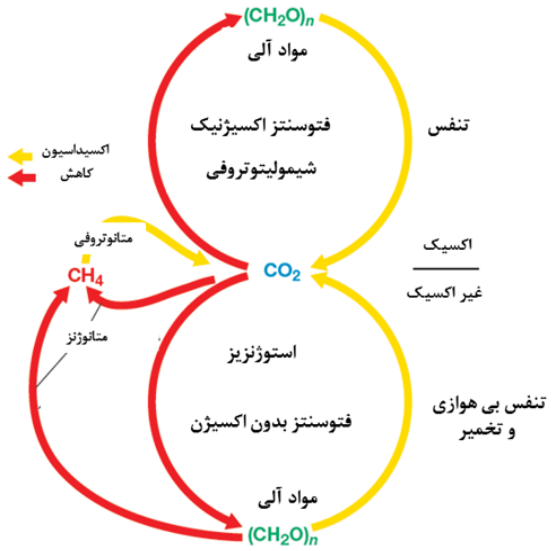
2. Nitrospira

مثال بارز پروکاریوت‌های میکروبی این دسته هستند. این نوع فتوسنتز توسط گیاهان و جلبک‌ها نیز انجام می‌شود. در فتوسنتز بدون اکسیژن که فقط توسط میکروارگانیسم‌ها انجام می‌شود، از آب به عنوان دهنده الکترون استفاده نمی‌شود و در نتیجه در این نوع فتوسنتز اکسیژن تولید نمی‌گردد. به جای آب در این فتوسنتز از ترکیبات دیگر مانند سولفید، هیدروژن یا سوبستراهای آلی استفاده می‌شود و در آن اکسیژن تولید نمی‌شود (Hanada, 2016).

تنوع متابولیکی بسیار زیادی در بین فوتوتروف‌های بدون اکسیژنی نسبت به فتوتروف‌های اکسیژنی وجود دارد. گیاهان و برخی از میکروارگانیسم‌ها دو گروه موجودات فوتوتروف با فتوسنتز اکسیژنی هستند. چرخه کربن با تثبیت دی‌اکسید کربن فتوسنتزی آغاز می‌شود که برای تامین انرژی نیاز به انرژی نور (نور خورشید) است. با تثبیت دی‌اکسید کربن ترکیبات آلی تولید می‌شود. به این ترتیب موجودات اتوتروف از دی‌اکسید کربن زیست توده می‌سازند و سپس این زیست توده نیاز موجودات هتروتروف را تامین می‌کند.

کربن به صورت دی‌اکسید کربن در تمام مخازن اصلی کربن زمین مانند جو، زمین، اقیانوس‌ها، آب شیرین، رسوبات و سنگ‌ها و زیست توده حرکت می‌کند. چرخه‌های کربن و اکسیژن کاملاً به هم مرتبط هستند. همه چرخه‌های عناصر به نحوی با چرخه کربن مرتبط هستند اما با چرخه نیتروژن به طور خاص به شدت پیوند دارد زیرا به غیر از آب، کربن و نیتروژن بخش عمده ترکیبات موجودات زنده را تشکیل می‌دهند. ترکیبات آلی به صورت زیستی به متان و دی‌اکسید کربن تجزیه می‌شوند. دی‌اکسید کربن که بیشتر آن منشأ میکروبی دارد با تنفس هوازی و بی‌هوازی تولید می‌شود. متان در محیط‌های بدون اکسیژن توسط متانوژن‌ها از احیای دی‌اکسید کربن با هیدروژن یا از شکستن استات به متان و دی‌اکسید کربن تولید می‌شود (شکل ۴).

هر ترکیب آلی طبیعی در نهایت می‌تواند از فعالیت‌های مشترک متانوژن‌ها و باکتری‌های تخمیری مختلف به متان تبدیل شود. متان تولید شده در زیستگاه‌های بدون اکسیژن نامحلول است و اغلب به سرعت در محیط‌های دارای اکسیژن منتشر می‌شود یا به اتمسفر آزاد می‌شود یا توسط متانوتروف‌ها به دی‌اکسید کربن اکسید می‌شود. از این رو، بیشتر کربن موجود در ترکیبات آلی در نهایت به دی‌اکسید کربن باز می‌گردد (Madigan et al., 2021).



شکل ۴: چرخه کربن. فرآیندهای اتوتروفی (تبدیل دی‌اکسید کربن به ترکیبات آلی) و فرآیندهای هتروتروفی (مصرف ترکیبات آلی کربنی) را نشان می‌دهد (Madigan et al, 2021)

۱-۲-۳- فتوسنتز میکروبی و تولید اکسیژن برای ایجاد و ادامه حیات بر روی کره زمین

اگرچه میکروارگانیسم‌ها دارای اندازه کوچک و حداقل حجم سلولی هستند، با این حال آنها بخش عمده‌ای از زیست توده زمین را در اکوسیستم‌های دریایی و آبی ایجاد می‌کنند و فعالیت آنها برای حفظ حیات ضروری است. سیانوباکتری‌ها پروکاریوت‌های فتوسنتزی هستند که مسئول ایجاد اکسیژن کنونی زمین هستند، بنابراین اکسیژنی که ما تنفس می‌کنیم نتیجه فعالیت‌های میکروبی است (Singh et al., 2018). دانشمندان تخمین می زنند که ۵۰ تا ۸۰ درصد اکسیژن تولیدی روی زمین از اقیانوس ها تامین می‌شود. بیشتر این تولید از پلانکتون‌های اقیانوسی شامل جلبک‌ها و برخی باکتری‌ها است که می‌توانند فتوسنتز کنند. یک گونه خاص

یعنی پروکلروکوکوس کوچکترین موجود فتوسنتزی روی زمین است. اما این باکتری کوچک تا ۲۰ درصد از اکسیژن کل زیست کره ما را تولید می کند که این درصد بیشتر از مجموع جنگل‌های بارانی استوایی است[1]. میکروب‌های فوتوتروف، در بسیاری از خاک‌های سطح زمین، فراوانی بالایی نشان می‌دهند. آنها از طریق فتوسنتز به جریان دی اکسید کربن اتمسفر کمک می‌کنند (Hamard et al., 2021).

۲-۲-۳- تجزیه ترکیبات آلی و پاکسازی پسماندها توسط میکروارگانیسم‌ها و ضرورت آن برای ادامه حیات

فرآیند زیست پالایی به عنوان استفاده از موجودات زنده برای سم‌زدایی یا حذف آلاینده‌ها به دلیل قابلیت‌های متابولیکی متنوع آنها، روشی در حال تکامل برای حذف و تخریب بسیاری از آلاینده‌های محیطی از جمله محصولات نفتی است. آلودگی خاک به هیدروکربن ها باعث آسیب گسترده به سیستم محلی می‌شود. زیرا تجمع آلاینده‌ها در حیوانات و بافت گیاهی ممکن است باعث مرگ یا جهش شود. تخریب میکروبی آلاینده‌های هیدروکربنی و نفتی مهمترین و بهترین مکانیسم طبیعی برای پاکسازی محیط است. هیدروکربن‌های موجود در محیط عمدتاً توسط باکتری‌ها، مخمرها و قارچ‌ها تجزیه می‌شوند (Das and Chandran, 2011).

میکروارگانیسم‌ها دردسترس ترین موجودات زیستی موجود در طبیعت هستند که توانایی تجزیه پلیمرهای مصنوعی و طبیعی را دارند. زیست توده لیگنوسلولزی در ضایعات کشاورزی، بقایای جنگلی، زباله های شهری، زباله‌های صنعتی یافت می‌شوند. میکروارگانیسم‌ها در درجه اول مسئول تخریب چوب و سلولز در طبیعت هستند. مطالعات نشان دادند که زیست‌توده لیگنوسلولزی را می‌توان با کمک میکروارگانیسم‌ها تجزیه کرد. با توجه به اینکه زیست توده لیگنوسلولزی از جمله موادی است که برای تولید انرژی‌های پاک و تجدید پذیر مورد نظر است، از این قابلیت میکروارگانیسم‌ها در تجزیه این مواد بخوبی می‌توان بهره برد (Chukwuma et al, 2021).

میکروارگانیسم‌ها همچنین نقش بسیار موثری در تصفیه پساب و فاضلاب‌ها دارند. لجن فعال[1] در تصفیه خانه‌های پساب و فاضلاب، عمدتاً برای حذف ترکیبات آلی زیست تخریب پذیر استفاده می‌شود. لجن فعال از یک کشت میکروبی متراکم برای تجزیه زیستی مواد آلی در شرایط هوازی و تشکیل یک لخته زیستی برای جداسازی جامدات در واحدهای ته نشینی استفاده می‌شود. میکروارگانیسم‌های زنده موجود در لجن، مواد آلی را به دی اکسید کربن و آب اکسید می‌کنند. اکسیداسیون با رشد میکروبی همراه است که توسط آن میکروارگانیسم‌ها بخشی از مواد آلی را جذب می‌کنند. در صورت عدم وجود میکروارگانیسم‌ها عملا تصفیه پساب و فاضلاب ارزان قیمت و سازگار با محیط‌زیست امکانپذیر نیست و آلودگی و بوی ناشی از عدم تصفیه آنها سبب مختل شدن زندگی انسان‌ها به ویژه در شهرهای بزرگ می‌شود (Modin et al, 2016).

۳-۲-۳- نقش میکروارگانیسم‌ها در تولید و حذف گازهای گلخانه‌ای و مدیریت گرمایش جهانی

هر ترکیب آلی طبیعی در نهایت می‌تواند توسط فعالیت میکروارگانیسم‌ها به ترکیبات ساده کربن دار مانند متان و دی اکسید کربن تبدیل شود. متان تولید شده در زیستگاه‌های بدون اکسیژن نامحلول است و اغلب به سرعت در محیط های حاوی اکسیژن منتشر می‌شود یا در جو آزاد می‌شود و یا توسط متانوتروف ها به دی‌اکسید کربن اکسید می‌شود. از این رو بیشتر کربن موجود در ترکیبات آلی در نهایت به دی‌اکسید کربن تبدیل می‌شود (Madigan et al, 2021).

کربن از اتمسفر به خاک از طریق موجودات تثبیت‌کننده کربن (دی اکسید کربن موجود در اتمسفر) مانند گیاهان و میکروارگانیسم‌های فتوسنتزکننده منتقل می‌شود. در واقع، موجودات تثبیت‌کننده کربن از کربن به عنوان ماده اولیه متابولیسم استفاده می‌کنند، زیرا دی اکسید کربن اتمسفر به میزان زیادی توسط آنها مصرف می‌شود. بنابراین میکروارگانیسم‌ها به استخراج کربن از منابع غیر زنده (کربن موجود در اتمسفر) کمک می‌کنند و کربن را در دسترس موجودات زنده از جمله خودشان قرار می دهند. میکروارگانیسم‌های خاک کربن آلی ذخیره شده در خاک و آزاد شده به اتمسفر را تنظیم می‌کنند و به طور غیرمستقیم بر ذخیره کربن در گیاهان و خاک از طریق تأمین نیتروژن و فسفر تأثیر می‌گذارند. موجودات تثبیت‌کننده کربن دی اکسیدکربن را از طریق فتوسنتز از اتمسفر حذف و مواد آلی ایجاد می‌کنند که انرژی و سوخت مورد نیاز اکوسیستم‌های زمینی را تامین می‌کند. برعکس، تنفس توسط موجودات زنده دی اکسید کربن را دوباره به جو رها می‌سازد. دما بر تعادل بین این فرآیندها و در نتیجه ظرفیت زیست کره زمین برای جذب و ذخیره انتشار کربن انسانی و سایر موجودات زنده تأثیر می‌گذارد. جدول (۱) میزان دی اکسیدکربن تولید شده در سال توسط کشورها بر حسب میلیون تن و درصد آنها را بر اساس برآورد سال ۲۰۱۷ نشان می‌دهد. چین و آمریکا از نظر آلودگی محیط زیست و تولید دی اکسید کربن پیشتاز کشورهای جهان هستند. این دو کشور مسئول بیش از ۴۰ درصد از انتشار دی

1. Activated sludge

1. https://oceanservice.noaa.gov/facts/ocean-oxygen.html

اکسید کربن در جهان هستند. در نتیجه این مناطق به دلیل سرعت فعالیت‌های اقتصادی-اجتماعی، به شدت مستعد اثرات آلودگی زیست محیطی هستند (Mangodo et al, 2020).

متان یک گاز گلخانه‌ای قوی است که ۲۰ برابر بیشتر از دی‌اکسید کربن در به دام انداختن گرما موثر است. مقداری از متان توسط متانوژن‌ها تولید و وارد اتمسفر می‌شود، اما تمام متان تولید شده زیستی بلافاصله مصرف نمی‌شود و در جو آزاد می‌شود. همچنین مقادیر زیادی متان که عمدتاً از فعالیت‌های میکروبی قدیمی حاصل شده است، در زیر زمین یا زیر رسوبات دریایی به عنوان هیدرات متان به دام می‌افتد (Madigan et al, 2021).

جدول ۱: انتشار دی اکسید کربن توسط کشورها در سال ۲۰۱۷ (Mangodo et al, 2020).

ردیف	کشور	انتشار سالانه (میلیون تن)	درصد
۱	چین	۹۸۳۹	۲/۲۷
۲	امریکا	۵۲۶۹	۶/۱۴
۳	هند	۲۴۶۷	۸/۶
۴	روسیه	۱۶۹۳	۷/۴
۵	ژاپن	۱۲۰۵	۳/۳
۶	آلمان	۷۹۹	۲/۲
۷	ایران	۶۷۲	۹/۱
۸	عربستان صعودی	۶۳۵	۸/۱
۹	کره جنوبی	۶۱۶	۷/۱
۱۰	کانادا	۵۷۳	۶/۱

متانوتروف‌ها[1] گروهی از میکروارگانیسم‌ها متیلوتروف[2] هستند که متان را متابولیزه کرده و از طریق اکسیداسیون متان به ترتیب متانول، فرمالدهید، اسید فرمیک و نهایتا دی اکسید کربن تولید می‌کنند. همچنین آنها به تنهایی قادر به نیترات زدایی هستند. از این قابلیت میکروارگانیسم‌های متانوتروف می‌توان برای حذف متان در محیط‌های مختلف از جمله معدن زغال سنگ استفاده کرد. برخی باکتری متانوتروف از جمله باکتری *Methylomonas methanica* در بیوراکتورهای فاز گازی قادر به حذف مقادیر قابل توجهی متان از مخلوط‌های متان/هوا هستند و بنابراین می‌توانند در حذف متان از اتمسفر معدن زغال‌سنگ کاربرد عملی داشته باشند (Apel et al., 1991)

باکتری‌های اکسید کننده متان[3] به طور گسترده در محیط طبیعی وجود دارد که از متان به عنوان منبع کربن و انرژی استفاده می‌کند. متان از طریق مجموعه‌ای از آنزیم‌ها در سلول این باکتری‌ها به دی‌اکسید کربن متابولیزه می‌شود و انرژی برای رشد این باکتری‌ها از طریق این فرآیند متابولیکی ایجاد می‌شود. کنسرسیوم باکتری‌های اکسید کننده متان، کشت مخلوطی است که حاوی انواع میکروارگانیسم‌ها است. میکروارگانیسم‌های موجود در کنسرسیوم عموماً سموم را حذف می‌کنند، متابولیت‌های بیش از حد انباشته شده (مانند متانول) را جذب کنند و مواد مغذی کلیدی را برای باکتری‌های اکسیدکننده متان فراهم کنند. تلقیح این باکتری‌ها در فیلترهای زیستی به طور بسیار موثری منجر به حذف متان در چندین مکان انتشار متان، از جمله خانه‌های حیوانات و حوضچه‌های پساب شده است (Sun et al, 2018).

متانوتروف‌ها به ویژه در محیط‌هایی که متان تولید می‌شود حضور دارند، اگرچه برخی از متانوتروف‌ها می‌توانند متان اتمسفر را اکسید کنند. زیستگاه آنها شامل تالاب‌ها، خاک‌ها، مرداب‌ها، شالیزارهای برنج، محل‌های دفن زباله، سیستم‌های آبی(دریاچه‌ها، اقیانوس‌ها، نهرها) و غیره است. این میکروارگانیسم‌ها مورد توجه ویژه محققانی هستند که بر روی گرمایش جهانی مطالعه می‌کنند زیرا با کاهش میزان متان منتشر شده به جو می‌توانند در مدیریت گازهای گلخانه‌ای و گرمایش زمین نقش مهمی ایفا کنند.

۳-۳- چرخه فسفر

فسفر یک درشت مغذی است که نقش اساسی در رشد گیاهان ایفا می‌کند و در بسیاری از واکنش‌های متابولیکی شرکت می‌کند. این عنصر برای زندگی ضروری است زیرا در مولکول‌های زیستی از جمله اسیدهای نوکلئیک، کوآنزیم‌ها، فسفوپروتئین‌ها و فسفولیپیدها وجود دارد. علاوه بر این، فسفر یکی از عناصر محدود کننده اصلی تولید زیست توده در اکوسیستم‌های زمینی و دلیل یوتریفیکاسیون[4] مداوم آب‌های قاره‌ای و ساحلی، به دلیل استفاده گسترده از کودهای فسفر

1. Methanotrophs
2. Methylotroph
3. Methane-oxidizing bacteria
4. Eutrophication

است.

چرخه فسفر در اکوسیستم‌های خاک، رودخانه، جنگل و دریا وجود دارد. چرخه فسفر با چرخه‌های بیوژئوشیمیایی نیتروژن و کربن متفاوت است زیرا هیچ گونه گاز پایداری در دماهای زمین و فشارهای اتمسفر ایجاد نمی‌کند. فقط مقادیر کمی از اسید فسفریک (H3PO4) ممکن است وارد اتمسفر شود و در برخی موارد به ایجاد باران اسیدی کمک می‌کند.

۱-۳-۳- میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات و حل معضل افزایش جهانی فسفر و افزایش بهره‌وری کشاورزی

فسفر از احتراق سوخت‌های فسیلی در جو ساطع می‌شود. چرخه طبیعی فسفر یک جریان ساده یک طرفه از اکوسیستم‌های زمینی به آبی است. فعالیت زیستی و تغییرات آب و هوایی از عوامل مهم افزایش غلظت فسفر هستند که پیامدهایی برای اکوسیستم‌های زمینی و آبی و در نهایت تأثیر بر چرخه فسفر جهانی دارند. فعالیت‌های انسانی، از جمله توسعه و استفاده از مواد شیمیایی فسفر آلی، استخراج ذخایر فسفر زمینی برای تولید کودهای فسفر و دفع فضولات حیوانی در محیط، به طور چشمگیری تعادل ژئوشیمیایی فسفر خاک و عملکرد اکوسیستم را مختل کرده است.

میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات[1] (PSMs)، یک میکروفلور بزرگ که واسطه فسفر زیستی خاک هستند که با کانی سازی فسفر آلی، حل کردن مواد معدنی فسفر معدنی و ذخیره مقادیر زیادی فسفر در زیست توده، نقش مهمی در چرخه فسفر خاک ایفا می‌کنند. همچنین با آزادکردن آنزیم‌های فسفاتاز و اسیدهای آلی، کاهش pH خاک، می‌توانند فسفر خاک را به اشکال ارتو فسفات محلول و در دسترس گیاه (PO_{43}، HPO_4– و H_2PO_4–) تبدیل کنند. بنابراین تلقیح میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات به خاک در قالب اصلاح کننده خاک و کود زیستی یک رویکرد سازگار با محیطزیست پذیرفته شده برای افزایش غلظت فسفر محلول در خاک و افزایش بهره وری محصولات کشاورزی است (Tian et al, 2021).

۴-۳- چرخه گوگرد

مطالعه باکتری‌های چرخه گوگرد حدود دهه ۱۸۹۰ توسط میکروبیولوژیست‌های معروف وینوگرداسکی و بیژرینک آغاز شد. اکتشافات جدید زیادی در مورد خواص متابولیکی، موقعیت فیلوژنتیکی و رفتار اکولوژیکی میکروارگانیسم‌ها در چرخه گوگرد صورت گرفته است. پژوهشگران علاقه زیادی به مطالعه بر روی چرخه زیستی گوگرد دارند، به ویژه به دلیل وجود ارگانیسم‌های ویژه ای که در اعماق دریاها و سایر محیط هایی که در شرایط افراطی مانند نمک زیاد، دما یا اسیدیته بسیار کم یا زیاد کشف شدند (Lens and Kuenen 2001). گوگرد اغلب در همه موجودات زنده همراه با ترکیبات آلی با عملکردهای کاتالیزوری، ساختاری و تنظیمی مانند اسیدهای‌آمینه، پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها و چربی‌ها وجود دارد (Pokorna and Zabranska, 2015). بخش عمده‌ای از گوگرد روی زمین در رسوبات و سنگ‌ها به شکل کانی‌های سولفاتی، عمدتا گچ ($CaSO_4$) و کانی‌های سولفیدی (پیریت) قرار دارد، اما اقیانوس‌ها مهم‌ترین مخزن سولفات (SO_4) در زیست‌کره را تشکیل می‌دهند. مقدار قابل توجهی از گوگرد، به ویژه گاز دی‌اکسید گوگرد (SO_2)، از فعالیت‌های انسانی و در درجه اول از احتراق سوخت‌های فسیلی به ویژه زغال سنگ حاصل می‌شود. چرخه گوگرد از دو فرایند اکسیداسیون و احیا ترکیبات گوگردی تشکیل شده است (شکل ۵).

سولفید هیدروژن (H_2S) یک ترکیب گوگردی فرار است که از احیای سولفات توسط میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شود یا از چشمه های سولفیدی و آتشفشان‌ها ساطع می‌شود. باکتریهای کاهنده سولفات یک گروه بسیار متنوع و گسترده در طبیعت هستند. باکتری‌های کاهنده سولفات[2] (SRB) ، باکتری‌های بی‌هوازی و هتروتروف هستند و سولفات و تیوسولفات را به سولفید هیدروژن (H_2S) احیاء می‌کنند.

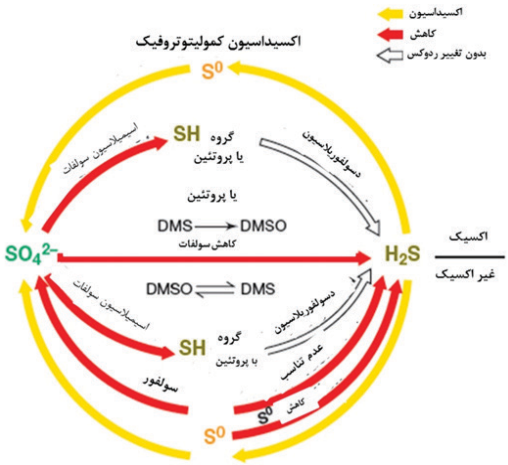
در رسوبات دریایی، سرعت کاهش سولفات معمولاً محدود به کربن است و می‌تواند با افزایش مواد آلی تا حد زیادی افزایش یابد. این فرایند بسیار مهم است زیرا دفع فاضلاب یا زباله در اقیانوس‌ها یا مناطق ساحلی می‌تواند باعث کاهش سولفات شود. سولفید هیدروژن برای بسیاری از گیاهان و حیوانات سمی است و بنابراین تشکیل آن به طور بالقوه مضر است. علت سمیت سولفید اختلال در تنفس به دلیل ترکیب شدن با آهن سیتوکروم است. سولفید معمولاً در ترکیب با آهن سم زدایی می‌شود و مواد معدنی نامحلول پیروتیت (FeS) و پیریت (FeS_2) را تشکیل می‌دهد. رنگ سیاه رسوبات سولفیدی یا کشت‌های میکروارگانیسم‌های کاهنده سولفید به دلیل این کانی های سولفیدی فلزی است. در شرایط اکسیژن، سولفید به سرعت در pH خنثی به طور خود به خود اکسید می‌شود. میکروارگانیسم‌های اکسید کننده گوگرد که بیشتر آنها هوازی هستند، می‌توانند اکسیداسیون سولفید را کاتالیز کنند. با این حال، به دلیل واکنش خودبه‌خودی نسبتاً سریع، اکسیداسیون سولفید میکروبی تنها در مناطقی که سولفید

1. Phosphate solubilizing microorganisms (PSMs)

2. Sulfate-reducing bacteria

هیدروژن از محیط‌های بدون اکسیژن به اتمسفر می‌رسد، قابل توجه است. در مناطق حاوی نور، اکسیداسیون سولفید بدون اکسیژن نیز می‌تواند انجام شود که این واکنش توسط باکتری‌های گوگردی سبز و ارغوانی فوتوتروف کاتالیز می‌شود (Madigan et al., 2021).

باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد[1] (SOB) دارای نقش بسیار مهمی در چرخه‌های بیوژئوشیمیایی خاک و کاربرد گسترده‌تری در فرآیندهایی مانند استخراج زیستی معدن[2]، زیست پالایی[3]، کود زیستی[4] و همچنین در فناوری‌هایی مانند فیلترهای زیستی، حسگرهای زیستی و بی‌بوکننده‌کننده با اکسید کردن گوگرد احیا شده هستند (Rana et al., 2021).



شکل ۴: چرخه گوگرد. برای توضیحات بیشتر به متن مراجعه شود. DMS، دی متیل سولفید؛ DMSO، دی متیل سولفوکسید.

۱-۴-۳- نقش میکروارگانیسم‌ها در حذف آلاینده بد بو سولفید هیدروژن

ترکیبات گوگردی با منشاء انسانی به طور قابل توجهی محیط زیست را آلوده می‌کنند و تأثیر شدید منفی آنها از بسیاری جهات مانند باران اسیدی، مشکلات مربوط به بو از آب های سطحی آلوده، تصفیه خانه‌های فاضلاب، محل‌های دفن زباله، خوردگی سازه‌های فولادی و بتنی به خوبی شناخته شده است. روش‌های گوگرد زدایی به روش زیستی در حال حاضر به روش‌های غیرزیستی ارجحیت دارند، زیرا هزینه کمتری دارند و مواد نامطلوب تولید نمی‌کنند. به علاوه محصولات نهایی اکسیداسیون سولفیدها خطرناک نیستند. حذف زیستی سولفیدها بر اساس فعالیت باکتری‌های اکسید کننده گوگرد فوتواتوتروف یا کمولیتوتروف است. باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد فوتواتوتروف، انرژی برای متابولیسم خود را از انرژی نور دریافت می‌کند و باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد کمولیتوتروف مستقیماً از واکنش‌های اکسید کننده که در آن اکسیژن (گونه‌های میکروبی‌هوازی) یا نیترات‌ها و نیتریت‌ها (گونه‌های میکروبی بدون اکسیژن) به عنوان پذیرنده الکترون‌های آزاد شده در طی اکسیداسیون سولفیدها عمل می‌کنند (Pokorna and Zabranska, 2015).

۵-۳- نقش میکروارگانیسم‌ها در سایر چرخه‌ها

۱-۵-۳- چرخه آهن

آهن یکی از فراوان‌ترین عناصر در پوسته زمین است. در سطح زمین، آهن به طور طبیعی در دو حالت اکسیداسیون فرو Fe(II) و فریک Fe(III) وجود دارد. حالت سوم اکسیداسیون (Fe^0) در هسته زمین فراوان است و همچنین محصول اصلی فعالیت های انسان از ذوب سنگ آهن برای تشکیل چدن است. در طبیعت، چرخه آهن در درجه اول بین فرو و فریک شکل می‌گیرد و این انتقال اکسیداسیون و احیاء تک الکترونی است. آهن فریک هم از نظر شیمیایی و هم به عنوان نوعی تنفس بی‌هوازی احیاء می‌شود و آهن فرو هم از نظر شیمیایی و هم به عنوان نوعی متابولیسم کمولیتوتروف اکسید می‌شود (Madigan et al., 2021).

میکروارگانیسم‌ها به طور مستقیم در چرخه آهن نقش دارند. نقش اول جذب آهن توسط میکروارگانیسم‌ها برای نیازهای بیوشیمیایی است که یک فرآیند کلیدی در چرخه آهن در محیط‌های اکسیژن دار و با pH خنثی صورت می‌گیرد، جایی که حلالیت اکسیدهای فریک بسیار کم است. نقش دوم، تعدادی از باکتری‌های اتوتروف هوازی و بی‌هوازی از اکسیداسیون ترکیبات آهن فرو محلول و جامد به اکسیدهای فریک برای رشد انرژی کسب می‌کنند. نقش سوم، باکتری‌های هتروتروف احیاکننده آهن فریک باعث کاهش مواد معدنی فاز جامد آهن فریک به آهن فرو محلول و جامد می‌شوند. این فرآیندهای متابولیکی با هم تقسیم بندی چهارمین عنصر فراوان پوسته زمین را کنترل می‌کنند و علاوه بر این به چرخه چند ماده اصلی (مانند کربن، اکسیژن، نیتروژن و گوگرد) و عناصر کمیاب (مانند فسفر و نیکل) در محیط های باستانی و مدرن مرتبط هستند (Konhauser et al., 2011).

۲-۵-۳- چرخه منگنز

منگنز (Mn)، اگرچه با فراوانی ۵ تا ۱۰ برابر کمتر از آهن وجود دارد، اما یکی دیگر از فلزات با اهمیت زیستی است که

1. Sulfur-oxidizing bacteria (SOB)
2. Biomining
3. Bioremediation
4. Biofertilizer

عمدتاً در دو حالت اکسیداسیون وجود دارد. یکی از ویژگی‌های کلیدی چرخه آهن و منگنز، انحلال پذیری متفاوت این فلزات در اشکال اکسید شده در مقابل احیا شده است. آهن احیا شده فرو و منگنز (Mn^{+2}) محلول هستند. در مقابل، مواد معدنی اکسید شده آهن مانند اکسید-هیدروکسیدهای آهن و اکسید منگنز (MnO_2) نامحلول هستند و تمایل دارند در محیط‌های آبی ته نشین شوند. در نتیجه، این اکسیدان‌های قوی می‌توانند چندین درصد وزنی از رسوبات آب‌های شیرین و دریایی را تشکیل دهند که آن‌ها را در میان فراوان‌ترین گیرنده‌های الکترون بالقوه در بسیاری از سیستم‌های بدون اکسیژن قرار می‌دهد.

در محیط طبیعی، منگنز به صورت اکسیدهای منگنز (II) محلول یا جذب شده احیا شده و همچنین منگنز (III) و منگنز (IV) نامحلول یافت می‌شود. اکسیداسیون منگنز توسط میکروارگانیسم‌های مختلف گزارش شده است. طیف گسترده‌تری از میکروارگانیسم‌های احیا کننده منگنز، از شدیدا هوازی تا کاملاً بی‌هوازی شناسایی شده‌اند. مکانیسم‌های احیاء منگنز می‌تواند یک فرآیند غیرمستقیم ناشی از برهمکنش با ترکیبات آلی یا معدنی یا یک واکنش آنزیمی مستقیم (انتقال الکترون) باشد (Gounot, 1994).

برخی از باکتری‌ها و آرکی‌ها می‌توانند از آهن فریک به عنوان گیرنده الکترون در تنفس بی‌هوازی استفاده کنند. این موجودات همچنین معمولاً ظرفیت استفاده از Mn^{+4} را به عنوان گیرنده الکترون دارند و برخی نیز ظرفیت احیاء اورانیوم اکسید شده را دارند.

احیاء اکسید منگنز و آهن فریک در خاک‌های غرقاب، باتلاق‌ها و رسوبات دریاچه‌های بدون اکسیژن رایج است. هنگامی که آهن و منگنز احیا شده محلول به مناطق اکسیک می‌رسند، از نظر شیمیایی اکسید می‌شوند. اگرچه اکسیداسیون خود به خودی Mn^{+2} در pH خنثی بسیار آهسته است، سرعت اکسیداسیون را می‌توان تا پنج برابر توسط انواع باکتری‌های اکسیدکننده منگنز و حتی قارچ‌ها افزایش داد. اکسیدها و هیدروکسیدهای فلزی اکسید شده سپس رسوب می‌کنند و فلزات اکسید شده را به رسوبات باز می‌گردانند، جایی که می‌توانند دوباره به عنوان گیرنده الکترون عمل کنند و چرخه را کامل کنند.

آهن اکسید شده فریک و منگنز Mn^{+4} واکنش پذیرند و می‌توانند در دسترس بودن مواد مغذی و سمی را تغییر دهند. فلزات ضروری و سمی به عنوان مثال مس (Cu)، کادمیوم (Cd)، کبالت (Co)، سرب (Pb) و آرسنیک (As) نیز با اکسیدهای آهن و منگنز کمپلکس‌های نامحلول تشکیل می‌دهند. هنگامی که این اکسیدها متعاقباً با فعالیت میکروبی احیا می‌شوند، فسفات متصل به همراه اشکال محلول این فلزات آزاد می‌شود.

۳-۵-۲- چرخه *سلنیوم*

سلنیوم یک عنصر کمیاب ضروری برای موجودات زنده است. متابولیسم سلنیوم نه تنها همه جا انجام می‌شود بلکه یک ویژگی قدیمی زندگی است که احتمالا به جد مشترک تمام نسل‌های سلولی باز می‌گردد. همانند چرخه بیوژئوشیمیایی گوگرد، احیای سلنیوم به دو عملکرد متابولیک جذب در ماکرومولکول‌ها و کاهش در طول تنفس بی‌هوازی کمک می‌کند.

در چرخه بیوژئوشیمیایی سلنیوم چهار حالت اکسیداسیون معمول سلنیوم پایداری ترمودینامیکی در محدوده وسیعی دارند، در حالی که سولفید و سولفات تنها گونه پایدار سولفور در چرخه بیوژئوشیمیایی سولفور هستند و گوگرد عنصری، سولفیت و واسطهای مولتی والانت سولفور گونه‌های ناپایدار هستند. این امر باعث تخصص سلنیوم و تحرک و زیست فراهمی عنصر در هر محیطی خاص می‌شود که به شدت به نوسانات محلی حالت اکسیداسیون و احیا و pH حساس است.

ورودی طبیعی غالب سلنیوم در اتمسفر، گازهای سلنیوم بیوژنیک تولید شده توسط بیوسفر دریایی است. این سلنیوم بیوژنیک از انواع گونه‌های متیل‌دار سلنیوم (II) تشکیل شده است. فرضیه‌ای وجود دارد که بین گازهای سلنیوم فرار و رادیکال‌های سولفوکسی جوی رخ می‌دهند و گونه‌های چند ظرفیتی گذرای سلنیوم و گوگرد را تولید می‌کنند. در نهایت ذرات سلنیوم (۰) متحمل رسوب می‌شوند و سلنیوم (VI) و سلنیوم (IV) توسط بارش رسوب می‌کنند (Wells, 1994 and Stolz).

گونه‌های سلنیوم ممکن است در انواع واکنش‌های متابولیکی به یکدیگر تبدیل شوند. تبدیل ترکیبات سلنیوم موجود در آلودگی زیست‌محیطی و در دسترس قرار دادن سلنیوم به صورت مواد مغذی برای سایر موجودات اهمیت میکروارگانیسم‌ها را در چرخه سلنیوم می‌رساند. مطالعات بیشتری برای درک مکانیسم‌های احیاء سلنیت به سلنیوم عنصری و همچنین متیلاسیون و دمتیلاسیون سلنیوم مورد نیاز است. تجزیه و تحلیل‌های مستقل از کشت در مطالعه تنوع و توزیع میکروارگانیسم‌های تغییر دهنده سلنیوم در طیف وسیعی از محیط‌ها با استفاده از ترکیب آنالیز عملکردی ژن و متاژنومیکس مفید خواهد بود.

۴- نتیجه گیری

میکروارگانیسم‌ها کـه اشـکال غالـب حیـات هسـتند، نقش مهمـی در چرخه‌های بیوژئوشـیمیایی و توسـعه پایدار زیسـت کره زمین ایفـا می‌کنند. بسـیاری از چرخه‌هـای جهانـی بیوژئوشـیمیایی تحـت تأثیـر فعالیت‌هـای انسـانی قـرار گرفتنـد و تعادل آنها دچار مشـکل شـده اسـت و در نتیجه معضـلات و ابرچالش‌هـای مختلفـی از جملـه گرمایـش جهانـی، کمبـود مـواد غذایـی، آلودگی محیـط زیسـت،... ایجـاد گردید. با شـناخت نقش دقیـق میکروارگانیسـم‌های مختلـف در ایـن چرخه‌هـا و بـه کارگیـری صحیـح از میکروارگانیسـم‌ها تـا حـد زیـادی می‌تـوان بر معضل ناشـی از تغییـر تعـادل در ایـن چرخه‌هـا کمک کـرد و باعث توسـعه پایدار شـد.

منابع

Ahmad M, Pataczek L, Hilger TH, Zahir ZA, Hussain A, Rasche F, Schafleitner R, Solberg SØ. Perspectives of microbial inoculation for sustainable development and environmental management. Frontiers in microbiology. 2018;5(9): 2992.

Akinsemolu AA. The role of microorganisms in achieving the sustainable development goals. Journal of cleaner production. 2018;182:139-159.

Apel WA, Dugan PR, Wiebe MR. Use of methanotrophic bacteria in gas phase bioreactors to abate methane in coal mine atmospheres. Fuel. 1991;70(8): 1001-1003.

Cheng Q. Perspectives in biological nitrogen fixation research. Journal of integrative plant biology. 2008;50(7): 786-798.

Chukwuma OB, Rafatullah M, Tajarudin HA, Ismail N. A review on bacterial contribution to lignocellulose breakdown into useful bio-products. International journal of environmental research and public health. 2021;18(11): 6001.

Costa DD, Gomes AA, Fernandes M, da Costa Bortoluzzi RL, Magalhães MD, Skoronski E. Using natural biomass microorganisms for drinking water denitrification. Journal of Environmental Management. -530 2018;217:520.

Das N, Chandran P. Microbial degradation of petroleum hydrocarbon contaminants: an overview. Biotechnology research international. 2011;941810.

Eswayah AS, Smith TJ, Gardiner PH. Microbial transformations of selenium species of relevance to bioremediation. Applied and environmental microbiology. 2016;82(16): 4848-4859.

Ghafari S, Hasan M, Aroua MK. Bio-electrochemical removal of nitrate from water and wastewater—a review. Bioresource technology. 2008;99(10): 3965-3974.

Gounot AM. Microbial oxidation and reduction of manganese: consequences in groundwater and applications. FEMS microbiology reviews. 1994;14(4): 339-349.

Hamard S, Céréghino R, Barret M, Sytiuk A, Lara E, Dorrepaal E, Kardol P, Küttim M, Lamentowicz M, Leflaive J, Le Roux G. Contribution of microbial photosynthesis to peatland carbon uptake along a latitudinal gradient. Journal of ecology. 2021;109(9): 3424-3431.

Hanada S. Anoxygenic photosynthesis—A photochemical reaction that does not contribute to oxygen reproduction—. Microbes and environments. 2016;31(1): 1-3.

Konhauser KO, Kappler A, Roden EE. Iron in microbial metabolisms. Elements. 2001;7(2): 89-93.

Lens PN, Kuenen JG. The biological sulfur cycle: novel opportunities for environmental biotechnology. Water science and technology. 2001;44(8): 57-66.

Madigan MT, Bender KS, Buckley DH, Sattley WM, Stahl DA. Brock Biology of Microorganisms. 16th global edition. Boston, US: Benjamin Cummins. 2021.

Madigan MT, Martinko JM, Bender KS, Buckley DH., Stahl DA. Brock Biology of Microorganisms. 14th edition. Boston, Pearson. 2015.

Mangodo C, Adeyemi TO, Bakpolor VR, Adegboyega DA. Impact of microorganisms on climate change: a review. World news of natural sciences. 2020;31.

Modin O, Persson F, Wilén BM, Hermansson M. Nonoxidative removal of organics in the activated sludge process. Critical reviews in environmental science and technology.2016,46(7): 635-672.

Pajares S, Ramos R. Processes and microorganisms involved in the marine nitrogen cycle: knowledge and gaps. Frontiers in marine science. 2019;6:739.

Pokorna D, Zabranska J. Sulfur-oxidizing bacteria in environmental technology. Biotechnology advances.2015 ,33(6): 1246-1259.

Rana K, Rana N, Singh B. Applications of sulfur oxidizing bacteria. In: Physiological and Biotechnological Aspects of Extremophiles. Oxford, Academic Press. 2020.

Rascio N, La Rocca N, Sven Erik J, Brian F. Biological nitrogen fixation. In: Encyclopedia of Ecology. Oxford, Academic Press. 2008.

Reith F, Brugger J, Zammit CM, Nies DH, Southam G. Geobiological cycling of gold: from fundamental process understanding to exploration solutions. Minerals. 2013;3(4): 367-394.

Singh N, Singh J, Singh K. Small at size, big at impact: Microorganisms for sustainable development. In: Microbial bioprospecting for sustainable development. Singapore, Springer. 2018.

Stein LY, Klotz MG. The nitrogen cycle. Current biology. 2016;26(3): 94-98.

Sun MT, Yang ZM, Fu SF, Fan XL, Guo RB. Improved methane removal in exhaust gas from biogas upgrading process using immobilized methane-oxidizing bacteria. Bioresource technology. 2018;256:201-207.

Tian J, Ge F, Zhang D, Deng S, Liu X. Roles of phosphate solubilizing microorganisms from managing soil phosphorus deficiency to mediating biogeochemical P cycle. Biology. 2021;10(2): 158.

Van Kessel MA, Speth DR, Albertsen M, Nielsen PH, Op den Camp HJ, Kartal B, Jetten MS, Lücker S. Complete nitrification by a single microorganism. Nature. 2015;528(7583): 555-559.

Wells M, Stolz JF. Microbial selenium metabolism: a brief history, biogeochemistry and ecophysiology. FEMS microbiology ecology. 2020;96(12): 209.

Wu G, Zhang T, Gu M, Chen Z, Yin Q. Review of characteristics of anammox bacteria and strategies for anammox start-up for sustainable wastewater resource management. Water Science and Technology.2020;82(9): 1742-1757.

Xu S, Wu X, Lu H. Overlooked nitrogen-cycling microorganisms in biological wastewater treatment. Frontiers of environmental science & engineering. 2021;15(6): 1-13.

Zamioudis C, Pieterse CM. Modulation of host immunity by beneficial microbes. Molecular Plant-Microbe Interactions.2012;25(2): 139-150.

اندیشه‌ای در باب «آخرالزمان»: اهمیت زیست–هنر در هنرآموزش

Thinking ‘The End of Times’:
The Significance of Bioart|BioArt for Art|Education

سید مهدی علوی
پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری، پژوهشکده زیست فناوری کشاورزی.
mealavi@nigeb.ac.ir

نامه علوم پایه شماره ۶، تابستان ۱۴۰۱

چکیده

یان یاگودزینسکی[1] (متولد ۱۹۴۸) استاد دپارتمان آموزش متوسطه در دانشگاه آلبرتاست. او با انجمن روانکاوی فرهنگ و جامعه و مجله مطالعات لاکانی[2] همکاری دارد و سردبیر مجله نظریه اجتماعی در آموزش هنر است. او تاکنون ۱۵ جلد کتاب به رشته تحریر درآورده و تلاش می‌کند تا مدل‌های آموزشی را در مواجهه با رابطه‌های فناورانه در حال گسترش، به‌منظور یافتن بنیانی نو برای آموزش هنرهای تجسمی، دوباره ترسیم کند. او با بررسی روانکاوی لاکانی، فمینیسم و زبان‌شناسی، در میان دیگر شیوه‌ها، بر تأثیر این ابزارها بر زیبایی‌شناسی، جنسیت و زندگی فانتزی کودکان که در آموزش تعلیم و تربیت منعکس می‌شود، تمرکز می‌کند. او در آخرین کتابش که در سال ۲۰۲۰ توسط انتشارات بین‌المللی اشپرینگر به‌چاپ رسیده، فصلی را اختصاص داده به تشریح زیست–هنر. در این فصل، یاگودزینسکی به زیبایی تمام وجوه ساختاری زیست–هنر را تبیین می‌کند و اهمیت آن را در عصر پسا–انسانی که در چمبره نوترکیب–گونه‌های انسانی، غیرانسانی و ناانسانی گرفتار خواهد آمد، بر ملا می‌سازد. این نوشتار، ترجمه فصل یازدهم کتاب است.

Jagodzinski, j. (2020). Thinking ‘The End of Times’: The Significance of Bioart|BioArt for Art|Education[3].

مقدمه

وقتی صحبت از زیست–هنر[4] به‌میان می‌آید، نگاه من به آینده‌ای است که وقوع آن هر روز امکان‌پذیرتر می‌شود آن هم نه از مسیر آموزش هنر بلکه توسط مؤسسات جهانی در عرصه هنر و طراحی. با این حال، باید خاطر نشان سازم که زیست–هنر هنوز جایگاه درخور توجهی در دانشگاه‌ها و مدارس دولتی نیافته است. البته، این از خوش شانسی من بوده که توانستم در دسامبر ۲۰۱۸ در برنامه ابتکاری بیوفیلیا[5] در دانشکده هنر، طراحی و معماری دانشگاه آلتو[6] فنلاند، لذت تجربه زیست–هنر را بچشم. گرچه من تجربه چندانی در این حوزه نداشتم، اما حضور در این برنامه ابتکاری باعث آشنائیم با فناوری کریسپر کَس[7] شد، و این دقیقا همزمان بود با انتشار جهانی خبری که نشان می‌داد یک پزشک چینی، هی جیانکول[8]، در دو نوزاد به نام‌های لولو و نانا[9] به کمک فناوری کریسپر کَس ۹ ویرایش ژنی انجام داده است. گفتگوی من با زیست–هنرمندان برجسته‌ای مثل مارتا دو منز[10] (مدیریت وقت آزمایشگاه) درکم را از آنچه که در حال وقوع بود بیشتر کرد. از نگاه بسیاری، زیست –هنر حوزه‌ای است که اگر نگوئیم کم–توسعه‌یافته، ولی توسعه چندانی هم نداشته است که البته

1. Jan Jagodzinski

۲. لاکانی‌گرایی یا روانکاوی لاکانی یک سیستم نظری است که ذهن، رفتار و فرهنگ را از طریق بسط ساختارگرایانه و پساساختارگرایانه روانکاوی کلاسیک، که توسط ژاک لاکان از دهه ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۰ آغاز شد، توضیح می‌دهد.

3. Pedagogical Explorations in a Posthuman Age. Palgrave Studies in Educational Futures. Palgrave Macmillan.

4. Bioart

5. Biofilia

6. University of Aalto

۷. کریسپر–کَس۹. تناوب‌های کوتاه پالیندرومی فاصله‌دار منظم خوشه‌ای و پروتئین ۹ مرتبط با CRISPR. این ابزار از یک قطعه کوچک RNA با یک توالی کوتاه «راهنما» استفاده می‌کند که به دنباله‌ای هدف از DNA و به آنزیم Cas۹ متصل می‌شود. آنزیم Cas۹، توالی DNA هدف را در محل مورد نظر برش می‌دهد و بدین ترتیب، امکان افزودن یا حذف مواد ژنتیکی را فراهم می‌کند (مترجم. برگرفته از چویی م. و همکاران. انقلاب زیستی، نوآوری‌های تحول‌آفرین در اقتصاد، اجتماع و زندگی ما. ترجمه سید مهدی علوی و همکاران. تهران، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست‌فناوری، در دست انتشار، ۱۴۰۱).

8. He Jiankul

9. Lulu and Nana

10. Marta de Menezes

بی‌دلیل هم نیست؛ چالش‌های عدیده‌ای که زیست-هنر در حوزه اخلاق و سیاست با آن‌ها روبروست، و همچنین نیاز به رعایت پروتکل‌ها و دستورالعمل‌های الزام‌آور برای آفرینش [آثار] «حیات»، برای دپارتمان‌های هنر و طراحی، و قطعاً برای موسسات آموزشی دولتی بسیار نگران‌کننده و پرهزینه هستند. به‌طور خلاصه باید گفت، گرچه از آغاز سده بیست و یکم موضوع زیست-هنر و ریشه‌های آن در بسیاری از مقالات و متون علمی انعکاس یافته، اما در مقایسه با گرایش‌های غالب موردتوجه دپارتمان‌های هنر و طراحی و تمایل شدید آن‌ها به روحیه کارآفرینی «خودت انجام بده[1]» -که از سوی «فرهنگ‌سازان» و «فضاسازان» برای پاسخ‌گویی به تقاضای بازار سرمایه‌داری القا می‌شود-در حاشیه مانده است (Rosenfeld and Sheridan 2014). در ادامه، من بین bioart به‌عنوان یک حوزه هنری کم‌تر-توسعه‌یافته و BioArt به‌عنوان «اقلیت‌گرایان[2]» حوزه هنر و فناوری، تمایز قائل خواهم شد. زیست-هنر اقلیت‌گرا به آن‌دسته از هنرمندان و کاوش‌هایشان اشاره دارد که مستقیماً مهندسی زیستی را به‌چالش کشیده، کارِ بسیاری از زیست-هنرمندان را (که بیشتر از سر بازیگوشی و با اهداف زیبایی‌شناختی و نه به‌دلیل ملاحظات سیاسی و اخلاقی، به دست‌ورزی DNA گونه‌ها -گیاهان، باکتری‌ها، و در برخی موارد حیوانات- می‌پردازند) زیر سوال می‌برد. دست‌ورزی ژنگان انسان می‌تواند فاجعه‌بارترین این‌ها باشد.

از نظرِ تاریخی، در آغاز قرن بیستم، هنرآموزش در مدارس عمدتاً به سمت طراحی مکانیکی و واقع‌گرایانه با هدف آموزش حرفه‌ای برای برآورده کردن نیازهای صنعتی سرمایه‌داری بین‌المللی آن زمان، گرایش می‌یافت. همزمان، جهان هنر غرق در شکفتن ایده‌های جدید بود و مشغول کنکاش و کاوش در تغییرات حاصله در نظم جهانی بود که لاجرم درک جدیدی از زمان و مکان را طلب می‌نمود. گسترش ایسم‌های مختلف: اکسپرسیونیسم[3]، امپرسیونیسم[4]، کوبیسم[5]، فوویسم[6]، سوررئالیسم[7]، دادائیسم[8]، فوتوریسم[9]، ورتیسیسم[10]، کونستروکتیویسم[11] و سوپرماتیسم[12]، که در مجموع به عنوان مدرنیسم[13] شناخته شدند، ماحصل همان دوران است؛ لیندا هندرسون[14] (۲۰۱۳) به زیبایی نشان داده است که آهنگ این حرکات نیز با تحولات علمی روز- به‌ویژه نظریه بعد چهارم زمان، نسبیت آن و سرعت- هماهنگ می‌شد.

مدرنیسم، معنای هنر را دگرگون ساخت و کانون آن را، که در مدارس دولتی و حتی در گالری‌ها و موزه‌های هنری سرتاسر جهان در اندیشه‌های مکانیکی ریشه دوانده بود، نامتمرکز ساخت. پس از جنگ جهانی دوم، این ایده‌های مدرنیستی عمدتاً از طریق اکسپرسیونیسم، سرانجام به مدارس دولتی در آمریکای شمالی و اروپا راه یافتند و «ذهنیت هنری فردگرا» بر «عینیت مکانیکی طراحی برای صنعت» غلبه کرد. این دوره‌های تحول و پیشرفت، غالبا در آغاز دوره‌های آموزش هنر بیان می‌شوند. در این زمان، سرمایه‌داری که به مرحله پسا-بین‌المللی خود گسترش یافته بود، به تحصیلات عالیه برای پاسخگویی به نیازهای صنعتی جدید بازار کار نیاز داشت. در همین نقطه عطف تاریخی است که شکوفایی کالج‌ها و دانشگاه‌ها آغاز می‌شود (Fasick 1994).

در جهان معاصر، بار دیگر به مدد علم و فناوری ما باز با یک تمرکززدایی در هنر مواجهیم. قبلاً مطالب زیادی در مورد زیست-هنر نوشته شده است، با این حال امیدوارم بتوانم چیز جدیدی به این‌ها اضافه کنم و نشان دهم که چرا این تمرکززدایی و بحث‌های مربوط به «زندگی» که به‌خصوص در دوره بحران‌های اکولوژیکی اخیر یا به اصطلاح عصر آنتروپوسن[15] مطرح می‌شود- و من از آن به‌عنوان «اندیشه‌ای آخرالزمانی» نام می‌برم- اهمیت دارد. با این عبارت، می‌خواهم نشان دهم که فلسفه هستی‌شناسی ما، به‌عنوان انسان و نحوه درک ما از خود در رابطه با زمین، تغییر کرده است. این در واقع یک مرحله شناختی است که هم غیرانسان[16] (حیات آلی و غیرآلی) و هم ناانسان[17] (هوش مصنوعی، یا ذات فناورانه) در آن عاملیت دارند و به‌لحاظ تاریخی، شکل‌دهنده «فرهنگ‌های انسانی» هستند، زیرا عمیقاً بر آنچه به‌عنوان «انسان» تعریف می‌شود، تأثیر دارند.

تاثیر زیست-هنر بر آینده انسان، بسی فراتر از دیجیتالی‌شدن رایانه‌ای (خشک-افزار سایبرنتیک[18]) است که در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ شمع آینده پسا-انسانی را برافروخت (Toews, 1987). با ظهور تحقیقات DNA در آغاز سده بیست و یکم،

1. Do It Yourself (DIY)
2. Minoritarians
3. Expressionism
4. Impressionism
5. Cubism
6. Fauvism
7. Surrealism
8. Dadaism
9. Futurism
10. Vorticism
11. Constructivism
12. Suprematism
13. Modernism
14. Linda Henderson
15. Anthropocene

۱۶. غیرانسان یا nonhuman به هر موجودی غیر از موجود انسانی اطلاق می‌شود (مترجم؛ برگرفته از: https://www.merriam-webster.com/dictionary/nonhuman)

۱۷. inhuman به موجودی فاقد ترحم، مهربانی یا شفقت گفته می‌شود (مترجم؛ برگرفته از: https://www.merriam-webster.com/dictionary/inhuman). مراد از ناانسان سیستم‌ها، شبکه‌ها، رسانه‌ها و فناوری‌های بشر-ساخت است که در برخی حوزه‌ها جای انسان می نشینند.

18. Cybernetic dryware

تمرکز به مفهوم «زندگی» معطوف شد؛ این‌که زندگی چیست و آیا می‌توان آن را خلق کرد یا تغییر داد؟ مهندسی زیستی توانسته میان تکامل فرهنگی و تکامل ژنتیکی یک پویایی به وجود آورد، یا به‌عبارتی یک رابطه هم-تکاملی میان فناوری و درک ماده زنده برقرار سازد. فن‌زایی[۱] (فن‌آفرینی) که به تعاملات بین فناوری و زیست‌شناسی اشاره دارد، روشی است که بر درک ما از طبیعت تأثیر می‌گذارد، و سبب می‌شود که بتوان طبیعت را در آینده و برای آینده دست‌ورزی و بازطراحی کرد (Hayles, 2012 ;Stiegler, 1998). نخستین بار، این ادواردو کاک[۲] (۱۹۹۸) بود که اصطلاح «هنر تراژنه» را برای اشاره به این پیشرفت فناورانه در زیست‌شناسی به‌کار برد (Savini 2017). امروزه زیست-هنر یا هنر-علمی[۳] را به‌عنوان «نم-افزاری[۴]» می‌شناسیم که درون توسعه «خشک-افزار» دیجیتالی سابق در دهه ۱۹۹۰، تزریق شده است. سده بیست و یکم، که اغلب به‌عنوان «قرن زیست‌فناوری» نیز شناخته می‌شود، در احاطه سیاست‌ها و فناوری‌های زیستی تلفیق‌شده با داده‌ها و الگوریتم‌هاست، که می‌تواند امکانی برای خلق زندگی باشد (Rifkin, 1998).

در آغاز سده بیست و یکم، در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰، زیست-هنر نیز بر بستر[۵] «زندگی» ظهور و بروز یافت که می‌توان از آن به‌عنوان رسانه[۶] استفاده کرد؛ درست مانند هر بستر هنری دیگری مثل سنگ، خشت، رنگ، فلز و مواد دیگر که به‌عنوان رسانه‌های هنری[۷] یا رسانه‌های ترکیبی[۸] شناخته می‌شوند و چیزی را معرفی می‌کنند که انبوهی از منتقدان، مورخان هنر و متصدیان امور هنری از آن تحت عنوان «شرایط پسا-رسانه[۹]» یا «شرایط پسا-رسانه‌ای[۱۰]» نام می‌برند (Guattari 2009؛ Krauss 2000؛ Manovich 2000؛ Quaranta 2011؛ 2012 Weibel). بر پایه درک علمی «بستر کشت یا مدیوم» ماده‌ای است که باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌ها روی آن رشد می‌کنند. با جمع بستن این تعریف، ایده افزوده «رسانه یا مدیا» شکل می‌گیرد که هم در هنر و هم در علم به تصویرگرایی مربوط می‌شود. تصاویر در جایی بین خیال، اثبات و فرافکنی شناختی قرار دارند و در واقع، نوعی واگویه استدلالی هستند که درون یک تخیل‌گرایی فرهنگی عمل می‌کنند. بنابراین، سه معنای همپوشان برای بستر/رسانه پدیدار می‌شود: رسانه در قالب یک بستر (مثل بستر رشد میکروب‌ها درون یک ظرف کشت)، رسانه به‌عنوان ابزاری برای تبدیل یا تولید (توانایی انتقال، ذخیره و پردازش برای تولید موجودات دست‌ورزی-شده-ژنتیکی)، و در نهایت، رسانه به‌عنوان معیار سنجش، به‌ویژه زمانی که یک موجودیت زیستی قادر به محک و سنجش دیگری است. شاید به‌عنوان بهترین مثال‌ها بتوان از پروتئین‌های فلوئورسنت سبز[۱۱] (GFPs) به‌عنوان نشانگر زیستی و الکتروفورز روی ژل نام برد که مولکول‌های DNA برش‌خورده با آنزیمی ویژه در بستر آن جریان می‌یابند تا بتوان توالی‌های ژنتیکی را مشاهده کرد: این همان وضعیتی است که ما آن را شرایط پسا-رسانه می‌نامیم. و چنین است که واقعیت و مجاز به‌عنوان مدل‌های بَصَری در هنر، علم، طراحی، تبلیغات و روزنامه‌نگاری در هم آمیخته و در نتیجه، واقعیت گاهی پدیدار و گاهی گم می شود و گاهی هم گُنده و غلوآمیز جلوه می‌کند که اغلب به‌عنوان دوران پسا-حقیقت از آن یاد می‌شود.

روایت آفرینش

من یک نمونه مشهور و معروف از زیست-هنر را که در ۱۹۹۹ برای موسسه Ars Electronica در شهر لینز اتریش اجرا شد معرفی می‌کنم تا اهمیت این پیشرفت‌ها را نشان دهم که مرز میان هنر، علم و فناوری در آن فرو می ریزد؛ و این همه، به مدد زیست‌فناوری صورت می‌گیرد که اجازه می‌دهد تا «خشک-افزار» دیجیتال در پیوند با «نم-افزار»زیست‌شناسی همچون یک رسانه (معمولاً به فرم ویدئو، تصویرنمایی[۱۲]، عکاسی، فیلم) بروز یابد. این می‌تواند یک نمونه بارز از زیست-هنر اقلیت‌گرا باشد زیرا تشکیکی است در باب دست‌ورزی «زندگی». یکی از برجسته‌ترین پیشگامان زیست-هنر اقلیت‌گرا، هنرمند برزیلی ادواردو کاک (2007a, b, c) است که بیشتر به‌خاطر خرگوش فلوئورسنت سبزش به نام آلبا مشهور شده است. آلبا یک خرگوش دست‌ورزی-شده-ژنتیکی است که قطعه‌ای از ژن سازنده پروتئین فلوئورسنت سبز (GFP) را در ژنوم خود دریافت کرده و زیر نور ماوراء بنفش به رنگ سبز روشن می‌درخشد). این «خرگوش» یک نمونه اولیه از فن‌زایی (فن‌آفرینی) را نشان می‌دهد و سؤالاتی را مطرح می‌کند که دقیقاً خلاقیت چیست و خلقت کدام

۱. فن‌آفرینی، فن‌زایی یا زاییده فناوری (Technogenesis) را می‌توان واژه‌ای دوپهلو و با دو معنای مثبت و منفی دانست؛ از یک سو، فنافرینی اشاره دارد به آفرینش مبتنی بر فناوری که به‌نظر می‌رسد مراد نویسنده در اینجا، همین معنا باشد؛ از سوی دیگر، فنافرینی را می‌توان «فنا-آفرینی» دانست که وجه منفی آفرینش مبتنی بر فناوری، به‌خصوص فناوری زیستی، است که درصورت عدم رعایت ملاحظات اخلاقی و اجتماعی، ممکن است به فناپذیری بشر و زیست-کره بیانجامد (مترجم).

2. Eduardo Kac
3. Transgenic art
4. wetware
5. medium
6. media
7. artistic media
8. mixed-media
9. Post-media conditions
10. Post-medial conditions
11. Green Fluorescent Proteins (GFPs)
12. image projections

است. زمانی که آلبا در سال ۲۰۰۰ رونمایی شد، اعتراضات زیادی هم در بین دانشمندان و هم در میان فعالان حقوق حیوانات برانگیخت: یک رسوایی بزرگ در باب سوء استفاده از زیست‌فناوری، حتی با فرض بی‌ضرر بودن عمل انجام شده، برای مقاصد نمایشی و هنری. این اجرای ادواردو کاک، اغلب به‌عنوان مثال نمادین ژانر زیست-هنر در «روایت‌های مختلف تاریخ هنر» ذکر می‌شود.

اثر کاک به بروز مسئله مهم‌تری منجر شد و آن کنکاشی در باب مسئله آفرینش[1] بود که به عنوان کاری برخاسته از ژن به‌حساب می‌آید که به توالی‌های پیچیده DNA با توان خلق موجودات زی-شکل[2] جهش‌یافته اشارت دارد. در واقع، اثر کاک به طرح پرسشی بنیادین در باب مرز میان انسان، حیوان و روبات منجر شده بود، موضوعی که در واژگان من به روابط میان غیرانسان (هر هستار آلی و معدنی) و ناانسان (هر درجه‌ای از هوش مصنوعی مانند ربات‌های زیستی) اشاره دارد. ساختار مارپیچ دوگانه DNA در سال ۱۹۵۳ توسط جیمز واتسون و فرانسیس کریک کشف شد و به‌سرعت توسعه یافت؛ رمزگشائی از رمز حیات به چنان موقعیت ویژه‌ای رسید که منجر به پیشنهاد اجرای پروژه ژنگان انسان[3] (HGP) گردید که هدفش، ترسیم کل ژنگان انسان (توالی‌یابی کامل و دقیق ۳ میلیارد جفت باز DNA با حدود ۲۰۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ ژن) بود. این پروژه در ۱۹۹۰ آغاز و در ۲۰۰۳ به‌پایان رسید. از آن پس، DNA به کانون هویت، میراث و جاودانگی انسان بدل شد و آزمایشات DNA برای «کشف» اصالت اجدادی و نسبیت، هویت خانوادگی و پیوندهای شجره‌ای، رابطه پدر-فرزندی، و حتی ژن-درمانی فرد-مدار[4] به‌کار گرفته شد. فقط کافی بود تا نمونه‌ای از بزاق فرد به یکی از چندین شرکت فعال در زمینه آنالیز DNA (MyHertiage DNA، Ancestry، Living DNA، GPS Origins) ارسال شود تا «در-چشم-برهم‌زدنی»، اصل و نسبش بر ملا شود. متأسفانه، بعدها معلوم شد که بسیاری از این یافته‌ها دچار خطا هستند چراکه اطمینان از آزمایش DNA، شدیدا به اکولوژی حیات ژنی یا به اصطلاح «اپی‌ژنتیک» بستگی دارد که در آن تغییر بیان ژن‌ها به راحتی پیش‌بینی‌پذیر نیست.

مرحله دوم مهندسی ژنتیک که بعدها به «DNA نوترکیب» معروف گشت، اساساً نوعی «برش و اتصال» برای تشکیل یک چلتیک[5] (کلاژ[6]) جهش‌یافته است – ابداع اشکال جدیدی از زندگی مانند باکتری‌ها، موش‌ها، ماهی‌ها و خرگوش‌های تراژنه مانند اثر کاک. اینجاست که بنای کاک به نام «آفرینش» طرح می‌شود و صحنه را برای ۲۰ سال آینده آماده می‌کند.

بنای آفرینش کاک (۱۹۹۹-۱۹۹۸) در واقع کاوشی است رفت و برگشتی میان رایانه (الگوریتم‌ها) و زیست‌شناسی که اکنون نقش محوری را در مهندسی ژنتیک برعهده دارد. این اثر هنری بر سه گام رمزگشا استوار است که سپس معکوس می‌شوند. فرایند پیاده‌سازی اثر آفرینش کاک به شکل زیر بوده است:

یک عبارت در باب آفرینش انسان از انجیل به رمز مورس ترجمه می‌شود، و عبارت مورس سپس با ترجمه به یک توالی DNA مصنوعی با قرارگرفتن در معرض نور فرابنفش جهش پیدا می‌کند. این فرآیند رمزگشایی از DNA جهش‌یافته، سپس با انجام در جهت عکس، عبارت ادبی جدیدی پدید می‌آورد. اولین اقدام، ترجمه یک جمله از نسخه انگلیسی عهد عتیق بوده است:

«باشد که انسان بر ماهیان دریا و پرندگان هوا و هر موجود زنده‌ای که بر زمین حرکت می‌کند تسلط داشته باشد.»[7]

بدیهی است که کاک بدان سبب این عبارت را از باب آفرینش انجیل انتخاب کرده تا انسان‌محوری گونه ما را نشان دهد یا به‌عبارتی، جایگاه کانونی انسان را بر تارک زندگی نشان دهد.

ترجمه دوم این بود که عبارت را به سیستم دو-دویی رمز مورس[8]، متشکل از یک‌سری نقطه و خط‌فاصله، تغییر دهد. این سیستم دو-دویی رمز مورس برای اولین بار در قرن نوزدهم به‌کار گرفته شد و به‌طور گسترده در رادیوتلگراف رواج یافت. رمز مورس نشان‌دهنده طلوع عصر اطلاعات است – یک بستر اطلاعاتی «خشک» بر اساس الفبای لاتین و گسترش‌یافته به سایر زبان‌های متشکل از بیش از ۲۶ حرف.

سومین ترجمه، تبدیل رمز مورس حاصل به یک توالی DNA بود که به‌کمک الفبای ژنتیک (GATC) صورت پذیرفت. این الفبا یک رمز قراردادی است که فقط از حروف بزرگ استفاده می‌کند: T، A، G و C. در زیست‌شناسی مولکولی، T، A، G و C نمایانگر چهار باز آلی نیتروژن‌دار (شیمیایی)

1. Genesis
2. biomorphic
3. Human Genome Project (HGP)
4. Personalized genetherapy
۵. استعاره‌ای است از چهل‌تکه یا تکه‌دوزی که نوعی روش دوخت سنتی ایرانی است که در آن تکه پارچه‌های مختلف ازنظر شکل و رنگ چنان به‌طرز ماهرانه‌ای کنار هم دوخته می‌شوند که طرح بدیعی را پدید می‌آورند (مترجم)
6. collage
7. "Let man have dominion over the fish of the sea and over the fowl of the air and over every living thing that moves upon the earth"
8. binary system of Morse Code

در یک مولکول DNA هستند، یعنی گوانین، آدنین، تیمین و سیتوزین. این چهار باز شیمیایی با یک گروه فسفات و قند یکسان در همه نوکلئوئیدهای DNA برهمکنش می‌کنند. از آنجا که درک چنین فرایند شیمیایی برای افراد غیرمتخصص دشوار است، کاک این عبارت را به آزمایشگاهی فرستاد که در آن متخصصین ژنتیک قادر بودند تا با اتصال این چهار باز آلی DNA، یعنی گوانین، آدنین، تیمین و سیتوزین (GATC)، یک «ژن هنری مصنوعی» بسازند. البته، اکنون بسیاری از زیست‌–هنرمندان تلاش می‌کنند تا به‌صورت خودآموز با بیوشیمی سلول‌ها، باکتری‌ها، ویروس‌ها و غیره آشنا شوند و بعلاوه، آن‌ها قادرند تا با بهره‌گیری از پایگاه‌های داده‌ای اینترنتی، توالی ژنتیکی کامل هر موجود زنده‌ای را در اختیار داشته باشند.

با ترجمه «عبارت موردنظر» کاک توسط یک آزمایشگاه ژنتیک به‌شکل یک توالی DNA، چیزی پدید آمد که کاک آن را «ژن هنرمند[1]» یا «ژن آفرینش[2]» نامید؛ چیزی ساختگی، مصنوعی و قراردادی. گام بعدی پیچیده‌تر بود زیرا شامل شبیه‌سازی مولکولی بود. «ژن هنرمند» در یک آزمایشگاه به پروتئینی به نام ECFP [3] (پروتئینی که در زیر تابش فرابنفش قادر است تا نور فلوئورسنت فیروزه‌ای از خود ساطع کند) متصل شد. با این پیوند جدید، «ژن هنرمند» می‌تواند ظهور و بروز رنگی داشته باشد. سپس «ژن هنرمند» رمزگذاری‌شده–رنگی به گونه‌ای از باکتری E.coli که فاقد چنین ژنی است، منتقل شد. این جمعیت باکتریایی E.coli اینک قادر بود زیر نور فرابنفش به رنگ فلوئورسنت فیروزه‌ای بتابد. اکنون سوال این است که مجاورت چنین موجود جدیدی با جمعیت دیگری از همان باکتری E.coli مجهز به رمز سازنده پروتئین رنگی دیگر (پروتئین فلوئورسنت زرد تقویت‌شده[4] [EYFP] که در مواجهه با نور ماوراء بنفش می‌تواند نور زرد از خود متصاعد کند)، به چه نتیجه‌ای منجر خواهد شد. آیا این هم‌زیستی می‌تواند جهش یافته‌های جدیدی تولید کند که دستخوش تغییرات رنگی شوند؟

برای وقوع این تعامل، دو سویه باکتری فیروزه‌ای و زرد در یک ظرف پتری با محیط‌غذایی مناسب برای رشد آن‌ها قرار داده شدند. یک ویدئو پروژکتور و منبع نور ماوراء بنفش بالای ظرف پتری قرار داده شد تا تماشاگران بتوانند تصویر بزرگ‌نمایی شده‌ای از رشد باکتری‌ها و جهش‌یافته‌های احتمالی را در زمان واقعی ببینند. باکتری‌ها هر ۲۰ دقیقه تکثیر می‌شوند. بنابراین، مخاطب می‌تواند هم تغییرات درون–نسلی و هم بین–نسلی توالی ژنتیکی «آفرینش» را مشاهده کند. مخاطبان می‌توانستند نحوه حفظ یا از دست‌دادن رنگ باکتری‌ها و همچنین نحوه تولید رنگ سبز ترکیبی حاصل از ترکیب ژن زرد و فیروزه‌ای را نظاره کنند. شرکت‌کنندگان حاضر در این اجرای هنری، اجازه داشتند تا میزان نور فرابنفش را که باعث رخداد جهش در «ژن هنرمند» می‌شود را دست‌کاری کنند. حتی شرکت‌کنندگان خارجی که از طریق اینترنت شاهد این ماجرا بودند نیز می‌توانستند با ورود به وب‌سایت مربوطه، و انجام همین کار، تغییرات را مشاهده کنند. چنین تعاملی به‌شکل «حضور–از–راه‌دور[5]» (نوعی واقعیت مجازی یا محتوای رسانه‌ای زنده به‌کمک اینترنت) در اجراهای مربوط به زیست–هنر مرسوم است. در اجرای کاک، تماشاگر–شرکت‌کننده‌ها می‌توانستند مقدار نور فرابنفش را که E.coli جهش‌یافته در معرض آن قرار می‌گرفت، تغییر دهند. کاک این را «ارتباط باکتریایی تراژنه[6]» نامید. با خاموش و روشن‌کردن نور فرابنفش، توالی DNA در پلاسمید تخریب می‌شد. در واقع، نور فرابنفش باعث افزایش نرخ جهش در باکتری شده و رنگ‌های متصاعد از آن بر دیوار گالری را تغییر می‌داد (شکل ۱).



شکل ۱. پروژه آفرینش ادواردو کاک، ۱۹۹۹. تماشاگران در Henry Art Gallery، در حال مشاهده و بررسی باکتری‌های زنده جهش‌یافته. عبارتی از انجیل که به موضوع آفرینش اشاره دارد روی دیوار نمایان است. این عبارت به رمز مورس و سپس به رمز DNA ترجمه شده است. عکس: Steve Ringman، سیاتل تایمز. عکس توسط مترجم به متن افزوده شده است (برگرفته از https://www.ekac.org/seattletimes.html).

این اجرا، از نظر کاک، یک هدف اخلاقی داشت: نه تنها به‌چالش کشیدن سلطه انسان بر طبیعت، بلکه نشان دادن حلقه رفت‌وبرگشت بین خشک–افزار اطلاعاتی و نم–افزار زیست‌شناسی. در پایان اولین پرده از نمایش آفرینش در Ars Electronica، می‌شد DNA تغییریافته «ژن هنرمند» را به کد مورس و سپس به انگلیسی ترجمه کرد. عبارت جدید

1. Artist's gene
2. Genesis gene
3. Enhanced cyan fluorescent protein (ECFP)
4. Enhanced yellow fluorescent protein (EYFP)
5. telepresence
6. transgenic bacterial communication

ناشی از جهش‌های ژنتیکی چنین بود:

«باشد که آن بر ماهیان دریا و بر پرندگان هوا و بر هر موجود زنده‌ای که زمین را دوست دارد تسلط داشته باشد.[1]»

اکنون پیام تغییر یافته بود؛ کلمه «انسان» بی‌معنا شده بود و جمله تغییر یافته بود؛ تغییری کوچک به پیامدی اخلاقی و معنادار منجر شده بود. این اجرای کاک، کنکاشی بود در باب «پیچیدگی امر الهی» که مهندسی زیستی می‌توانست نمایش دهد. اجرای آفرینش کاک، نشان می‌دهد که «زندگی» بسیار نامحدود، مشروط و در معرض رویدادهای تصادفی است که در آن جهش‌ها رخ می‌دهند (Causey 2002).

وقتی تماشاگر-شرکت‌کننده‌ها بر اساس حضور-از-راه دورشان و از طریق رسانه رایانه‌ای در موقعیتی «بی‌بدن» قرار می‌گیرند، تعاملشان با «مواد زنده» یک برخورد ناگهانی ایجاد می‌کند که پژواک‌های عاطفی قوی به‌همراه دارد و به‌دنبال آن احساسات مختلفی از انزجار، همدردی، اضطراب و سرگشتگی در فرد ایجاد می‌شود.

زیست-هنر اقلیت‌گرای کاک واجد یک خاصیت «همگرایی» است که در آن ماده فیزیکی (منظور در این‌جا زندگی است)، خشک-افزار (اطلاعات، رمزها و الگوها) و معنا، همه با هم ترکیب می‌شوند. مراد از «معنا» در این‌جا، آن چیزی است که «رخ می‌دهد». به‌عبارتی، تأثیر برجامانده از اجرا بر تماشاگر-شرکت‌کنندگان است؛ این‌که آن‌ها چگونه متاثر می‌شوند و چه تغییری در آن‌ها رخ می‌دهد. چالش اخلاقی آفرینش معطوف به خلاقیت و خلق‌کردن، نه تنها توسط کاک در آغاز سده بیست و یکم مطرح شد بلکه توسط گروهی از نظریه‌پردازان و هنرمندان-سایبری مشهور به انجمن هنر انتقادی[2] (CAE) نیز بروز یافته است. این گروه در سال ۱۹۹۹، به اجرای برنامه‌ای با نام «فرقه حوای جدید[3]» پرداختند که در آن به‌طور همزمان دو دوره تاریخی را به‌تصویر می‌کشند: دوره اول، دوره تسلط کلیسای کاتولیک - و دوره کنونی که با مهندسی زیستی مشخص می‌شود. DNA از خون یک داوطلب ناشناس استخراج شد. سپس این DNA کپی و تکثیر شد. مشخص شد که اهداکننده زنی از منطقه بوفالو در نیویورک بوده است. او لقب «حوای جدید» در آفرینش دوم را گرفت زیرا نخستین کسی بود که ژن‌های خود را برای پروژه ژنگان انسانی اهدا کرده بود. در طول اجراء از اعضای حاضر در برنامه خواسته شد تا در یک عمل آدمخواری مولکولی شرکت کنند: یعنی خوردن نوشیدنی‌ها و بیسکویت‌هایی که با مخمر دستورزی-شده-ژنتیکی حاوی ژن‌های «حوای جدید» ساخته شده بودند!

در اثر دیگری در همان زمان، شرکت نمایش ایتالیایی Societas Raffaello Sanzio، از کارگردان مشهور تئاتر، رومئو کاستلوچی[4]، درخواست کرد تا نمایشی با نام «آفرینش از موزه خواب[5]» ، را نوشته و اجرا کند. این کار به‌نوعی بازتاب همان اجرای کاک و انجمن هنر انتقادی در حلول «حوای جدید» بود. در پرده اول، کشف رادیوم مادام کوری در مقابل هبوط حوا از باغ عدن به نمایش گذاشته می‌شود (Causey ۲۰۰۱). موضوع آفرینندگی در همه این آثار هنری، همانند اثر آلبا (خرگوش دستورزی-شده-ژنتیکی کاک)، این است که پیدایش رگه جدیدی از زندگی را بیان می‌دارد و این سوال را طرح می‌کند که پیامد چنین امری چه خواهد بود؟

پیامدها

من مدتی را صرف بررسی و پیاده‌سازی کار اولیه کاک، آفرینش، کرده‌ام؛ کاری که طی دو دهه اخیر توسط بسیاری از هنرمندان زیستی در پی کنکاش «زندگی» ، به‌عنوان یک بستر هنری دنبال شده است. باید اشاره کنم که در این بررسی‌ها به ملاحظات شگفت‌انگیزی برخورد کرده‌ام که هنوز به‌طور کامل در مورد وضعیت پسا-انسانی درکی از آن‌ها حاصل نشده و همه این‌ها بر نحوه نگاه ما به هنرآموزش در آینده نزدیک تأثیر خواهند گذاشت.

الف - رنگ‌باختگی مرز میان علم و هنر. علم شامل فناوری و الگوریتم‌ها نیز می‌شود که این هر دو، قادر به پیشگویی واقعیت اند، آن هم با غربال‌کردن داده‌های بزرگ و استفاده سایبرنتیک آن‌ها که می‌تواند احتمالات قریب‌الوقوع آینده را محدودتر و دقیق‌تر کند. درست به همین دلیل است که زیست-هنر هم، گمانه‌زنی‌های آینده را امکان‌پذیر می‌سازد، زیرا آزمایش‌هایی از این دست، نه به تحقیقات علمی نیاز دارند، نه الزاما متکی به پیروی از روش‌های علمی مشخص اند، و نه فشاری از سوی صنعت، به‌ویژه «بزرگ-داروسازی‌ها»، بر گرده زیست-هنرمندان نهاده شده تا آن‌ها را با خواسته‌های خود همراه سازد. همه ما درباره عبارت تاکیدی STEM[6] (علم، فناوری، مهندسی و ریاضیات) در مبحث کارآفرینی مطالبی را شنیده‌ایم. اگر جهت اخلاقی و سیاسی چنین تحقیقاتی برایمان مهم نباشد، حتی افزودن یک حرف دیگر، مثل A برگرفته

1. "Let aan have dominion over the fish of the sea and over the fowl of the air and over every living thing that loves ua eon the earth"
2. Critical Art Ensemble (CAE)
3. Cult of the New Eve (CoNE)
4. Romeo Castellucci
5. Genesis: From the Museum of Sleep
6. Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)

از Art، برای تبدیل آن به STEAM هم نمی‌تواند معنای چندانی بدان ببخشد. بازی‌های ویدیویی حال حاضر، نمونه خوبی از STEAM هستند که در آن تولید سرگرمی با هدف ثروت‌اندوزی صورت می‌گیرد. البته، استثناهایی هم وجود دارد که نمی‌توان آن را انکار کرد.

ب-رنگ‌باختگی مرز میان هنر و غیرهنر به‌واسطه زیست-هنر. زیست-هنر تداوم دو پیشرفت تاریخی در زمینه هنر است. نخست، ظهور سبک هنری «حاضر-آماده» دوشان[1] است. بر این اساس، دیگر نمی‌توان تمایزی میان هنر به‌مثابه زندگی درون گالری، و زندگی به‌مثابه هنر در بیرون از گالری، قائل شد. در فرض اول، یعنی هنر به‌مثابه زندگی در گالری، زندگی همان موجودیت «حاضر-آماده» دوشان است. پس می‌توان موجودات زنده و بافت‌ها را به‌عنوان بستر و رسانه هنری پذیرفت؛ چراکه در این حالت، امکانات، ابزارها و تکنیک‌های زیست‌فناورانه، همان موجودیت‌های «حاضر-آماده» هستند که می‌توان آن‌ها را در فضای گالری بازچینی کرد. در چنین فرضی، هنرمند کمتر یک «خالق» خودمختار است و بیشتر عاملی است که اشیا را از قلمرو غیر هنری انتخاب کرده و به فضای گالری می‌آورد. از نگاه دوشان، این کار برای آن است که بتوان کالای صنعتی را به گالری کشاند. برای زیست-هنرمندان حیات‌گرا، این به‌معنای وارد کردن زیست‌فناوری «واقعی» به فضای گالری و استفاده از گالری برای تثبیت وضعیت هنری آزمایش‌های زیستی – ظروف کشت، باکتری‌ها، محیط‌کشت‌های نگهدارنده، انکوباتورها و غیره است. یک شاهد متقن در این خصوص، کاری است که Ionat Zurr و Oron Catts در آغاز سده جاری در موضوع کشت بافت در آزمایشگاه SymbioticA دانشگاه وسترن استرالیا در شهر پرث پایه‌گذاری کردند (Catts and Zurr 2007). آن‌ها اولین کسانی بودند که به این نتیجه رسیدند «چهره» آزمایشگاهشان در گالری باید عمیقا متمایز از یک آزمایشگاه علمی معمولی باشد. معنای چنین حرفی آن بود که آن‌ها باید ظروف شیشه‌ای آزمایشگاهشان را خودشان از نو طراحی می‌کردند.

ج-پرسش‌گری در باب زیست-تقلیدگری[2] : «حاضر-آماده‌ها» در خارج از گالری هم ظاهر می‌شوند و تمایز بین فضای گالری و بیرون آن را محو می‌کنند. در اینجا سوالاتی در مورد ارگانیسم‌ها و گیاهان زراعی دست‌ورزی-شده-ژنتیکی (GMOs) و توسعه گونه‌های جدید گیاهان و حیواناتی مطرح می‌شود که از آن‌ها به‌عنوان «حسگرهای آلاینده» استفاده می‌شوند؛ ازآن‌جا که این موجودات با استفاده از پروتئین فلوئورسنت سبز (GFP) مهندسی شده‌اند، قادرند به‌عنوان حسگر زیستی عمل کنند (مثل ضرب‌المثل قناری در معدن زغال سنگ که سطوح خطرناک متان یا مونوکسید کربن را نشان می‌دهد) (Johnson 2017). آیا می‌توان این پیشرفت‌ها را نیز به‌عنوان «زیست-هنر» به‌حساب آورد که در آن بر طراحی و فناوری تأکید می‌شود؟ آنچه می‌شود گفت، آن است که این راهی است که طراح «کاپیتالیست» در پیش گرفته و می‌خواهد کل زمین را بزک کند و با آرایش، هر چه را قابلیت فروش و کسب سود دارد به کالا تبدیل کند؛ آن هم با الهام از طرح‌های طبیعت. در کلِ جریان توسعه زیست-تقلیدگری ما این قاعده را می‌بینیم. البته همه این‌ها را هم نمی‌شود رد کرد، ولی فراموش نکنیم که اکثر این پروژه‌ها در جهت اهداف «کمونیست» نیست (Dardot and Laval 2019)، و صرفا برای ثروت‌اندوزی و ثبت اختراع اجرا می‌شوند.

د-پرسش‌گری در باب اجرای هنری زنده[3]: علاوه بر سبک «حاضر-آماده» مارسل دوشان، زیست-هنر از سنت پرفورمنس یا «هنر زنده» نیز ریشه می‌گیرد، یعنی جایی که عاطفه به یک عامل کلیدی تبدیل می‌شود. سوال این است که بدن تماشاگر-شرکت‌کنندگان چگونه تحت تأثیر یک اجرای زیستی[4] قرار می‌گیرد؟ باز هم همانند قبل، مفهوم «هنر زندگی است» و «زندگی هنر است» که مرز بین درون و بیرون گالری رنگ می‌بازد. از نظر تاریخی، در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰، هنرمندانی مانند جوزف بویز[5]، آلن کاپرو[6] و کریس

---

۱. اشاره دارد به مارسل دوشان، یکی از سرآمدان مکتب دادائیسم. در اوایل قرن بیستم، مارسل دوشان با سبک هنری ready-made یا سبک «حاضر-آماده» به شهرت رسید. او شیوه‌ای جدید از پروسه تولید را در فضای هنری آن دوران عرضه کرد که بیشتر، نمود عینیت و دقت فنی در مقابل بیان شخصی هنرمندانه است. در سبک ابداعی دوشان، اتفاق و تصادف در پروسه تولید اثر هنری به امری مهم بدل می‌شود. وی با استفاده از اشیاء دم-دستی و از پیش ساخته شده که استفاده روزمره دارند، تماشاگر را مجبور به بازتعریف هنر می‌سازد و او را به این درک می‌رساند که «هنر» لزوما خلق یک اثر ویژه معنادار نیست بلکه این نگاه «هنرمند» است که تعیین می‌کند چه اثری می‌تواند «هنری» باشد و از این جهت، مهم است که بدانیم چه کسی «هنر» را تعریف می‌کند. به عقیده سایمون ویسلون، سبک دوشان بیانگر پویایی هنر امروز و این نکته است که در هنر مهم‌ترین چیز، فرایند خلاقه‌ای است که در اثر هنری خود را بروز می‌دهد و فرقی نمی‌کند که اثر از چه ساخته شده یا چه شکلی داشته باشد. اساس کار دوشان آن است که به هر موجودیت حاضری معنای جدیدی می‌بخشد. در واقع کاری که او انجام می‌دهد خلق آثار جدید نیست بلکه، بخشیدن معنای جدید، به اثریست که پیشتر ساخته شده است (مترجم).

2. biomimics

۳. اجرای هنری زنده یا پرفورمنس (Performance) در هنرهای نمایشی، عموماً شامل مراسمی است که طی آن هنرمند یا گروهی از هنرمندان، یک یا چند اثر هنری را به مخاطبان عرضه می‌کنند. معمولاً هنرمندان قبلاً ارائه اثر هنری را تمرین می‌کنند. هنگام اجرا، مخاطبان به تشویق هنرمندان می‌پردازند و پس از آن، معمولاً اجرا مورد سنجش قرار می‌گیرد (مترجم، برگرفته از:https://fa.wikipedia.org/wiki/%D9%B3%D8%86%D9%A7%D8%85%D9%B1%D8%88%D9%81%D9%B1%BE%D8%8

4. Bioperformance

5. Joseph Beuys

6. Allan Kaprow

باردن[1]، هنر را فراتر از فضای گالری گسترش دادند و تمایز بین هنرمندان و تماشاگران را از بین بردند (Mitchell 2010). کارهایی از این دست، چیزهایی نیستند که قابل نگهداری و خرید باشند، بلکه فقط در همان زمان رویداد قابل لمس و استفاده‌اند. بنابراین، مرز هنر و زندگی بار دیگر گنگ و نامعلوم می‌شود. تماشاگران عملا به بخشی از پروژه اجرای زیست-هنر تبدیل می‌شوند و اغلب هم در موقعیت عدم-قطعیت قرار می‌گیرند و مدام از خود می‌پرسند: من الان باید چه کنم؟ اجرا به پایان رسیده یا ما هنوز در صحنه ایم؟ صحنه‌گردانان تلاش می‌کنند تا تماشاگران-شرکت‌کنندگان را به این فکر وادارند که خود، بخشی از اثر هنری بوده‌اند.

زیست-هنر اجرای زنده (پرفورمنس) را با ماده زنده شکل می‌دهد و باعث تشدید «سرزندگی» و «رخداد» در گالری و نیز خارج از آن می‌شود. در فضاهای گالریایی، یکی از برجسته‌ترین گروه‌ها، پیشگامان کشت بافت[2] یعنی Ionat Zurr و Oron Catts هستند که طراح پروژه هنر و کشت بافت (TC&A) هستند. آن‌ها از سال ۱۹۹۶ درگیر تولید ارگانیسم‌های تراژنه یا «مجسمه‌های نیمه‌زنده» یا «اشیاء بی‌اهمیت زندگی» یا «مجسمه‌های بافتی» هستند؛ ارگانیسم‌هایی رشدیافته از بافت مهندسی‌شده که با مواد غیر زنده (داربست‌های زیست-پلیمری) ترکیب شده‌اند (شکل ۲).



شکل ۲. گوش یدکی - مقیاس ۱/٤. هنرمندان: گروه کشت بافت و هنر (Oron Catts & Ionat Zurr) با همکاری Stelarc. پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر و سلولهای کندروسیت انسانی، ابعاد اصلی: ۱/۵×۱/۵×۳ سانتی‌متر، ۲۰۰۳. عکس: Ionat Zurr. عکس توسط مترجم به متن افزوده شده است (برگرفته از https://www.clotmag.com/biomedia/oron-catts-confronting-and-re-evaluating-what-life-is).

این دو نیز، مانند کاک و انجمن هنر انتقادی، آزمایش‌های علمی-هنری خود را روی صحنه نمایش برده‌اند. مانند پروژه آفرینش کاک، در اینجا هم تماشاگر-شرکت‌کنندگان می‌توانند رشد ژن‌های جهش‌یافته را دست‌کاری کنند. در پایان این «آشپزی بی‌بدن» که یکی از بحث-برانگیزترین اجراهای این گروه در سال ۲۰۰۳ بوده است، از تماشاگران-شرکت‌کنندگان خواسته می‌شود که به‌طور دسته‌جمعی «استیک بدون قربانی» خود-پرورش‌داده را میل کنند. مخاطبان در این پروژه، انواع مختلفی از بافت‌های حیوانی را کشت و پرورش می‌دادند از جمله، استیک قورباغه، بال خوک و گوش‌های یدکی. در دسته‌بندی‌هایی که من در باب زیست-هنر انجام داده‌ام، TC&A به همراه بسیاری از «هکرهای زیستی» که قدرت مهندسی زیستی را به چالش می‌کشند، در گروه «اقلیت‌گرا» قرار می‌گیرند. مقالات ینس هوزر[3] (۲۰۱۷) به جزئیات این پدیده می‌پردازد.

ه- رنگ‌باختن مرز میان هنرمند و مخاطب، یا هنرمند و ماشین: هوش مصنوعی در هر درجه‌ای، راهبردی است که امکان رویارویی با «زندگی» را ممکن می‌کند. زیست-هنر اقلیت‌گرا تمایز دوگانه زندگی و مرگ، یعنی زنده و غیرزنده، ارگانیک و غیرارگانیک را به چالش می‌کشد. آزمایش‌های بافتی TC&A در سال ۲۰۰۰، مسئله رابطه انسان با حیوان غیرانسان را به چالش می‌کشد و از ریاکاری انسان‌محوری و گونه‌گرایی، با برتریت گونه‌ای انسان که به او اجازه بهره‌کشی از حیوانات را می‌دهد، پرده بر می‌دارد. یکی از نمونه‌های بارز چنین آزمایشاتی، تولید «چرم بدون قربانی» در سال ۲۰۰۴ است. گرچه آزمایشات TC&A گاهی هم با شکست مواجه می‌شوند اما موضوع زیبایی‌شناسی شکست نیز تا حد زیادی بخشی از این فرآیند اجراست زیرا اغلب بافت‌های کشت‌یافته در گالری-آزمایشگاه‌های-هنری توسط باکتری‌ها، ویروس‌ها یا قارچ‌ها آلوده می‌شوند و سپس می‌میرند که تایید دوباره و دوباره و دوباره‌ایست بر این واقعیت که پرده‌ای (غشایی) میان بافت و عالم پیرامونی آن و بالعکس حائل است. شکست، بخش اجتناب‌ناپذیری از همه اشکال زیست-هنر است، اما نه در ذهن طراح مهندسی که باید مشکلات را حل کند (من خود شخصاً این شکست‌ها را در طول اقامتم در Biofilia تجربه کرده‌ام و گواهی می‌دهم که همه آزمایش‌هایم با شکست مواجه شدند!) TC&A در پایان هریک از اجراهایشان یک پروتکل «شبه-آئینی» را هم به اجرا می‌گذارند که در آن، بافت‌های پرورش یافته را می‌کشند. این همان وضعیتی است که دوگانه مرگ و زندگی و اخلاق و مسئولیت‌های مترتب بر آن در برابر دیدگان تماشاگر-شرکت‌کنندگان عینیت می‌یابد و بدین ترتیب، ذهن آنان را در موقعیت فعال قرار می‌دهد. در اجراهای زنده زیست-هنر اقلیت‌گرا، این رخداد نامعمولی نیست. در سال ۲۰۰۱ گروه هنر انتقادی، نمایش GenTerra را

3. Chris Burden
4. the Tissue Culture and Art Project (TC&A)
5. Jens Hauser

روی صحنه برد که در آن، تماشاگر-شرکت‌کنندگان با تصمیم برای رهاسازی یا «کشتن» باکتری رشدیافته اشریشیا کلی حاوی DNA دستورزی-شده-ژنتیکی مواجه می‌شدند. اگرچه این باکتری نسبتاً بی‌ضرر و خوش‌خیم بود، اما مخاطبان این را نمی‌دانستند، و مجبور بودند با عواقب تصمیم خود با تمام خطرات و مسئولیت‌های مترتب بر آن روبرو شوند.

و- زمان محدود است؟ مرگ چیست، وقتی بتوان آن را به میل خود تعلیق یا فسخ کرد؟ در این‌صورت می‌توان آن را قتل دانست؟ بارزترین ویژگی موجودات نیمه-زنده که در نتیجه همگرایی فناوری و زیست‌شناسی حاصل می‌شوند، آن است که با «فرآیند طول زمان» ، یعنی محدود شده در زمان، مشخص می‌شوند. بیائید فیلم علمی-تخیلی Blade Runner را یک بار دیگر در ذهن مجسم کنیم که در آن تکثیرشونده‌ها (همسانه‌های پیشرفته هوش مصنوعی مانند نمونه‌هایی که اخیراً در سریال تلویزیونی Westworld دیده‌ایم) تلاش می‌کنند تا از پایان زندگی خود در یک سال، تاریخ و زمان خاص جلوگیری کنند. آن‌ها هم مانند بافت‌های زنده‌ای که در آزمایش‌های زیست-هنر ایجاد می‌شوند، طول عمر محدودی دارند اما، از یک قابلیت شکل‌پذیری هم برخوردارند که آن‌ها را در بر گرفته است: آن‌ها می‌توانند تغییر یافته و به شکل دیگری درآیند؛ انگار نوعی «نامیرایی» به درون این رده‌های سلولی و بافت‌های رشدیافته به‌عنوان نسل‌هایی از سلول‌های بنیادی رخنه کرده باشد؛ دقیقا شبیه باکتری‌ها که از طریق جهش خودشان را ارتقا می‌بخشند. این تطورها و دگردیسی‌ها و دگرگونی‌ها که مشخصه بارز زندگی است، بیانگر آن است که زندگی غیرقابل پیش‌بینی، رها و غیرقابل کنترل است. زیست-هنر نیمه-زنده، ارائه‌دهنده جهش‌یافته‌های هیبریدی هیولا-گونه‌ای است که میان زنده و غیرزنده، یا آلی و غیرآلی جای دارند؛ در هر حال موجودات نیمه-جان-یافته‌ای هستند که به هیچ‌وجه کامل نیستند. مجسمه‌های جهش‌یافته تماشایی پاتریشیا پیچینینی[1] شاید مثالی از چنین آینده‌ای باشند. آنگاه که فناوری زندگی را در بر گیرد، بُعد جدیدی پدیدار خواهد شد: «زندگی در ورای زندگی» یا «مرگ معلق». کَتس و زُر[2] از این پدیده به «فرا-بدن[3]» یا «بدن گسترش یافته[4]» یاد می‌کنند، بدنی قطعه-قطعه که فقط با ابزار فناوری می‌تواند زنده بماند (شکل ۳).

چنین مفهومی فقط درخصوص پروژه‌های کشت بافت زیست-هنر صدق نمی‌کند. من به یاد اثر Neukom Vivarium مارک دیون[5] می‌افتم که در سال ۲۰۰۶ در یک فضای گلخانه‌ای ویژه واقع در پارک مجسمه المپیک در سیاتل واشنگتن اجرا شد (شکل ۴). این اثر هم نمونه دیگری از یک موجود نیمه-زنده یا یک «بدن گسترش یافته» است؛ اما این بار، یک کاج شوکران در حال پوسیدن خارج شده از محیط طبیعی خود و اتصال‌یافته به یک سیستم محافظتی حیات‌بخش به کمک فناوری پیشرفته است که در یک محیط مصنوعی زیست‌بوم کاملاً جدیدی در آن شکل می‌گیرد. اینجا هم همچون اجراهای قبلی، تماشاگر-شرکت‌کنندگان ترغیب می‌شوند تا با درخت نیمه-زنده ارتباط برقرار کنند تا یاد بگیرند چگونه زیست‌بوم آن پایدار شده، از این رهگذار به پرسش‌هایی در باب گونه‌گرایی و انسان‌محوری برسند.



شکل ۳. «نظافتچی» اثر پاتریشیا پیچینینی (۲۰۱۹). پیچینینی مجسمه‌های انسان‌واره‌ای خلق می‌کند که رابطه بین امر مصنوعی و طبیعی، انسان و محیط، بیننده و اثر هنری را بررسی می‌کند. او از مجموعه‌ای از مواد از جمله سیلیکن، چرم و موی انسان استفاده می‌کند و در قالب رسانه‌های مختلف، اعم از نقاشی، ویدئو، صدا، اجرای هنری زنده، آن‌ها را بازتاب می‌دهد تا جهان‌های فریبنده‌ای خلق کند که در آن علم و اسطوره، تخیل و واقعیت، انسان، ماشین و طبیعت در هم تنیده می‌شوند. در قلب آثار هنری پیچینی مضامینی چون باروری (پتانسیل حیات)، همدلی، ارتباط و شگفتی وجود دارد. عکس توسط مترجم به متن افزوده شده است (برگرفته از https://echogonewrong.com/solo-exhibition-by-patricia-piccinini-at-kai-art-centre/).



شکل ۴. Neukom Vivarium یک چیدمان ترکیبی است که توسط هنرمند آمریکایی مارک دیون در پارک مجسمه المپیک

1. Patricia Piccinini
2. Oron Catts and Ionat Zurr
3. Meta-body
4. Extended body
5. Marc Dion

در سیاتل واشنگتن به‌اجرا درآمده است. طراحی این اثر در سال ۲۰۰۴ آغاز شد و در سال ۲۰۰۶ تکمیل شد. موزه هنر سیاتل، که پارک را اداره می‌کند، Neukom Vivarium را یک اثر ترکیبی از مجسمه‌سازی، معماری، آموزش محیط‌زیست و باغبانی توصیف کرده که هنر و علم را به هم مرتبط می‌کند. این اثر مشتمل است بر کُنده درختی ۱۸ متری که قبلا بخشی از یک اکوسیستم جنگلی بوده و اکنون در بر گیرنده یک سیستم هنری است. این کُنده پرستار[1] در یک گلخانه به‌طول ۲۴ متر نگهداری می‌شود که شامل کابینی مجهز به ذره‌بین‌هایی است که به بازدیدکنندگان اجازه می‌دهد تا اشکال مختلف حیات موجود بر این بستر حیات را مشاهده کنند. علائم راهنمایی نیز، به‌شکل کاشی‌های آبی و سفید در این اثر به‌کار گرفته شده‌اند که بیانگر باکتری‌ها، قارچ‌ها، حشرات، گلسنگ‌ها و گیاهانی است که ممکن است روی کُنده پرستار یافت شوند. عکس توسط مترجم به متن افزوده شده است.

(https://art21.org/read/mark-dion-neukom-vivarium)

ز- رستاخیز: علاوه بر همه پیامدهای گفته شده، زیست-هنر ذهن را به موضوع بنیادی‌تری می‌کشاند که «رستاخیز» است یا همان عامل نامیرایی که پیشتر به آن اشاره شد. آنچه پروژه‌های کنونی مهندسی ژنتیک به‌دنبال آن هستند حیات بخشیدن به گونه‌های منقرض شده از راه همسانه‌سازی است که به‌طور عامیانه می‌توان آن را «اکولوژی رستاخیزی»، «احیاگری گونه‌ای» یا «جانورشناسی زامبیایی» نام داد. اما واژه مطلوب‌تر برای این کار می‌تواند «مهار انقراض» باشد، چیزی که در بیانیه ماموریت شرکت Revive & Restore فعال در این حوزه به‌وضوح بدان اشاره شده است: «افزایش تنوع زیستی از طریق نجات ژنتیکی گونه‌های در-خطر-انقراض و منقرض‌شده». این کار، احیای چیزی است که آن را زندگی خفته[2] یا زندگی بر بستر مرده[3] می‌نامیم؛ نوعی زندگی که مانند مرگ است؛ یا پسا-حیاتی که همچنان از طریق هیبت مردگان زنده (زامبی‌ها)، نامردگان[4] (خون‌آشام‌ها)، ارواح بی‌بدن (یا اوهام) و زندگی تسخیرشده با شیاطین، ما را مجذوب خود می‌کند. رستاخیز اکنون است و جذابیت دیرینه‌اش از بین نرفته است؛ همچنان که سازندگان فیلم پارک ژوراسیک تلاش دارند آن را به ما نشان دهند و بار دیگر در ششمین نسخه جدید از این فیلم در سال ۲۰۲۱ آن را به نمایش خواهند گذاشت.

ناتالی جرمیجنکو[5]

در بخش بالا، تلاش کردم تا زیست-هنر را که در گالری-آزمایشگاه‌های-هنری اجرا می‌شود و از نظر مهندسی زیستی نگران‌کننده است را نشان دهم؛ به‌عبارت دیگر، سعی کرده‌ام قصه «هنر به‌مثابه زندگی » را روایت کنم. اما این قصه در بیرون از فضای گالری چطور روایت می‌شود؟ منظورم «زندگی به‌مثابه هنر» است. بی‌شک، برجسته‌ترین زیست-هنرمند در اینجا کسی نیست جز پروفسور نیویورکی، ناتالی جرمیجنکو، که یک زیبایی‌شناس فناورانه سبک کمپی[6] است، که فناوری‌های ناانسانی (هوش مصنوعی مانند ربات‌های زیستی) و عوامل غیرانسانی (حیوانات، گیاهان، کانی‌های معدنی) را با تعاملات انسانی در می‌آمیزد تا، برای توجه‌بخشیدن به سلامت محیط‌زیست و به‌طور کلی به گونه ما، ترکیب-گونه‌هایی تاثربرانگیز ایجاد کند. جرمیجنکو پایه‌گذار مسیرها و معیارهایی است که بعدها به توسعه بیشتر بسیاری از زیست-هنرها انجامید: فلسفه برگشت او از انسان‌محوری این است که ما کسانی هستیم که باید برای برخورداری از یک محیط‌زیست سالم، به صدای موجودیت‌های غیرانسانی گوش دهیم و به رابطه مسالمت‌آمیزی با آن‌ها برسیم.

جرمیجنکو با ساخت فناوری‌های بین‌گونه‌ای به این امر دست می‌یابد. وی در سخنرانی خود در TED در سال ۲۰۱۰ با عنوان «هنر تغییر ذهنیت زیست‌محیطی»، چشم‌انداز خود برای مقابله با بحران جهانی سلامت، که از مصاحبه با بسیاری از پزشکان نیویورک به‌دست آورده، را آشکار می‌کند. ایده او در پشت تأسیس کلینیک بهداشت محیطی در نیویورک این است که ورق را برگرداند و وضعیت میان انسان و محیط‌زیست را تغییر دهد. رفاه انسان مستلزم محیطی سالم است و از آنجا که هیچ کاری در بستر محیط‌زیست به‌سرعت قابل اجرا نیست، در کلینیک بهداشت محیطی جرمیجنکو راهکارهایی

1. Nurse log
2. Dormant life
3. Necro-life
4. Undead
5. Natalie Jeremijenko

۶. کمپ یا کمپی یک سبک زیباشناختی است که چیزی را به دلیل بدمزه بودن و ارزش طعنه‌آمیز آن جذاب می‌داند. زیبایی‌شناسی کمپی با وارونه جلوه‌دادن ویژگی‌های زیبایی‌شناختی مانند زیبایی، ارزش و ذوق از طریق دعوت به نوع متفاوتی از درک و کاربرد، بسیاری از تصورات مدرنیسم را از چیستی هنر و آنچه که می‌توان آن را به‌عنوان هنر والا طبقه‌بندی کرد، مختل می‌کند. جایی که هنر والا از زیبایی و ارزش سخن می‌گوید، کمپ به‌دنبال سرزندگی، جسارت و پویایی است. یعنی زیبایی‌شناسی کمپی از گستاخی لذت می‌برد. کمپ مخالف رضایت است و به‌دنبال چالش است. هنگامی که این کاربرد هنری در سال ۱۹۰۹ ظهور یافت، نشان دهنده رفتار «تظاهرآمیز، اغراق‌آمیز، نمایشی، زنانه یا همجنس‌گرا» بود، و در اواسط دهه ۱۹۷۰، واژه کمپ از سوی لغت‌نامه وبستر به‌عنوان «ابتذال، متوسط، تصنعی، و متظاهرانه... چنان افراطی که باعث سرگرمی یا جذابیت پیچیده و منحرف می‌شود»، تعریف شد. نویسنده آمریکایی، سوزان سونتاگ، در مقاله‌ای در سال ۱۹۶۴ با عنوان یادداشت‌هایی درباره «کمپ»، ویژگی‌های کلیدی آن را چنین بیان می‌کند: «تصنعی، سبکسرانه، خودنمایی ساده‌لوحانه طبقه متوسط، و افراط تکان‌دهنده» (مترجم. برگرفته از: https://en.wikipedia.org/wiki/Camp_(style)).

ارائـه می‌شـود کـه مراجعه‌کننـدگان بتواننـد فعالانـه در برنامـه تغییـرات زیسـت‌محیطی مداخلـه کننـد. اما این مداخلـه تا حدودی پوچ‌انگارانـه، کنایه‌آمیـز، کمپـی و غریب – تقریباً خنـده‌دار – و در عیـن حـال به‌طـرز عجیبـی علمـی و کامـلاً مهندسی‌شـده اسـت و غالبـا توسـط رابطهـای فنـاوری پیچیـده و حضـور رسـانه‌ها پشـتیبانی می‌شـود.

نمونـه‌ای از فنـاوری بین–گونـه‌ای او «پروتـکل بوروکراتیـک تدپـل[۱]» اسـت (Jeremijenko,2007,2009). قورباغه‌هـا به‌عنـوان گونه‌هـای همـراه درنظـر گرفته می‌شـوند، که هـر کدام از آنهـا بـه نـام یکـی از بوروکرات‌هـای محلـی سـازمان حفاظـت از محیط‌زیسـت، کـه تصمیم‌هایـش بـر کیفیـت آب در نیویـورک تأثیـر می‌گـذارد، نام‌گـذاری می‌شـوند. بنابرایـن بـه هـر بچـه قورباغـه (تدپـل) شـخصیتی داده می‌شـود. در واقـع، بـا یـک بچه قورباغـه جـای گرفته در یک ظرف شیشـه‌ای یـک «روروئک بچه قورباغـه» سـاخته شـده اسـت کـه می‌توانـد در صورت رهاشـدن، اطلاعاتـی درخصـوص کیفیـت آب محلـی ارائـه کنـد. ایـده ایـن اسـت کـه بـرای انجـام آزمایشـات در خیابان‌هـای نیویـورک قدم بزنیـد. بچـه قورباغه‌هـا حسـگرهای زیسـتی بسـیار خوبـی بـرای پاسـخ بـه آلاینده‌هـای صنعتـی مختل‌کننـده غـدد درون ریـز و شبیه‌سـازهای هورمونـی تیروئیـدی دارنـد – برخـی از ایـن آلاینده‌هـا عبـارت انـد از مواد تشـکیل‌دهنده محصولات آرایشـی، پاک‌کننده‌هـای شـیمیایی، بیس‌فنـل[۲] موجـود در پلاسـتیک‌ها و ظـروف غـذای کنسـرو شـده، آفت‌کش‌هـا، آنتی‌بیوتیک‌هـا و هورمون‌هـای موجـود در خـوراک دام و طیـور. ایـن سـموم بـه منابـع آب محلـی و سـپس اقیانوس‌هـا راه پیـدا می‌کننـد و آبزیان و ماهی‌هـا را درمعـرض خطـر قـرار می‌دهنـد. ایـده چنیـن اقـدام به‌ظاهـر ظالمانـه‌ای بـرای قـدم‌زدن یک بچـه قورباغه این اسـت کـه همسـایه‌ها یـا هـر کسـی در خیابـان بپرسـد چه خبر اسـت تا بچـه قورباغـه بتواند مسـائل مربوط به کیفیـت آب را توضیح دهد. بچـه قورباغه‌هـا نیـز هورمون‌هایـی شـبیه انسـان دارنـد، بنابراین شـبکه‌ای بیـن انسـان‌ها و غیرانسـان‌ها شـکل می‌گیرد تـا ببینیم کـه هر قورباغـه چگونه با این مسـئله مواجه می‌شـود. ارتباط‌دادن موضـوع اختـلالات هورمونـی قورباغه‌هـا بـه انسـان، ازطریـق تغییـرات بدنـی اسـت کـه دختران جوان دسـتخوش آن می‌شـوند، یعنـی کاهـش سـن بلـوغ، چاقـی و سـرطان سـینه. هنگامـی که ایـن شـبکه اجتماعـی شـکل گرفـت و «سـلامت» قورباغه‌هـای ایـن شـبکه ارزیابـی شـد، می‌توان بـا شـواهد متقن بـه بوروکرات محلـی نزدیـک شـد تـا بـر تغییـر سیاسـت زیسـت‌محیطی اصرار ورزنـد. قورباغـه در اینجـا به‌عنـوان یـک دسـتگاه پایـش زیسـتی حسـاس به‌همـکاری گرفتـه می‌شـوند کـه از نظـر اخلاقـی (و نیز سیاسـی) به‌عنـوان یک فرد در شـبکه ایجادشـده فرض می‌شـوند. لازم بـه ذکـر اسـت کـه انـواع حیوانـات دیگـر نظیـر قنـاری نیز، در معـادن به‌عنـوان حسـگر زیسـتی بـه‌کار گرفتـه شـده‌اند. در کنـار این‌هـا، زمینـه جدیـدی در حـال ظهـور اسـت تحـت عنوان «حسـگری زیسـتی[۳]» که برپایه یـک فناوری کامـلاً جدید مبتنی بـر گیاهـان و جانـوران دستورزی–شـده–ژنتیکی شـکل گرفتـه اسـت؛ ایـن زمینـه جدیـد را می‌تـوان نـوع دیگـری از زیسـت–تقلیدگری[۴] و زیست‌شناسـی مصنوعی دانسـت (Ginsberg,2014 et al). چنیـن پیشـینه‌ای غنی از سـرمایه‌های غیرانسـانی، بیشـتر بیانگـر نوعی دارایی–حسـی اسـت که می‌توان آن را حسـگاه فرا–انسـانی[۵] نامیـد و نوعـی از جهان‌بینـی انسـان‌محور را احیا می‌کند کـه در آن گیاهـان و حیوانات در نقش «حسـگرهای آلایندگی» به انسـان خدمـت می‌کننـد (johnson,2017). در مثـال جرمیجنکو، بچـه قورباغه‌هـا درجـه «شـهروندی» دریافت می‌کننـد و به آن‌ها شـخصیت داده می‌شـود. از آنجایـی کـه ایـن موجودات حسـاس، در برابـر سـمیت زیسـت‌محیطی آسـیب‌پذیر هسـتند، می‌تواننـد با ارائـه شـاخص‌ها و اطلاعاتـی در مـورد وضعیتشـان بـرای تغییـر کیفیـت آب مصرفـی در نیویـورک «به‌اشـتراک گذاشـته شـود». هـدف ایـن نیسـت کـه ایـن موجـودات صرفـاً بـه ابـزاری بـرای مقاصـد انسـان تبدیـل شـوند؛ بلکه انسـان هـم از نظـر اخلاقی از آن‌هـا تاثیـر می‌پذیـرد و این بـدان معناسـت که به ایـن موجودات اختیـارات عاملیتی داده شـده اسـت.

موضـع اخلاقی–سیاسـی جرمیجنکو کاملاً برخلاف چیزیسـت که در مـورد گیاهـان دستورزی–شـده–ژنتیکی صـادق اسـت کـه از GFP به‌عنـوان یـک شـاخص آلایندگی زیسـت‌محیطی اسـتفاده می‌کننـد، یا سیسـتم حسـگر زیسـتی لیمکو[۶] کـه از چندیـن گونه ارگانیسـم کامـل بـرای پایـش آلودگی منابـع آب شـیرین و حیات دریایـی اسـتفاده می‌کنـد. چنیـن پیشـرفت‌های تقلیدگرایانه‌ای در تضاد مسـتقیم با پـروژه TREExOFFICE جرمیجنکـو قرار دارد (Jeremijenko,2007 Jeremijenko and Dehlia ,2017). مطابـق اعلامیـه جهانـی «حقـوق مادر–زمیـن» بولیـوی کـه در سـال ۲۰۱۰ بـه قانـون تبدیـل شـد، عاملیـت یـک درخـت در درک و احسـاس، بـه رسـمیت شـناخته می‌شـود. درخـت به‌عنوان صاحب‌خانـه خـود عمـل می‌کند و در فضای اسـتقرارش در شـهر،

۱. تدپل (Tadpole) یا کفچه لیزک، به مرحله لارو آبزی قورباغه‌ها و وزغ‌ها گفته می‌شود (مترجم. برگرفته از: https://www.britannica.com/science/tadpole).

۲. بیس‌فنـل آ (BPA A) یـک مـاده شـیمیایی اسـت کـه به‌مقـدار زیـاد بـرای تولیـد پلاسـتیک‌های پلی‌کربنـات اسـتفاده می‌شـود. این مـاده در تولید محصـولات مختلفـی به‌کار مـی‌رود که از آن جملـه می‌تـوان بـه مـوارد زیـر اشـاره کـرد: شیشـه‌های نشـکن، عینک، بطـری آب و رزین‌های اپوکسـی که به‌عنـوان پوشـش در برخی از ظـروف فلزی نگهداری مـواد غذایی، سـر بطری‌ها و لوله‌هـای انتقال آب.

3. biosensing
4. biomimicry
5. more-than-human sensoriu
6. LimCo BioSensor System (LBS)

دارای حق مالکیت شناخته می‌شود. در نتیجه، با فناوری ارائه شده توسط جرمیجنکو، انسان‌ها مستاجران درخت شناخته می‌شوند و برای استفاده از آن به‌عنوان فضای کاری یا دفتر کار، باید اجاره‌بها پرداخت کنند (شکل ۵). سپس این عواید، به همان درخت می‌رسد که «تعیین می‌کند» آیا خاکش نیاز به بهبوددهنده دارد یا باید درختان دیگری کاشته شوند؛ این ترتیب، نوعی عاملیت خود-نظارتی به آن تعلق می‌گیرد که می‌تواند از محل منابع دریافتی، سرمایه‌گذاری کند. بنابراین به جهان‌های غیرانسانی و ناانسانی شخصیت اعطا می‌شود و مشارکت عاملی آن‌ها در ترکیب-گونه‌های غیرانسانی، ناانسانی و انسانی که با همزیستی شکل می‌گیرند، به‌رسمیت شناخته می‌شود. مشارکت عاملی، معطوف به هیچ فردی نیست بلکه، درون ترکیب-گونه «توزیع» می‌شود.



شکل ۵. TREExOFFICE ابداع هنرمند استرالیایی-آمریکایی، ناتالی جرمیجنکو، است که در همکاری با گروه هنرمندان Shuster + Moseley و معماران Tate Harmer شکل گرفته است. سایه‌بان یک درخت شهری، جایگزین فضاهای کاری معمولی و اقتصادی می‌شود. این درخت که به‌عنوان مالک سایه‌بان خود شناخته می‌شود، در میان شلوغی شرق لندن، خدمات رایگانی از قبیل فضای استراحت، برق، و وای‌فای رایگان ارائه می‌دهد. فضای کاری متعلق به درخت است و توسط خود آن نیز اداره می‌شود. درآمد حاصله نیز، صرف سرمایه‌گذاری مجدد در پارک Hackney می‌شود. عکس توسط مترجم به متن افزوده شده است (برگرفته از https://www.artsadmin.co.uk/project/natalie-jeremijenko-treexoffice/)

اندیشه‌ای در باب آخرالزمان

در این بخش آخر، می‌خواهم به‌عنوان فرعی مقاله‌ام بپردازم: «اندیشه‌ای در باب آخرالزمان»، سلامت این سیاره و خودمان، چراکه هر دوی این‌ها در واقع یک پیکره‌اند. اکنون به‌خوبی می‌دانیم که عصر آنتروپوسن، که بیشتر با بحران‌های اکولوژیکی و تغییرات اقلیمی شناخته می‌شود، در جهت انقراض گونه ما جریان دارد. با گسترش همه‌گیری COVID، بحران زیست‌محیطی هم بسیار حادتر شده است. بنابراین، تفکر آموزشی آینده باید آنچه را که زیست-هنر درصدد نمایش و برجسته‌سازی آن است جدی بگیرد. بسیاری هستند که تمرکز هنری‌شان را به‌طور خاص بر ویروس‌ها، از جمله ابولا، ایدز، و زیکا، متمرکز کرده‌اند و کارشان را هم «هنر میکروب» (https://www.virology.ws/art/) می‌نامند. برای آینده آموزش، البته اگر اساسا قرار بر واقعیت‌یافتن چنین چیزی باشد، این امر مستلزم در هم ریختن حوزه‌های موضوعی است، البته بیشتر در قالب رابطه علم/فناوری با علوم انسانی که تاکنون به‌عنوان حوزه‌های جداگانه درنظر گرفته می‌شده‌اند. شاید بسی بیش از این، نیازمند بازاندیشی در مورد ذهنیت پسا-انسان و تعریف رابطه جدیدمان با طبیعت باشیم، یعنی تمرکززدایی از فلسفه انسان‌محوری اومانیستی، و به‌چالش کشیدن گونه‌گرایی برای ارائه درک جدیدی از هستی‌آفرینی[1] (فرآیند شدن) به جای چسبیدن به فلسفه هستی‌شناسی[2] (حالت بودن). هنر، علم و فلسفه باید به شیوه‌هایی با هم ترکیب شوند که هنر-زیستی اقلیت‌گرا (تراژنه) سعی کرده به ما نشان دهد. چرا این موضوع اینقدر مهم است؟

در حالیکه هنرآموزش در زیر خروارها موضوع اومانیستی مورد ادعای بسیاری از دولت‌های عدالت و برابری مدفون شده است، علم مشغول تولید کالاها و داروهای جدید برای حفظ اقتصاد جهانی سرمایه‌داری است؛ و البته اخیراً کارش به تولید و فروش مواد افیونی بسیار قوی، مانند فنتانیل، هم کشیده است که به‌راحتی و با تضمین تحویل ایمن آن در هر نقطه از جهان، ازطریق اینترنت قابل دسترس است. در مدارس ما صحبت کمی از تصویرسازی آینده می‌شود؛ همان آینده‌ای که رابطه متفاوتی با زمین خواهد داشت و استفاده متفاوتی از فناوری‌های پیشرفته خواهد کرد. همه‌گیری COVID زنگ بیدارباشی است در برابر عادت دیرینه انسان به رویکرد «همین که هست[3]». نگرانی‌های عمده‌ای در مورد نظارت و هویت وجود دارد زیرا سیستم های تشخیص چهره می‌توانند هر بدن متحرکی را ردیابی کنند. ترس این است که این بیماری همه‌گیر فقط منجر به تقویت این‌گونه سیستم‌های ردیابی شود تا اصطلاحاً «زامبی‌ها» را شناسایی کنند. در صحبت از زیست-هنر، مسئله هویت یک موضوع حیاتی است. چه کسی مالک DNA شماست؟ چه کسی حق دارد بدن بیولوژیک شما را ردیابی کند؟ هدر دیویی هاگبورگ ، زیست-هنرمند اهل شیکاگو، قادر است چهره‌ها را تنها بر اساس نمونه‌های جزئی DNA که از آدامس و ته‌سیگار خالص می‌کند، پرینت سه-بعدی کند. همان‌طور که آزمایش خودِ هدر دیویی هاگبورگ[4] به‌اثبات رسانده، ماسک‌های تولیدی او کاملا شبیه فرد واقعی

1. ontogenesis
2. ontology
3. Business as usual
4. Heather Dewey-Hagborg

است. از قضا، مانند بسیاری از تکنیک‌های زیست–هنری، هدر دیویی هاگبورگ نوعی اسپری را برای پنهان‌کردن DNA فرد به بازار عرضه کرده است. البته که چنین حقه‌هایی کار می‌کنند، اما تقریبا غیرعملی و تا حدودی «بی‌فایده» هستند، بی‌شباهت به بافت‌های فناورانه تولید شده توسط TC&A، خرگوش فلوئورسنت سبز کاک، و «کبوتر طلایی[1]» Revital Cohen و Tuur van Balen (۲۰۱۰) که در واقع کبوتری با باکتری‌های روده‌ای دست‌ورزی شده ژنتیکی است که کبوترها فقط صابون دفع می‌کنند (شکل ۶)، یا حتی بهتر از آن قطعه اجرایی ۷۵ واتی ساخت این دو هنرمند (۲۰۱۳) که در آن یک کالای بی‌فایده در خط مونتاژ تولید می‌شود[2]! این آزمایش‌ها برای طرح مسائل اخلاقی و سیاسی است و برای صنعت سرمایه‌داری مفید واقع نمی‌شود.

وقتی صحبت از آنتروپوسن به‌میان می‌آید، «اندیشیدن در باب آخرالزمان» تا حد زیادی ذهن را معطوف ابزاری‌کردن طبیعت می‌کند؛ شاید زیست–تقلیدگرایی[3] را بتوان حوزه‌ای دانست که سریع‌ترین رشد را تجربه می‌کند، جایی که در آن گونه‌ها با یک وظیفه کاری مشخص در یک محیط اکولوژیکی مشخص و یک پایان مشخص، مهندسی می‌شوند؛ مثل گیاهان دست‌ورزی شده ژنتیکی که قبلا مورد اشاره قرار گرفتند، حیوانات و گیاهان حسگر زیستی و باکتری‌های مصنوعی جدید که پلاستیک می‌خورند تا به منابع سوخت جایگزین تبدیل شوند و بتوان آن‌ها را جایگزین وابستگی جهانی به نفت کرد. چشم‌انداز آینده چیزی نیست جز کنترل کامل حیات به‌عنوان یک کالا، از جمله به‌زمین‌آوردن و سپس رهاکردن گیاه به مقصد یکی دیگر – مانند فیلم ویران‌شهری[4] WALL-E. به‌نظر می‌رسد در نزدیک‌شدن به موفقیت در فناوری‌هایی مثل نانو، زیست‌شناسی مصنوعی، فناوری همسانه‌سازی، تلقیح آزمایشگاهی، مهندسی زمین (یا به‌عبارتی مهندسی اقلیم)، مهندسی شناختی (بچه‌های باهوش‌تر)، و مهندسی عصبی که گاهی به نئیوژنیک[5] تعبیر می‌شود، تصویربرداری مغز و بازسازی کل بدن (مثل بزرگ‌کردن سینه، لیفت ران و باسن، بزرگ‌کردن آلت تناسلی، عمل تراجنسیتی و غیره) بیشتر برای تضمین‌بخشیدن به آینده و کنترل بر ماده زنده است تا بتوان زندگی [انسانها] را به‌انحصار کشید.

این‌ها دیدگاه‌های افراطی از فرا–انسان‌گرایی در یک نظم جهانی پسا–انسانی است که در آن هدف نهایی تولید یک بدن سایبرنتیک دست‌ورزی‌شده است. طبیعی است که چنین دیدگاهی به استیلای دوقلوی ترسناک خبط–زیستی[6] و قتل–زیستی[7] بیانجامد. تاکنون شرکت‌های زیادی برای ثبت اختراع بیش از ۱۰۰،۰۰۰ ژن یا بخش‌هایی از ژن‌ها درخواست داده‌اند. زیست‌فناوری‌ها، بزرگ–داروسازی‌ها و جراحی‌های ترمیمی همگی به سمت جلوه‌گری آئین انسان‌محوری بشر و ایجاد انحصار گونه‌ای برای آنچه که انسان تلقی می‌شود، هدایت می‌شوند. بروز یک چنین طرز فکر مهندسی نسبت به طبیعت است که زیست–هنرمندان را وامی‌دارد تا با اتخاذ سبکی پوچ‌گرایانه، کنایه‌آمیز، تلنگرآمیز و کمپی به مقابله با آن بپردازند و امیدوار باشند تا تماشاگر–شرکت‌کننده‌ها با «زندگی» به گونه‌ای مواجه شوند که حداقل یک تردید در تفکر آنها رخ دهد.



شکل ۶. «کبوتر طلایی» پروژه‌ای است که در آن Tuur van Balen به بررسی اثرات اخلاقی، سیاسی، عملی و زیبایی‌شناختی دست‌ورزی‌های زیستی می‌پردازد. او می‌خواهد از زیست‌فناوری برای دست‌ورزی کبوترهای وحشی شهری استفاده کند تا فضولات آن‌ها به صابون تبدیل شود و در نتیجه بجای آلودگی شهرها، به پاک‌سازی آن کمک کند. در تئوری، van Balen می‌تواند متابولیسم این پرندگان را با خوراندن باکتری‌های مهندسی شده خاص که برای این پرندگان کاملاً بی‌ضرر هستند (مثل انسان‌هایی که یک کاسه ماست می‌خورند) دست‌ورزی کند. هم‌زمان، van Balen فضاهای معماری مدرن یا

۵. «کبوتر طلایی» پروژه ای است که در آن ون بالن به بررسی اثرات اخلاقی، سیاسی، عملی و زیبایی شناختی دستکاری بیولوژیکی می پردازد. او می‌خواهد از بیوتکنولوژی برای دستکاری کبوترهای وحشی شهری استفاده کند که بسیاری آن را یک مزاحم بزرگ می‌دانند تا فضولات آن‌ها به صابون تبدیل شود و در نتیجه به پاکسازی شهر کمک کند تا آلودگی آن. در تئوری، ون بالن می‌تواند متابولیسم این پرندگان را با خوردن باکتری‌های طراحی‌شده خاص که برای این پرندگان کاملاً بی‌ضرر هستند (مثل انسان‌هایی که یک کاسه ماست می‌خورند) دستکاری کند. در همان زمان، ون بالن مجسمه‌های معماری اصلاح‌شده را نیز طراحی می‌کند – بخوانید: کبوترخانه‌های مدرن – که در آن کبوترها را می‌توان گرفت و به آنها غذا داد (مترجم. برگرفته از: https://www.kuleuven.be/english/committees/contemporary-art/projects-and-acquisitions/tuur-van-balen-and-pigeon-d-or-2011-revital-cohen).

۲. برای اطلاعات بیشتر مراجعه شود به: https://www.wikiart.org/en/revital-cohen-tuur-van-balen/watt2013-

3. Biomimesis
4. distopian

۵. استفاده از دست‌ورزی ژنتیکی برای بهبود کیفیت‌های ارثی انسان (مترجم. برگرفته از: https://en.wiktionary.org/wiki/neo-eugenics).

6. Bio-Error
7. Bio-Terror

به‌عبارتی، کبوترخانه‌های مدرن را نیز طراحی کرده است که در آن می‌توان به کبوترها غذا داد. عکس توسط مترجم به متن افزوده شده است (برگرفته از https://www.kuleuven.be/english/committees/contemporary-art/projects-and-acquisitions/tuur-van-balen-and-revital-cohen-pigeon-d-or2011-).

زیست–هنر هرگونه تمایز قائل‌شدن میان رشته‌های مختلف را که هنوز هم در مدارس و دانشگاه‌ها دنبال می‌شود برهم می‌زند؛ هرآنچه که معتقد است هنر از علم، از هنرهای زبانی، از ریاضیات، از موسیقی و ... جداست. زیست–هنر دارای پتانسیل بررسی آینده‌های احتمالی است – به‌ویژه آنچه که مورد ادعای حوزه‌های فنی–علمی است یا آنچه که تحت عنوان ملاحظات و نگرانی‌های اخلاقی–سیاسی ابراز می‌شود. زیست–هنر نشان می‌دهد که زندگی رها و لاقید است. چنین درکی از زندگی، نوعی حیات‌گرایی منفعل و غیرقابل‌کنترل است که در آن جهش و عدم–قطعیت رخ می‌دهد. چنین موضعی در تضاد با حیات‌گرایی فعال است که از درک غالب هیلومورفیک[1] ماده که از زمان ارسطو توسعه یافته است، پیروی می‌کند. هیلومورفیسم دیدگاهی است که انسان بر ماده تحمیل می‌کند؛ که ماده منفعل است، قادر به پاسخ نیست، فقط شکل می‌گیرد. به‌طور خلاصه، حیات‌گرایی فعال ماده از این باور پشتیبانی می‌کند که فناوری می‌تواند ماده را کنترل کند–بدون «گریز» افراطی حیات در هر جهتی که بخواهد– شکلی را بر آن تحمیل کند. یک فیلم جالب که این پارادوکس را نشان می‌دهد، «زندگی» دانیل اسپینوزا (۲۰۱۷) است، یک فیلم علمی–تخیلی ترسناک که در آن دانشمندان شکل جدیدی از زندگی را کشف می‌کنند و فکر می‌کنند که می‌توان آن را رام کرد. اما اینجا هم، مانند بسیاری از فیلم‌های ویران‌شهری، همه چیز خراب می‌شود!

فلسفه زیستی

در این مقاله، من از بحث پیرامون ضرورت تغییر نگاه فلسفی، لازمه رسیدن به ادراکی که می‌تواند آموزش را از ذهنیت ابزاری انسانی و تکنیکی آن خارج کند، اجتناب ورزیدم. یوجین تاکر[2] (۲۰۰۸) که در حال حاضر استاد مدرسه جدید در شهر نیویورک است، به‌خوبی به تمایز میان فلسفه زیست‌شناسی[3] و فلسفه زیستی[4] پرداخته است. فلسفه زیستی، همان فلسفه زندگی نیست که با ماهیت‌ها – مانند ساختار کد ژنتیکی و ویژگی‌های آن – سر و کار دارد که به نوعی نظریه بازنمایش زندگی محسوب می‌شود. بلکه، فلسفه زیستی بر چیزی تمرکز دارد که زندگی را دگرگون می‌کند – تمرکز بر چندگانگی روابط است – شبکه‌ای از روابط که موجودات زنده را به بیرون از خود می‌برد، نموداری که در مقابل ویژگی‌های درونی یک شکل از زندگی، بیرونی به حساب می‌آید.

فلسفه زیست‌شناسی در دوگانگی بین طبیعت و فرهنگ یا انسان و غیرانسان یا انسانی و ناانسان (هوش مصنوعی، ربات‌های زیستی) گرفتار شده است. اینجاست که فلسفه زیستی می‌کوشد تا بر این دوگانگی غلبه کند، آن هم با تمرکززدایی از عاملیت موضوع انسان؛ این در واقع نوعی هستی‌شناسی و اخلاق غیرانسان‌محور است که انسان را تنها به‌عنوان یکی از موجودیت‌های درگیر در روابط متکثر با دیگر موجودیت‌های انسانی، غیرانسانی و ناانسانی (هوش مصنوعی) درنظر می‌گیرد. تکثر رابطه‌ای لزوما همان معنای «بسیاری روابط» (مانند یک و چند) را نمی‌دهد بلکه به‌معنای روابط ترکیبی است – یک مقدار تکثیرشونده که تغییر می‌کند. ژیل دلوز[5] این را «منطق پیوندی و + و + و[6]» می‌نامد. این یک روایت پویا و عاملی از ماده است و در رد انحصارگرایی انسانی (یعنی قراردادن انسان‌ها در جایگاه ممتاز و متمایز جهانی که می‌گوید «ما و فقط برای گونه ما»).

تاکر از فلسفه‌های ژیل دلوز، فلیکس گاتاری[7] و ژیلبر سیموندون[8] استفاده می‌کند. نظریه‌های آن‌ها زمینه‌ساز پیشرفت‌های زیست–هنر است. من این بحث را با بیان این نکته به‌پایان می‌برم که فعالیت پژوهش هنری (مثل a/r/tography، که بر بخش بزرگی از هنرآموزش مسلط است بیش از حد تحت تأثیر شیوه‌های اصلی پسا–انسان‌گرایی مبتنی بر «جهان–برای–ما» قرار گرفته است؛ که

۱. هیلومورفیسم (از یونانی hylē، «ماده» و morphē، «صورت») در فلسفه، آموزه اصلی فلسفه طبیعت ارسطو بوده است و بیانگر نوعی دیدگاه متافیزیکی است که طبق آن، هر جسم طبیعی از دو اصل ذاتی تشکیل شده است، یکی بالقوه، یعنی ماده اولیه، و یکی بالفعل، یعنی فرم جوهری. ماده اولیه آن چیزی است که از چیز دیگری مشتق نشده و تمام اجسام دیگر هم از آن تشکیل شده‌اند؛ این مواد در نگاه ارسطو عبارتند از چهار عنصر خاک، آب، هوا و آتش. عناصر اولیه به نوعی با عناصر فیزیک مدرن مطابقت دارند تا آنجا که می‌توانند وجود یا فعالیت مستقلی داشته باشند و بنابراین می‌توانند مستقیماً از طریق آزمایش شناخته شوند. از سوی دیگر، فرم جوهری، ظاهر و هیبتی است که به موجب آن یک جسم همان چیزی می‌شود که به ادراک می‌رسد. با این حال، ماده و صورت، به‌خودی خود موجودات فیزیکی نیستند که بتوانند مستقلاً وجود داشته باشند یا عمل کنند: آنها فقط در قالب یک ترکیب و به‌وسیله ترکیب وجود دارند و عمل می‌کنند. بنابراین، آنها را می‌توان تنها به‌طور غیرمستقیم، با تحلیل فکری، به‌عنوان اصول متافیزیکی اجسام شناخت (مترجم. برگرفته از: https://www.britannica.com/topic/hylomorphism).

2. Eugene Thacker
3. Philosophy of biology
4. Biophilosophy
5. Gilles Deleuze
6. Logic of the and + and + and
7. Félix Guattari
8. Gilbert Simondon

از انسان‌محوری و گونه‌گرایی – به‌عنوان دو تحول گرچه مرتبط اما نامترادف– حمایت می‌کند. انسان‌محوری بر سلطه انسان تمرکز می‌کند، همان‌طور که در عبارت «آفرینش» کاک موجود است. گونه‌گرایی اشاره به طرد همه کسانی دارد که به یک گونه تعلق ندارند. می‌توانید «انسان» را جایگزین «گونه» کنید تا بار معنایی آن را درک کنید، زیرا بسیاری از آن‌ها از نظر تاریخی از انسان بودن محروم شده‌اند (برده‌ها، زنان، آنان که سرزمین‌هایشان مستعمره شده و غیره). با توجه به بروز وضعیت بحران اکولوژیکی در عصر آنتروپوسن، برخی آن را «شرایط پسازیست شناختی» زمین جدید می‌نامند، که عبارت است از همگرایی فناوری نانو، فناوری زیستی، فناوری اطلاعات و علوم شناختی[1] (NBIC) (Ćirković,2018; Dick,2008). این بینش به چه میزان توسط اصلاحات ترا–انسانی قبضه شده است؟ ضروری به‌نظر می‌رسد که هنرمندان و هنرآموزگاران به آنچه زیست–هنرمندان انجام می‌دهند، توجه نشان دهند و این آگاهی را قوت بخشند که همه «زندگی» قابل کنترل نیست و اگر می‌خواهیم در آینده از انقراض جلوگیری کنیم، باید متفاوت زندگی کنیم.

مباحث این نوشتار بیشتر بر زیست‌شناسی مصنوعی متمرکز گردید که در تلاش است تا «موجود جاندار» را به‌عنوان ساختاری کربنی فرض کند که می‌توان آن را «به‌فناوری‌کشید». زیست–تقلیدگری چنین مسیری است که در آن نم–افزار بیوشیمیایی موجودات طبیعی منتزع شده، از طریق فناوری به اشکال مختلف بیوسنتزی تبدیل می‌شود. من می‌بینم که این تفسیر با به انقیاد کشیدن موجودات غیرانسانی در حال وقوع است. در سوی دیگر این لوح، هنرمندان و مهندسانی هستند که بیشتر مشغول تصویرسازی‌های فناورانه مبتنی بر هوش مصنوعی، به‌عنوان موجودیت‌های سیلیکونی هستند؛ یعنی جایی که هنر توسط روباتیک و الگوریتم‌هایی که به آن عملکرد می‌بخشد، تولید می‌شود. یک مثال خوب در اینجا نقاشی‌های رباتیک لئونل مورا[2] است. این پیشرفت خود را بیشتر به قلمرو ترا–انسانی گسترش می‌دهد و اشکال جدیدی از زندگی متحرک را خلق می‌کند. در حالی که تقسیماتی مانند نرم–افزار، نم–افزار، خشک–افزار و سخت–افزار شاید راهکار پخته و کاملی برای طبقه‌بندی اشکال مختلف شبیه‌سازی‌های متحرک در حال زایش نباشد، اما ترکیب‌های احتمالی آن‌ها بی‌پایان به‌نظر می‌رسند (مانند رادیوی باکتریایی جو دیویس[3]).



خرگوش فلوئورسنت با پروتئین بیان شده سبزرنگ

1. nanotechnology, biotechnology, information technology, and cognitive science (NBIC)
2. Leonel Moura
3. Joe Davis' Bacterial Radio

منابع

Catts, O., & Zurr, I. (2007). Semi-living art. In E. Kac (Ed.), Signs of life: Bio art and beyond (pp. 248–231). Cambridge, MA and London, England: MIT Press.

Causey, M. (2001). Stealing from God: The crisis of creation in Societas Raffaello Sanzio's Genesis and Eduardo Kac's Genesis. Theatre Research International, 26(2): 199-208.

Causey, M. (2002, March). The ethics and anxiety of being with monsters and machines: Thinking through the transgenic art of Eduardo Kac. Crossings: eJournal of Art and Technology, 1(2). Available: http://crossings.tcd.ie/issues/2.1/Causey/.

Ćirković, M. M. (2018). Post-postbiological evolution? Futures, 35–28 ,99.Dardot, P., & Laval, C. (2019). Common: On revolution in the 21st century. London: Bloomsbury Academic.

Dick, S. (2008). The postbiological universe. Acta Astronautica, 69(8-9): 499-504.

Fasick, F. A. (1994). On the 'invention' of adolescence. The Journal of Early Adolescence, 14(1): 6-23.

Ginsberg, D. A. C., Schyfter, J., Schyfter, P., Efick, A., & Endy, D. (2014). Synthetic aesthetics: Investigating synthetic biology's designs on nature. London, England and Cambridge, MA: The MIT Press.

Guattari, F. (2009). Postmodern deadlock and post-media transition. In C. Wiener & E. Wittman (Trans.), Soft subversions: Texts and interviews 1977–1985 (pp. 291–300). Los Angeles, CA: Semiotext(e).

Hayles, K. N. (2012). Digital media and contemporary technogenesis. Chicago: University of Chicago Press.

Hauser, J. (2017). Art between synthetic biology and biohacking: Searching for media adequacy in the epistemological turn. In L. Aceti, P. Thomas, & E. Colless (Eds.), Leonardo Electronic Almanac: Cloud and Molecular Aesthetics, 22(1): 128-136.

Hendersen, L. D. (2013). The fourth dimension and non-Euclidean geometry in modern art (Revised edition). Cambridge, MA: MIT Press.

Jeremijenko, N. (2007). OneTree. In E. Kac (Ed.), Signs of life: Bio art and beyond (pp. 301–302). Cambridge, MA and London: MIT Press.

Jeremijenko, N. (2009, September 17). Amphibious architecture. Available at: http://www.sentientcity.net/exhibit/?p=5.

Jeremijenko, N. (2010). Natalie Jeremijenko: The art of the eco-mindshift. TedTalk. Available at: https://www.ted.com/talks/natalie_jeremijenko_the_ art_of_the_eco_mindshift/transcript?language=en.

Jeremijenko, N., & Dehlia, H. (2017). Natalie Jeremijenko's new experimen-talism. In R. Grusin (Ed.), Anthropocene feminism: Between human/non-hu-man valorization and the notion of difference (pp. 197–219). London and Minneapolis: University of Minnesota Press.

Johnson, E. R. (2017). At the limits of species being: Sensing the Anthropocene. The South Atlantic Quarterly, 116(2): 275-292.

Kac, E. (1998, December). Transgenic art. Leonardo Electronic Almanac, 11(6). Available: https://test.leoalmanac.org/wp-content/uploads/07/2012/LEA-v-6n11.pdf.

Kac, E. (Ed.). (2007a). Signs of life: Bio art and beyond. Cambridge, MA and London, England: MIT Press.

Kac, E. (2007b). Life transformation—Art mutation. In E. Kac (Ed.), Signs of life: Bio art and beyond (pp. 163–184). Cambridge, MA and London, England: MIT Press.

Kac, E. (2007c). Art that looks you in the eye: Hybrids, clones, mutants, synthetics, and transgenics. In E. Kac (Ed.), Signs of life: Bio art and beyond (pp. 1–28). Cambridge, MA and London, England: MIT Press.

Krauss, R. (2000). A voyage on the North Sea: Art in the age of the post-medium condition. London: Thames & Hudson.

Manovich, L. (2000). Post-media aesthetics. Available at: http://manovich.net/index.php/projects/post-media-aesthetics.

Mitchell, R. (2010). Bioart and the vitality of media. Seattle and London: University of Washington Press.

Quaranta, D. (2011, January 12). The postmedia perspective. Rhizome. Available: http://rhizome.org/editorial/2011/jan/12/the-postmedia-perspective/.

Rifkin, J. (1998). The biotech century. New York: Jeremy P. Tarcher/Putnam.Rosenfeld, H. E., & Sheridan, K. (2014). The maker movement in education. Harvard Education Review, 84(4): 495-504.

Savini, M. (2017). Transgenic art: Creativity in the era of genetic engineering. Technoetic Arts: A Journal of Speculative Research, 15(2): 163-169.

Stiegler, B. (1998). Technics and time 1: The fault of Epimetheus (G. Collins & R. Beardsworth, Trans.). Stanford: Stanford University Press.

TC&A (The Tissue Culture and Art Project). (2000). The tissue culture and art project. Available: http://www.tca.uwa.edu.au/.

TC&A (The Tissue Culture and Art Project). (2003). Disembodied cuisine. Available: http://lab.anhb.uwa.edu.au/tca/disembodied-cuisine/.

TC&A (The Tissue Culture and Art Project). (2004). Victimless leather. Available: https://www.fact.co.uk/artwork/victimless-leather-2004.

Thacker, E. (2008). Biophilosophy for the 21st century. In M. Kroker & A. Kroker (Eds.), Critical digital studies: A reader (pp. 132–142). Toronto: University of Toronto Press.

Toews, J. E. (1987). Intellectual history after the linguistic turn: The auton-omy of meaning and the irreducibility of experience. The American Historical Review, 92(4): 879-907.

Weibel, P. (2012, March 19). The post-media condition. Mute. Available: http://www.metamute.org/editorial/lab/post-media-condition.

Weibel, P. (2015, November 2). The seeing tongue: New aspects of neo-Darwinism. Schloss—Post. Available: https://schloss-post.com/the-seeing-tongue/.

رمزگشایی سیستم ایمنی ذاتی در خفاش‌ها

وحید اکملی*
کرمانشاه، دانشگاه رازی، دانشکده علوم، گروه زیست شناسی.
v_akmali@razi.ac.ir
نامه علوم پایه شماره ۶، تابستان ۱۴۰۱

خلاصه

در سال‌های اخیر، ویروس‌های خطرناکی از جمله هاری، نیپا، هندرا، مرس، سارس۱، سارس۲، ابولا، آنفولانزا HIN_1، ماربورگ، که باعث بیماری جدی در انسان و سایر پستانداران می‌شوند، در خفاش های سالم شناسایی شده‌اند. علی رغم تنوع ویروس‌های موجود در خفاش‌ها و احتمال اینکه آنها ممکن است عفونت‌های ویروسی مداوم داشته باشند، شواهدی کمی از علائم بالینی یا آسیب شناسی بیماری در خفاش‌های آلوده آزمایشگاهی و طبیعی مشاهده شده است. همچنین گزارشی از مرگ و میر توده‌ای در میان جمعیت خفاش‌ها به علت عفونت‌های ویروسی تا کنون ارایه نشده است. ویروس‌ها عاشق خفاش‌ها هستند. این پستانداران پرنده شب فعال میزبانان برجسته‌ای هستند زیرا – درست مانند انسان‌ها – در گروه‌های بزرگ و متراکم زندگی می‌کنند، سفر هوایی آنها ویروس‌ها را بین جمعیت‌ها پخش می‌کند و طول عمر آنها باعث می‌شود که ویروس برای سال‌ها در یک حیوان باقی بماند. دیدگاه نوظهور در مورد سیستم ایمنی ذاتی خفاش دیدگاهی است که از بسیاری از جهات مشابه با سیستم ایمنی در انسان است. هرچند، شماری از تفاوت‌های خاص شناسایی شده‌اند که احتمالاً بازده عفونت‌های ویروسی را متاثر خواهند ساخت. تفاوت بزرگ این است که سیستم ایمنی قابل توجه خفاش‌ها بسیاری از ویروس‌ها را – وقتی به انسان سرایت می‌کنند – از جمله کروناویروس مسئول کووید-۱۹ را رام و تحمل می‌کنند ولی انسان‌ها در این دوئل متحمل ضررهای جبران ناپذیر می‌شوند. بنابراین، برای مقابله با سرایت ویروس‌ها از خفاش‌ها به انسان، لازم است بیولوژی تعاملات میزبان و پاتوژن در زمینه ویروس‌های خفاش را درک کنیم. در این مقاله سعی بر آن است که درک فعلی از پاسخ‌های ایمنی ذاتی ضد ویروسی در خفاش‌ها را جمع بندی و درباره توانایی آنها برای همزیستی با ویروس‌های در حال ظهور که باعث بیماری‌های جدی در انسان و سایر پستانداران می‌شوند، بحث شود. اکنون ممکن است زمان استفاده از علم برای بهره برداری از قدرت مخفی خفاش‌ها به نفع انسان باشد.

خفاش‌ها به عنوان میزبان مخزن ویروس‌هایی شناخته می‌شوند، که بسیاری از آنها برای انسان بشدت بیماری‌زا هستند. به عنوان مثال می‌توان به ویروس هاری[1]، نیپا[2]، هندرا[3]، آنفولانزا H_1N_1، سارس کرونا ویروس۱ [4]، سارس کرونا ویروس۲ [5]، مرس[6]، ماربورگ[7] و ابولا[8] (Haley., 2022؛ Amman et al., 2017؛ Banerjee et al., 2020؛ Basler., 2020) اشاره کرد. شیوع عفونت ویروس نیپا در مالزی (۱۹۹۸-۱۹۹۹) و بنگلادش (۲۰۰۱)، عفونت ویروسی هندرا در استرالیا (۱۹۹۴) و همه‌گیری سندرم تنفسی حاد شدید (سارس) در سال ۲۰۰۳ پایه و اساس تحقیقات در مورد خفاش‌ها به عنوان مخازن ویروس‌های در حال ظهور را ایجاد کرد (Li et al ,2005) . ویروس‌های بی شمار دیگری که مستقیماً مرتبط با بیماری‌های انسانی نیستند نیز در خفاش‌ها شناسایی شده‌اند (Drexler et al ,2012). علی رغم تنوع ویروس‌های موجود در خفاش‌ها و احتمال اینکه آنها ممکن است عفونت‌های ویروسی مداوم داشته باشند، شواهدی کمی از خفاش‌های آلوده آزمایشگاهی و طبیعی که به ندرت علائم بالینی یا آسیب‌شناسی بیماری را نشان داده‌اند وجود دارد. همچنین تعداد کمی از مرگ و میر توده ای در میان جمعیت خفاش‌ها گزارش شده است و گزارشی از عفونت‌های ویروسی به عنوان علت اصلی مرگ و میر خفاش‌ها تاکنون ارائه نشده است. قارچ عامل سندرم بینی سفید[9] در میان خُردخفاشان

1. Rabies
2. Nipah
3. Hendra
4. SARS-CoV1
5. SARS-CoV2
6. MERS
7. Marburg
8. EBOLA
9. White-nose syndrome (WNS)

آمریکای شمالی تنها پاتوژنی است که تاکنون در برخی از جمعیت‌های خفاش‌ها موجب مرگ و میر جمعی شده است (Blehert et al ,2009).

ویروس‌ها عاشق خفاش‌ها هستند. این پستانداران پرندهٔ شب فعال میزبانان برجسته‌ای هستند زیرا – درست مانند انسانها – در گروه‌های بزرگ و متراکم زندگی می‌کنند؛ سفر هوایی آنها ویروس‌ها را بین جمعیت‌ها پخش می‌کند و طول عمر آنها باعث می‌شود که ویروس برای سال‌ها در یک حیوان باقی بماند. در مطالعات تجربی درمورد عفونت‌ها، به نظر می‌رسد خفاش‌ها بدون نشان دادن علائم بالینی بیماری‌ها، در یک بازه زمانی کوتاه به سرعت از تکثیر ویروس جلوگیری می‌کنند. آیا خفاش‌ها از ایمنی آنتی ویروسی منحصر به فردی برخوردار هستند؟ در چندین مورد، عفونت با ویروس‌های بیماری‌زا در انسان ثابت شده است که در خفاش‌ها باعث بیماری نمی‌شود. این مورد تعاملات جدید بین خفاش‌ها و این ویروس‌ها را نشان می‌دهد و سوالی را در اذهان ایجاد می‌کند که آیا خفاش‌ها به طورکلی با ویروس‌ها به شیوه‌ای ارتباط برقرار می‌کنند که اساساً با تعاملات ویروس–انسان متفاوت است. تفاوت بزرگ این است که سیستم ایمنی قابل توجه خفاش‌ها بسیاری از ویروس‌ها را که وقتی به انسان سرایت می‌کنند، تحمل می‌کند ولی انسانها متحمل ضررهای جبران‌ناپذیر می‌شوند. به نظر می‌رسد تکامل پرواز در خفاش‌ها مجموعه‌ای منحصر به فرد از پاسخهای ایمنی ضد ویروسی را کنترل کرده است که انتشار ویروس را کنترل می‌کنند، در حالی که پاسخ‌های التهابی آسیب رسان را محدود می‌کنند. تاریخچه تکامل همراه طولانی مدت در خفاش‌ها و ویروس‌ها به احتمال زیاد منجر به برقراری حالت تعادل شده است و ویروس‌ها و میزبان آنها را قادر می‌سازد بدون ایجاد بیماری در میزبان‌های مخزن با یکدیگر همزیستی کنند. ممکن است که این مزیت تکاملی عواقب مفیدی برای میزبان برای مثال با محافظت در برابر سایر عوامل بیماری‌زا یا حتی در برابر شکارچیان (Wong et al ,2011) داشته باشد.

خفاش‌ها به‌عنوان پستانداران پرنده، دومین راسته بزرگ بعد از جوندگان‌اند. این گروه به‌خاطر داشتن قدرت پرواز و پژواک جایابی[1] دارای تنوع گسترده‌ای هستند به‌طوری‌که تاکنون بیش از ۱۴۰۰ گونه از ۲۳۰ جنس و ۲۱ خانواده شناسایی شده و اگر تاکسون‌های سنگواره به آن اضافه شود تعداد جنس در این راسته به ۲۵۰ عدد می‌رسد (Wilson and, 2019 Mittermeier). این جانوران جهان‌شمول (Cosmopolitan) بوده، تنها در کلاهک قطبی و بعضی از جزایر دورافتاده اقیانوسی یافت نمی‌شوند. اگرچه خفاش‌ها زیاگان (funa) متداول مناطق معتدل هستند ولی بیش‌ترین تعداد گونه و بالاترین تنوع در شکل و عملکرد آن‌ها در مناطق گرمسیری مشاهده می‌شود (Altringham, 1996). خفاش‌ها به طور سنتی به دو زیرراسته اصلی کلان‌خفاش‌ها[2] و خُردخفاش‌ها[3] تقسیم می‌شوند. کلان‌خفاش‌ها دارای تنها یک خانواده (Pteropodidae) «روباه‌های پرنده[4]» شامل ۱۹۲ گونه خفاش میوه‌خوار دنیای قدیم‌اند (Wilson and, 2019 Mittermeier). روباه‌های پرنده تنها در مناطق گرمسیری آسیا، استرالیا و آفریقا یافت می‌شوند (Neuweiler ,2000). زیرراسته خُردخفاش‌ها شامل ۱۷ خانواده، ۱۶۰جنس و بیش از۹۰۰ گونه‌اند که پراکنشی جهان شمول دارند. اخیراً بر اساس شواهد ریختی، مولکولی و فسیلی، خفاش‌ها در دو زیرراسته Yinpterochiroptera (شامل کلان خفاش‌ها و چند خانواده از خُردخفاش‌ها) و Yangochiroptera (شامل تمام خانواده‌های خرد خفاش باقی مانده) قرار می‌گیرند که بیش از ۵۰ میلیون سال پیش از هم جدا شده‌اند (Wilson and Mittermeier,2019). گونه‌های مختلف خفاش‌ها دارای تنوع فوق العاده‌ای در اندازه، ریخت شناسی، مدل‌های اکولوژیکی، رژیم‌های غذایی و تعاملات اجتماعی نشان می‌دهند. با توجه به تعداد زیاد گونه‌ها و تنوع تکاملی آنها، مطالعات انجام شده بر روی یک خفاش ممکن است نماینده همه گونه‌ها نباشد. هرچند، مطالعات اخیر تنوع فزاینده‌ای از ویروس‌های مشترک انسان و دام را در خفاش‌ها کشف کرده است (Banerjee et al, 2022؛ Akmali, 2022).

خفاش‌ها دارای ویژگی‌های متعددی هستند که آنها را در بین پستانداران منحصر به فرد می‌کند. خفاش‌ها از آنجایی که شب فعال هستند، به دنبال سرپناهی در سازه‌های طبیعی یا دست ساز انسان مانند ساختمان‌ها، پل‌ها و غیره می‌گردند، جایی که ممکن است با انسان یا دام در تماس باشند. کلنی‌های متراکم خفاش‌ها، همراه با رفتار اجتماعی قوی و عادات تغذیه‌ای آن‌ها، ممکن است انتقال ویروس‌ها بین خودشان و به انسان تسهیل کنند (Wong et al, 2007). در سطح فیزیولوژیکی، خفاش‌ها دارای توانایی‌هایی هستند که آنها را از پستانداران اندازه مشابه متمایز می‌کند. سرعت متابولیسم آنها تقریباً سه برابر بیشتر از پستانداران با اندازه مشابه است. توانایی آن‌ها برای کنترل متابولیسم در طول پرواز نیز فوق‌العاده است، به‌طوری‌که نرخ متابولیسم آنها در طول پرواز تقریباً ۳۵ برابر در مقایسه با نرخ متابولیسم پایه افزایش می‌یابد. در نتیجه، انرژی مورد نیاز آنها نیز در

1. Echolocation
2. Megachiroptera
3. Microchiroptera
4. Flying fox

طول پرواز به ۱۲۰۰ کالری در ساعت می‌رسد (Irving,2021 et al). به طور مشابه، ضربان قلب از ۱۰ تا بیش از ۱۰۰۰ در دقیقه متغیر است (Thomas, 1972). پاسخ‌های ایمنی در این جانوران ممکن است به دلیل دمای پایین بدن و سرعت متابولیسم آهسته سرکوب شود که منجر به تاخیر در پاکسازی بار ویروسی می‌شود. همچنین، طول عمر خفاش‌ها حدود ۴۰ سال است که از همه گونه‌های پستانداران هم اندازه بیشتر است. طول عمر طولانی آنها نشان می‌دهد که باید توانایی بسیار خوبی برای تحمل بیماری داشته باشند، که در درجه اول به سیستم ایمنی بستگی دارد (Han et al ,2015). در مجموع، این سازگاری‌ها ممکن است توانایی خفاش‌ها را برای کاهش، اما نه حذف بار ویروسی در طول عفونت توجیه کند. با توجه به این توانایی‌های منحصر به فرد، خفاش‌ها مخزن ویروس‌های مختلفی هستند. این نشان می‌دهد که خفاش‌ها با مجموعه‌ای واضح از مشخصات ایمنی ساخته شده‌اند که پاسخ ایمنی قوی را در میزبان در برابر این ویروس‌ها ممکن می‌سازد. رویدادهای سرریز باعث می‌شوند که ویروس‌ها همان طور که در SARS-CoV2 مشاهده شد به میزبان‌های جدید منتقل شوند. همچنین انتظار می‌رود که به زودی اتفاقات مشابهی رخ دهد و باعث همه گیری بعدی شود. بنابراین، مهم است که بدانیم خفاش چگونه از ویروس‌ها یا پاتوژن ویروسی تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد؟ مهمتر از آن، خفاش‌ها همان طور که در افراد مبتلا به کووید-۱۹ مشاهده شد، تولید بیش از حد سیتوکاین‌ها را نشان نمی‌دهند، که نشان دهنده مکانیسم منحصر به فردی است که تعداد ویروس‌ها و آسیب شناسی را تنظیم می‌کند (Kacprzyk et., 2017; Breed et al., 2011 .(Patel et al., 2022; O›Shea et al., 2015 al

همه‌ی ویروس‌ها انواعی از پاسخ‌های ایمنی را القا می‌کنند، اما لزوما با این واکنش‌های دفاعی میزبان، از بین نمی‌روند. در واقع ویروس‌ها، ایمونولوژیست‌های نابغه‌ای هستند که در طول دوره تکامل، استراتژی‌های موفقی را توسعه داده‌اند و این استراتژی‌ها به آن‌ها کمک می‌کند تا از دفاع ایمنی میزبان فرار کنند و سیستم ایمنی میزبان خود را دستکاری کنند. پیش از این، بی‌اثری برخی از واکنش‌های دفاعی به این تصور غلط منجر شده بود که میزبان‌ها هیچ مصونیتی نسبت به ویروس‌ها ایجاد نمی‌کنند. در حال حاضر، تشخیص داده شده است که بسیاری از مکانیسم‌های موثر میزبان، ویروس‌ها را به طور مؤثر می‌کشند یا حداقل گسترش آن‌ها را محدود می‌کنند. با این حال، ویروس‌های «موفق» که به خوبی با میزبان‌های خود سازگار شده‌اند و مکانیسم‌های گریز[1] کارآمدی دارند، از آن‌ها برای خنثی کردن پاسخ‌های ایمنی استفاده می‌کنند که اغلب منجر به سکونت آنها در میزبان می‌شود. اگر نقص‌هایی در سیستم ایمنی بدن این تعادل را مختل کند، برخی از عوامل بیماری‌زا که به طور معمول بی‌ضرر هستند می‌توانند بدون هیچگونه مانع تکثیری، منجر به بیماری شدید یا حتی مرگ شوند («عفونت‌های فرصت طلب[2]») (Lucius et al, 2017).

میزبان‌ها بسته به نوع محرک‌های مختلف پاتوژنی، سلول‌ها یا اندام‌های تحت تأثیر، مدت زمان عفونت و سایر عوامل، پاسخ‌های ایمنی بسیار متفاوتی را در برابر ویروس‌های مختلف اعمال می‌کنند. حتی در صورت آلوده شدن به یک نوع ویروس، پاسخ‌های ایمنی مختلفی می‌تواند ایجاد شود، زیرا هر مرحله از آلودگی ممکن است واکنش‌های خاصی را تحریک کند یا می‌تواند محفظه‌های مجزایی از نظر ایمنی را در میزبان ایجاد کند. سیستم ایمنی میزبان شامل دو سیستم تشخیص متمایز است: ایمنی ذاتی و سازشی. ایمنی ذاتی شامل سد فیزیکی بدن، سیستم مکمل (کمپلمان)[3]، حفاظت ذاتی سلولی و سلول‌های پاسخ ایمنی ذاتی است که بلافاصله بعد از عفونت فعال می‌شوند. مصونیت سازشی به واکنش‌های خاص پاتوژن اطلاق می‌شود که به طور کلی پس از پاسخ‌های ذاتی ایجاد می‌شوند. لنفوسیت‌های B و T، با تولید آنتی بادی‌ها و ایمنی سلول‌های T نقش اصلی را در ایمنی سازشی دارند.

علی رغم اینکه مطالعه ایمنی شناسی خفاش‌ها هنوز در مراحل اولیه است، تلاش‌ها در سال‌های اخیر برای درک بهتر پاسخ‌های ایمنی خفاش‌ها، ویژگی‌های ژنتیکی خفاش‌ها و رفتار خفاش‌ها به طور قابل توجهی افزایش یافته است. در اینجا به تخصص یافتگی‌های خفاش‌ها در مواجهه با ویروس‌ها و پاسخ ایمنی ذاتی می‌پردازیم.

تخصص‌های ایمونولوژیک ذاتی خفاش‌ها

برخی از جنبه‌های مهم سیستم ایمنی خفاش‌ها را می‌توان بر حسب اجزای ذاتی و سازشی درک کرد که از نظر سلول‌های درگیر و استراتژی‌های پاسخ متفاوت عمل می‌کنند. برخی از پاسخ‌های ضد التهابی منحصربه‌فرد در خفاش‌ها ممکن است محرک‌های پیش‌التهابی را خنثی کنند، که ممکن است طول عمر و تحمل عفونت‌های ویروسی را فراهم کند. این توانایی‌های خفاش‌ها برای جلوگیری از فعال‌سازی بیش از حد پاسخ‌های ایمنی خود ممکن است به پتانسیل تحمل ویروسی آن‌ها نیز کمک کند که در زیر به آنها پرداخته می‌شود.

سیستم ایمنی ذاتی، طبیعی یا غیراختصاصی به عنوان اولین خط دفاعی در برابر عفونت‌های ویروسی عمل می‌کند. اجزای

1. Evasion mechanisms
2. Opportunistic infections
3. complement system

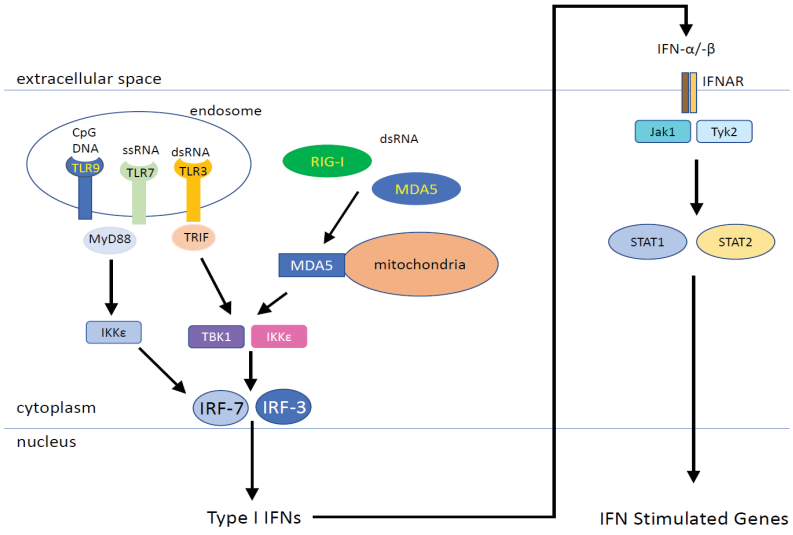
پاسخ ایمنی ذاتی شامل دفاع فیزیکی (پوست، مخاط، فلور روده و غیره)، مولکولی (سیتوکاین‌ها، کموکاین‌ها) و دفاع سلولی غیر اختصاصی (ماکروفاژها، نوتروفیل‌ها) است. ایمنی ذاتی برای حمله به ارگانیسم مهاجم، نیازی به مواجهه قبلی و/یا حافظه ایمونولوژیکی ندارد. با نفوذ میکروب به میزبان، آبشارهای غیراختصاصی از کموکاین‌ها، سیتوکاین‌ها و مولکول‌های پیام‌رسان برای خنثی کردن و حذف میکروب از میزبان تحریک می‌شوند. پاسخ‌های ایمنی ذاتی شامل عوامل ترشح شده‌ای مانند اینترفرون‌ها (IFNs) می‌باشند که برنامه‌های رونویسی را فعال می‌کنند که به بیان پروتئین‌های ضدویروسی، سایر پاسخ‌های سیتوکاین و اجزای سلولی مصونیت ضد ویروس منجر می‌شود (Majzoub et al., 2019 Guidotti and Chisari., 2001; Rivera et al., 2016) . طیف گسترده‌ای از سلول‌ها، از جمله سلول‌های اپیتلیوم، اندوتلیا، استروما و سلول‌های سیستم ایمنی، اینترفرون‌ها را در پاسخ به عفونت‌های ویروسی، باکتری‌ها، انگل‌ها، التهاب و سرطان بیان می‌کنند. این بیان بعدی اینترفرون باعث ایجاد طیف متنوعی از عملکردها و پاسخ های بیولوژیکی، از جمله تکثیر و تمایز سلولی، التهاب، کموتاکسی، فعال شدن سلول‌های ایمنی (سلول‌های کشنده طبیعی و ماکروفاژها) و آپوپتوز می‌شود (Haley, 2022).

اجزای ویروسی مانند RNA ویروسی، DNA، یا محصولات میانی، که به عنوان الگوهای مولکولی مرتبط با پاتوژن (PAMP) نامیده می‌شوند، با گیرنده‌های تشخیص الگو (PRRs) از جمله گیرنده‌های شبه ناقوسی[1](TLR)، گیرنده‌های شبه گره[2] (NLRs)، گیرنده‌های شبه غایب در ملانوما۲[3](ALRs)، گیرنده‌های شبه ژن القایی با رتینوئیک اسید[4] (RLRs) و پروتئین مرتبط با تمایز ملانوما۵ یا (MDA5)[5]، گیرنده‌های لکتین نوع C (CLRs)[6] و GMP حلقوی (گوانوزین مونوفسفات) – AMP (آدنوزین مونوفسفات) سنتاز (cGAS) و محرک ژن‌های اینترفرون[7] (STING) مسیرهای سیگنال دهی، که نقش مهمی در دفاع میزبان و تولید پاسخ ایمنی پیش التهابی (سیتوکاین، کموکاین‌ها، گونه‌های فعال اکسیژن و نیتروژن (ROS و RNS) و تولید اینترفرون نوع ۱ دارند با سلول‌های میزبان در تعامل هستند اینترفرون‌های نوع I را به دنبال سایر سایتوکاین‌های پیش التهابی در سلول‌های میزبان القا می‌کنند. سلول‌های عفونی و ایمنی اینترفرون‌های نوع I به گیرنده سطح سلولی اینترفرون آلفا متصل می‌شوند و انتقال سیگنال را آغاز می‌کنند که منجر به فعال شدن و رونویسی مسیر JAKSTAT در سلول‌ها می‌شود. متعاقباً، صدها ژن تحریک‌شده با اینترفرون (ISG) القا می‌شوند و دفاع ضد ویروسی خودگردان سلولی را هدایت می‌کنند که از تکثیر ویروس جلوگیری می‌کند. عفونت‌های ویروسی پایدار در برخی گونه‌ها تفاوت‌های گونه‌ای اینترفرون از جمله تعداد ژن‌ها و نوع اینترفرون‌ها شناسایی شده است (Haley, 2022, Kumar, 2021).

خفاش‌ها دارای اینترفرون‌های فعال سازنده (constitutive active IFNs) هستند.

برهمکنش هر میزبان با عوامل عفونی، طیف وسیعی از پاسخ‌های ایمونولوژیک، از جمله پاسخ ذاتی را ایجاد می‌کند که اجزای اصلی آن شامل موانع مورفولوژیکی، تشریحی، فیزیولوژیکی و انواع مختلف لوکوسیت‌ها و سیتوکاین‌ها است که در اولین فرصت عفونت را حس کرده و به آن پاسخ می‌دهند. اینترفرون‌ها (IFN) توسط سلول‌های آلوده به ویروس میزبان تولید و ترشح می‌شوند که منجر به سرکوب انتشار ویروس در داخل میزبان می‌شود. اصطلاح اینترفرون به سه مجموعه سیتوکاین با فعالیت ضد ویروسی اشاره دارد، نوع I، نوع II و نوع III. اینترفرون‌های نوع I توسط بیشتر انواع سلولی در پاسخ به عفونت ویروسی تولید می‌شوند و به یک گیرنده مشترک، گیرنده آلفای اینترفرون (IFNAR) متصل می‌شوند. نوع دو اینترفرون به IFNγ اشاره می‌کند، یک سیتوکاین اساساً تولید شده توسط سلول‌های کشنده طبیعی و لنفوسیت‌های T است. نوع سه اینترفرون، که همچنین به عنوان IFN-λs شناخته می‌شوند، تأثیرات اصلی خود را بر سلول‌های اپیتلیال دارند. نوع یک سیستم اینترفرون نقش اساسی را در مصونیت ذاتی ضد ویروسی بازی می‌کند (Negishi et al,2009). تعداد ژن‌های اینترفرون نوع I در بین گونه‌های پستاندار فرق دارد، که رویدادهای واضح تکثیر ژن را آشکار می‌سازد، اما همه آنها mRNAهای بدون اینترون تولید می‌کنند. نوع یک اینترفرون‌ها در انسان‌ها به ۱۴ نوع IFN-α و یک نوع از هریک از IFN-ω، IFN-κ، IFN-β و IFN-ε (Capobianchi et al, 2015) طبقه‌بندی می‌شود. بیان اینترفرون‌های نوع I به شدت تنظیم می‌شود و در شرایط پایه، بیان کمی در اکثر انواع سلول‌ها تشخیص داده می‌شود. پس از مواجهه با محرک‌های خاص، مانند عفونت ویروسی، گیرنده‌های تشخیص الگو، آبشارهای سیگنالی را آغاز می‌کنند که منجر به فعال شدن عوامل رونویسی می‌شود که بیان ژن اینترفرون نوع I را تحریک می‌کنند. (Negishi et al ,2018) (شکل ۱).

1. Toll-like receptors
2. Nod-like receptors
3. Absent in melanoma2- (AIM2)-like receptors (ALRs)
4. Retinoic acid-inducible gene1- (RIG1-)-like receptors
5. Melanoma differentiation-associated protein 5
6. C-type lectin receptors
7. Stimulator of interferon genes



شکل ۱: مسیرهای مربوط به اینترفرون نوع **I** در سلول های خفاش.

در بیشتر انواع سلول‌ها در انسان یا موش، IFN-β نوع اولیه‌ی اینترفرون نوع یک است که در ابتدا به خاطر فعال‌سازی PRRهای مربوطه تولید می‌شود. اینترفرون نوع یک از سلول‌های تولیدکننده ترشح می‌شود و به گیرنده‌ی اینترفرون آلفا (IFNAR) متصل می‌شود که به صورت دو زیر واحد IFNAR1 و IFNAR2 شکل می‌گیرد. درگیری اینترفرون‌های نوع یک با IFNAR باعث ایجاد یک آبشار سیگنالینگ Jak-STAT می‌شود که در آن Janus kinase (Jak) مرتبط با IFNAR از خانواده‌ی تیروزین کینازهای Jak1 و Tyk2 عوامل رونویسی، مبدل سیگنال و فعال کننده رونویسی STAT1 و STAT2 را فسفریله می‌کنند و این باعث شکل‌گیری هترودایمرهای فسفریله تیروزین STAT2–STAT1 می‌شود که به سرعت در هسته تجمع می‌یابند.STAT2–STAT1 بعداً با عامل ۹ تنظیم کننده‌ی اینترفرون ارتباط برقرار می‌کنند و یک کمپلکس از عامل رونویسی به نام ISGF3 را ایجاد می‌کنند. ISGF3 عناصر پاسخی تحریک شده‌ی اینترفرون (ISREs) موجود در پروموتورهای ژن‌های تحریک شده‌ی اینترفرون (ISGs) را به کار می‌گیرند و رونویسی آن‌ها را فعال می‌سازند. از جمله ISGها عامل رونویسی، عامل تنظیم‌کننده اینترفرون۷ (IRF7) است. این عامل می‌تواند توسط فسفوریلاسیون سرین در نتیجه‌ی فعال‌سازی PRR فعال شود. وقتی‌که فعال شود، IRF–7 باعث بیان ژن‌های چندگانه IFN-α می‌شود. بنابراین، اگرچه پاسخ اولیه اینترفرون ممکن است در ابتدا به IFN-β محدود شود، اما تحریک پایدار این سیستم باعث ایجاد یک حلقه‌ی پس‌خوردی مثبت و قوی می شود که اینترفرون نوع یک را از طریق تولید IFN-α بیشتر و بیشتر فعال می‌سازد. تولید اینترفرون نوع یک القا شده توسط ویروس از طریق فعال‌سازی PRRها، از جمله گیرنده‌های شبه (RIG-I RLRs)؛ حسگرهای سیتوپلاسمی DNA مثل پروتئین‌های cGAS و STING؛ و انتخاب گیرنده‌های شبه ناقوسی (TLR) رخ می‌دهد (بووی و اونترهولزنر ،۲۰۰۸؛ نگیشی و همکاران، ۲۰۱۸).

تفاوت‌های کمی و کیفی ویژه خفاش در سیستم ایمنی ذاتی آنها منجر به شناسایی چندین ویژگی عملکردی در خفاش میوه‌خوار Pteropus alecto شده است که در سایر پستانداران یافت نمی‌شود. ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷ ژن‌های پاسخ ایمنی (IRGs) وابسته به sIFNAR2 جدید و ویژه خفاش را در P. alecto شناسایی کردند که در مسیرهای معمولاً مرتبط با سرطان غنی شده‌اند. P. alecto همچنین به نظر می‌رسد که طیف وسیع‌تری از ژن‌های القایی اینترفرون مانند SOCS1 و USP18 و تعداد زیادی از ژن‌های پاسخ ایمنی (IRGs) به اصطلاح ناشناخته تولید می‌کند. نواحی ژنی مرتبط با نوع MHC-I، IFN I و MHC-II در خفاش‌ها در مقایسه با ناحیه مربوطه از سایر پستانداران، به استثنای چند مورد، متراکم شده است. به عنوان مثال، در حالی که منبع اینترفرون نوع I در P.alecto انقباضی است، در Myotis، Pteropus vampyrus و Rousettus aegypticus lucifugus در حال گسترش و انبساطی است. در سلول‌های انسانی، سیگنال دهی اینترفرون از طریق گیرنده‌های IFN a/B یعنی IFNAR1 و IFNAR2، عمل می‌کند اما در سلول‌های P. alecto فقط از طریق IFNAR2 صورت می‌گیرد. یکی از جنبه‌های پاسخ‌های ایمنی ذاتی خفاش‌ها که توجه زیادی را به خود جلب کرده است، بیان سازنده اینترفرون و ISGs است. ژن‌های IFN-α، همراه با ISGهای مرتبط، مانند عامل تنظیم‌کننده IFN7 (IRF7)، به‌طور اساسی در بافت‌ها و سلول‌های تحریک‌نشده از خفاش‌های M. lucifugus، P. vampyrus، P. alecto،

و Artibeus Jamaicensis بیان می‌شوند. بیان سازنده اینترفرون، آسیب ناشی از التهاب به بافت‌ها را با جلوگیری، اما نه از بین بردن عفونت ویروسی، محدود می‌کند. تفسیر دیگر برای بیان سازنده اینترفرون این است که بیان سطح بالای مداوم اینترفرون در خفاش‌ها امکان فعال سازی سریع و قوی آن را با نگه داشتن سیستم «شتاب گرفته (revved-up)» یا «همیشه روشن» می‌دهد. بنابراین بیان سازنده اینترفرون اجازه می‌دهد خفاش‌ها سریع‌تر به عفونت میکروبی پاسخ دهند و دفاع مستمر خط مقدم در برابر عفونت را فراهم کنند (Rivera et al ;Beltz., 2017; Kepler et al., 2017; Zhou et al).

با این حال، بیان سازنده ژن‌های اینترفرون منحصر به خفاش‌ها نیست و در خوک و در سطح پایین، در انسان و موش شناسایی شده است. پیشنهاد شده است که حتی بیان ساختاری ضعیف IFN-α/β در موش به معنای آغازگرسازی سلول‌ها است که سپس به شروع پاسخ‌های قوی به IFN-γ و IL6 و تقویت القای IFN نوع ۱ و به دنبال آن به تولید قوی و کارآمدتر IFN-α/β در پاسخ به عفونت ویروسی کمک می‌کند. همه خفاش‌ها بیان سازنده IFN-α ندارند زیرا در R. aegyptiacus، P. vampyrus و M. lucifugus وجود ندارد. این عدم بیان سازنده IFN-α در سلول‌های اولیه از این گونه‌های خفاش نشان می‌دهد که تفاوت‌های بین گونه‌ای نیز در خفاش‌ها وجود دارد و سطوح بالای پایه IFN-α ممکن است ویژگی همه خفاش‌ها نباشد. علاوه بر این، از آنجایی که همه این گونه‌های خفاش، صرف‌نظر از بیان سازنده اینترفرون، مخزن ویروس‌های مختلف با حدت بالا برای انسان هستند، چنین تفاوت‌هایی در گونه‌های داخل یک راسته نشان می‌دهد که ممکن است مکانیسم‌های دیگری وجود داشته باشد که قادر به حفظ یا سرکوب آسیب‌شناسی ناشی از ویروس در داخل یک میزبان مخزن باشد، یا آن که بیان سازنده اینترفرون تنها نقش محدودی در تداوم عفونت‌های ویروسی ایفا می‌کند (Haley, 2022).

خفاش‌هایی مانند M. lucifugus و P. vampyrus دارای ORF_{61} برای اینترفرون‌های نوع I هستند که بیشتر به زیر گروه هایی از جمله IFN-ω، IFN-k، IFN-β، IFN-α و IFN-δ تقسیم شده‌اند (جدول ۱). مطالعات نشان می‌دهد که عفونت سلول‌های کلیه با ویروس هندرا و Palau (PaKiT03) در P. alecto نمی‌تواند بیان IFNα را القا کند، که نشان می‌دهد سطح پایه IFNα در سلول‌های خفاش بالاست. چنین پدیده‌ای در گونه‌های دیگر مشاهده نمی‌شود، که نشان دهنده پاسخ ایمنی منحصربه‌فرد خفاش‌ها به ویروس‌هایی است که امکان همزیستی آن‌ها با ویروس‌ها را فراهم می‌کند (Zhou et al ,2016). مطالعه دیگری نشان داد که IFN-Y در P. alecto حفظ شده است و شباهت عملکردی با سایر پستانداران را نشان می‌دهد (Beltz, 2017). یکی دیگر از عوامل تعیین کننده پاسخ ایمنی وابسته به IFN به ویروس‌ها، عامل تنظیم کننده اینترفرون ۷ (IRF7) است که یک تنظیم کننده اصلی در نظر گرفته می‌شود (Zhou et al ,2015).

IRF۷ در بسیاری از سلول‌ها، از جمله سلول‌های ایمنی خفاش‌ها (Zhou et al, 2016) توزیع می‌شود، با این فرض که توزیع گسترده‌تر IRF۷ با فعال کردن اینترفرون، پاسخ ضد ویروسی را تسهیل می‌کند.

جدول ۱. تعداد ژن های IFN شناسایی شده در انسان، موش و چهار گونه خفاش

	IFN- α	IFN-β	IFN- δ	IFN-ϵ	IFN-κ	IFN-ω
Human	۱۳	۱	۰	۱	۱	۱
Mouse	۱۴	۱	۰	۱	۱	۰
R. aegyptiacus	۱۲	۱	۹	۱	۱	۲۲
P. alecto	۳	۱	۰	۱	۰	۵
P. vampyrus	۷	۱	۱۴	۱	۱	۲۸
M. lucifugous	۲	۱	۱۹	۲	۲	۲۵

کروناویروس‌ها در خفاش‌ها به دستگاه گوارش محدود می‌شوند، در حالی که این ویروس‌ها به مجاری تنفسی انسان و دیگران حمله می‌کنند (Forni et al, 2017). به همین دلیل، کروناویروس‌ها ممکن است نتوانند پاسخ‌های ایمنی گسترده‌ای را در خفاش‌ها تحریک کنند. علاوه بر این، پروموتر TNFα خفاش قهوه‌ای بزرگ (Eptesicus fuscus) دارای دو محل اتصال NFkB است، در حالی که همتای انسانی یک مکان دیگر دارد که ممکن است باعث فعالیت پروموتر TNFα پایین شود (Banerjee et al, 2017). در مجموع، اینترفرون‌های فعال ساختاری چشم انداز منحصر به فردی را برای سیستم

ایمنی بدن خفاش فراهم می‌کنند

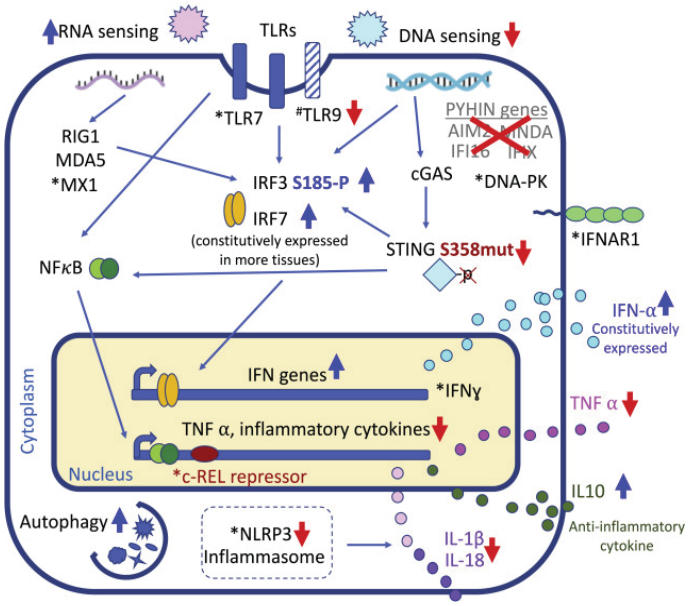
گیرنده‌های شبه ناقوسی (Toll-like receptors (TLRs در خفاش‌ها تمایلات پیوند لیگاند را تغییر داده‌اند.

پس از عفونت با ویروس‌های RNA، گیرنده‌های تشخیص الگو[1] (PRRs) سلول میزبان، الگوهای مولکولی مرتبط با بیماری‌زا[2] (PAMPS) را تشخیص می‌دهند. انواع متعددی از گیرنده‌های تشخیص الگو مشاهده شده است، از جمله خانواده گیرنده شبه ناقوسی (TLR) که مسیرهای اینترفرون را فعال می‌کند. گیرنده‌های شبه ناقوس درون سلولی می‌توانند چندین لیگاند از جمله RNA دو رشته‌ای و RNA تک رشته‌ای را شناسایی کنند. این گیرنده‌ها در چندین اندامک درون سلولی قرار دارند و PAMPها را تشخیص می‌دهند. متعاقباً، پس از فعال‌سازی، گیرنده‌های شبه ناقوسی سیگنال‌ها را با دامنه گیرنده 1-Toll/interleukin (TIR) خود انتقال می‌دهند. بیان بالای گیرنده شبه ناقوسی سه (TLR3) در کبد خفاش به جای سلول‌های دندریتیک یک قابل توجه است و گیرنده شبه ناقوسی سیزده (TLR13) را می‌توان یک گیرنده‌های شبه ناقوسی حساس به ویروس در نظر گرفت. همچنین، تعداد و مکان تکرارهای غنی از لوسین در میان گونه‌های خفاش متفاوت است، که احتمالاً بر تمایلات پیوند لیگاند تأثیر می‌گذارد. در خفاش‌ها، گیرنده‌های شبه ناقوسی دارای جهش‌های منحصربه‌فردی در مکان‌های پیوندی لیگاند هستند که عملکرد و ویژگی‌های آنها را تغییر می‌دهند (Schad et al.,2016; Iha et al.,2010; Cowled et al.,2011).

کاهش مکانیسم‌های التهابی و تشخیص DNA

عفونت‌های ویروسی در پستانداران باعث واکنش‌های متعددی از جمله التهاب ناشی از حسگر التهابی و دامنه پیرین خانواده NLR سه (NLRP3)[3] می‌شود. NLRP3 عفونت‌های ناشی از باکتری‌ها یا ویروس‌ها را تشخیص می‌دهد و اشکال مختلف استرس از جمله استرس میتوکندری یا اکسیداتیو را حس می‌کنند. مطالعه‌ای نقش NLRP3 را در فعال کردن پاسخ ایمنی در هنگام عفونت با ویروس هاری و آنفلوانزا نشان داد. علاوه بر این، مطالعه مقایسه‌ای بین انسان، موش و خفاش مشخص کرد که خفاش فعالیت ضعیف NLRP3 را به دلیل کاهش ظرفیت عملکردی NLRP3 نشان می‌دهد. در نتیجه، خفاش‌ها به دلیل کاهش پاسخ التهابی، دوزهای بالای ویروسی را در داخل خود تحمل می‌کنند و آسیبی نمی‌بینند. از این رو، خفاش نسبت به این ویروس‌ها بردبار است. با این حال، پس از سرریز به دیگر گونه‌های میزبان، بیماری‌زایی را می‌توان مشاهده کرد، و آنها اغلب کشنده هستند. DNA داخل سلولی و خارجی توسط حسگرهای ایمنی که شامل اعضای خانواده ژن PYHIN است، حس می‌شود و متعاقباً پاسخ‌های ایمنی را تحریک می‌کند (Ahn et al., ۲۰۱۹; Cridland,2012 et al). این شامل پنج پروتئین AIM_2، IFI_{16}، MNDA، $PYHIN_1$ و POP_3 است (Connolly et al ,2014) . مطالعه ای که روی ده گونه مختلف خفاش انجام شد، از دست دادن کامل مکان PHYIN در همه آنها را نشان داد. در نتیجه، خفاش‌ها می‌توانند با تشخیص DNA خود از DNA آسیب دیده، فعال شدن بیش از حد التهاب را محدود کنند و در نتیجه القای اینترفرون نوع I را کاهش می‌دهند (Ahn et ,2016 al). محرک ژن‌های اینترفرون (STING) یک مولکول تثبیت شده است که در پاسخ التهابی دخیل است . محرک ژن‌های اینترفرون یک پروتئین غشایی مقیم شبکه اندوپلاسمی با دامنه C ترمینال سیتوزولی (CTD) است (Burdette et,2013 al). محرک ژن‌های اینترفرون همچنین پاسخی به لیگاندهای اسید هسته‌ای، از جمله dsDNA را تحریک می‌کند. پس از تعامل با MAVS و STING ،RIG-I به عنوان یک اثر ضد ویروسی بالقوه با تولید IFNهای نوع I بدون تأثیر بر مسیر TLR عمل می‌کند. ترجمه RNAهای ویروسی و DNAهای فرم B ممکن است توسط محرک ژن‌های اینترفرون شناسایی شود و سپس ایمنی ضد ویروسی از طریق TBK_1 القا می‌شود. یک جایگزینی اسید آمینه (سرین در S۵۳۸) در پروتئین STING خفاش‌ها گزارش شده است و مطالعات نشان می‌دهد که این جهش ممکن است فعال سازی IFN وابسته به STING را کاهش دهد (Mandi et al,2018). این می‌تواند پاتوژن‌های ویروسی را احتمالاً با محدود کردن رونویسی آن، مستقل از حس ایمنی ویروسی و القای IFN مهار کند. RIG-I که یک حسگر موتیف‌های dsRNA ویروسی است، بیان IFNهای نوع I را القا می‌کند. SARS- CoV یک پروتئاز را رمزگذاری می‌کند که از طریق دیوبیکوئیتین کردن RIG-I و پروتئین‌های دیگر، فعال شدن IRF_3 را مهار می‌کند. پروتئین M همچنین با RIG-I برای جلوگیری از القای IFN تعامل دارد (شکل ۲). 1-Bat RIG مکانیسم‌های سنجش را تغییر داده است. در مجموع، از دست دادن خانواده ژن PYHIN به طور قابل ملاحظه‌ای مکانیسم سنجش DNA را کاهش می‌دهد، که سازگاری را برای به حداقل رساندن بیان بیش از حد پاسخ‌های ایمنی مانند التهاب فراهم می‌کند (Cooke et al., 2013; Gorbunova et al., 2020).

1. Pattern recognition receptors
2. Pathogen-associated molecular patterns
3. NLR family pyrin domain with 3



شکل ۲: پاسخ ایمنی ذاتی، DNA سیتوپلاسمی و RNA خارجی را حس می‌کند و با تنظیم مثبت ژن‌های اینترفرون و تولید TNFa و سایر سیتوکاین‌های التهابی پاسخ می‌دهد. گونه‌های خفاش تحت سازگاری‌های تکاملی قرار گرفته و به موجب آن حس کردن DNA سیتوپلاسمی از طریق از دست دادن ژن‌های PYHIN و یک جهش مکان تنظیمی در STING کاهش می‌یابد. این منجر به کاهش بیان TNFa و سایر سایتوکاین‌های التهابی می‌شود، در حالی که سیتوکاین‌های ضدالتهابی مانند IL-10 تنظیم می‌شوند. علاوه بر این، فعال شدن التهاب $NLRP_3$ در خفاش‌ها کاهش می یابد و منجر به کاهش تولید IL-1b و IL-18 می‌شود. چندین جنبه از سنجش (RNA sensing RNA) در خفاش‌ها افزایش می‌یابد. خفاش ها همچنین IFN-a را بیان می‌کنند، بیان ژن‌های اینترفرون را افزایش می‌دهند و اتوفاژی فعال‌تری دارند. روی هم رفته، این سازگاری‌ها به خفاش‌ها اجازه می‌دهد تا ویروس‌ها را تحمل کنند و در عین حال پاسخ التهابی را کنترل کنند. فرآیندهای تقویت شده در خفاش‌ها با فلش‌های آبی رو به بالا مشخص می‌شوند، در حالی که فرآیندهای تعدیل شده در خفاش‌ها با فلش‌های قرمز رو به پایین مشخص می‌شوند. *ژن‌های تحت انتخاب مثبت در خفاش‌ها. #ژن‌های تحت انتخاب خالص در خفاش‌ها (Gorbunova et al, 2020).

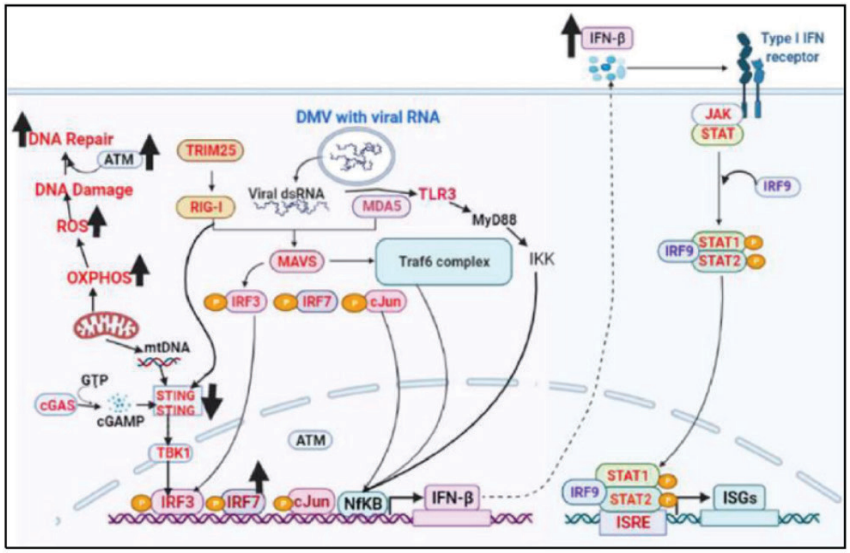
نقش منحصر به فرد ژن‌های IRF و Bat Mx

عوامل تنظیم کننده اینترفرون (IRFs) به عنوان یک تعدیل کننده مهم پاسخ‌های ضد ویروسی و اینترفرون‌های سیتوکاین مانند و سایرین شناخته شده‌اند. در پستانداران، سلول‌ها از طریق رونویسی ژن‌های اینترفرون زودتر به عفونت‌های ویروسی پاسخ می‌دهند. پس از آن، اینترفرون پروتئین‌هایی از جمله IRF7 را از طریق فسفوریلاسیون القا می کند و باعث فعال شدن آن می‌شود که متعاقبا باعث ایجاد اینترفرون‌های تاخیری می شود. اینترفرون‌ها پس از سنتز شدن در سلول‌های آلوده به ویروس، به گیرنده‌های آنها متصل می‌شوند و بیان ژن هدف را القا می‌کنند که منجر به پاسخ‌های ضد ویروسی سلول‌ها می‌شود. در پستانداران، IRF7 به عنوان یک تنظیم کننده اصلی اینترفرون‌ها و بخشی از مکانیسم دفاعی ذاتی در نظر گرفته می‌شود (Zhou et al ,2014). این ترجیحاً در سلول‌های لنفاوی بیان شده است. با این حال، به طور گسترده در بافت خفاش‌ها توزیع شده است، و ممکن است در فعال کردن سریع پاسخ اینترفرون در این بافت‌ها در مقایسه با سایر پستانداران مفید باشد و همچنین دلیلی برای همزیستی ویروس‌ها با خفاش‌ها بدون هیچ گونه علائم بالینی بیماری باشد (Zhou et al., 2014; Nonkwelo et al., 1997 ; Zhang et al., 1997).

پروتئین‌های مقاوم به میکسوویروس[1] (Mx) در اکثر مهره‌داران یافت می‌شوند و با فعالیت ضد ویروسی ارتباط دارند. آن‌ها با شناسایی نوکلئوپروتئین‌ها یا پروتئین‌های نوکلئوکپسید، RNA رشته منفی و سایر ویروس‌ها را مهار می‌کنند. بیان ژن‌های Mx توسط اینترفرون‌های نوع I و نوع III کنترل می‌شود. چندین شواهد دال بر تکامل مشترک بین ویروس‌ها و پروتئین‌های Mx با فعالیت‌های ضد ویروسی وجود دارد. یک مطالعه نشان داده است که Mx1 خفاش می‌تواند به طور موثر چندین ویروس را مهار کند. حدس زده شده است که پروتئین‌های Mx ناشی از اینترفرون در خفاش‌ها یک عامل ضد ویروسی است که همراه با ویروس‌های منتقل شده از

1. Myxovirus resistance

خفاش نقش مهمی در محدود کردن پاسخ‌های ویروسی با سرکوب فعالیت پلیمراز ویروسی ایفا می‌کند. به طور کلی، مکانیسم دفاعی ذاتی یک خفاش، که در بالا توضیح داده شد، در شکل‌های ۲ و ۳ خلاصه شده است. بر اساس مطالعات به خوبی تثبیت شده، دانشمندان پاسخ ایمنی ذاتی خفاش‌ها در برابر ویروس‌ها را مشخص کرده‌اند. یکی از اجزای اصلی پاسخ ذاتی خفاش‌ها توسط بیان بیش از حد فسفوریلاسیون اکسیداتیو (OXPHOS)، که گونه ها یا رادیکال‌های فعال اکسیژن[1] (ROS) یا واکنش پذیر تولید می‌کند، تحریک می‌شود. ROS برای سلول‌ها بسیار مضر است زیرا باعث آسیب اکسیداتیو DNA می‌شود. با این حال، STING مرطوب شده در خفاش‌ها DNA آسیب دیده را کاهش می‌دهد و منجر به سرکوب مسیرهای التهابی می‌شود که به پاسخ‌های ایمنی ضعیفتر یا تحمل بیشتر در برابر ویروس‌ها کمک می‌کند. مهمتر از آن، این آسیب با بیان بیش از حد پروتئین‌های دخیل در نقطه بازرسی DNA آسیب دیده، همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، متعادل می‌شود (Fuchs.,2017; Zhang et al., 2013; Subudhi et al., 2019; Munster et al., 2016; Periasamy et al., 2019 et al).



شکل ۳: مدل پیشنهادی پاسخ ایمنی ذاتی خفاش در برابر ویروس‌ها: ROS تولید شده توسط بیان بیش از حد OXPHOS منجر به آسیب اکسیداتیو DNA می‌شود، که با بیان بیش از حد پروتئین‌های ایست بازرسی DNA آسیب دیده، مانند ATM، در خفاش‌ها متعادل می‌شود. PRRهای میزبان مختلفی مانند RIG-I TLR و غیره دارد. شناسایی اسیدهای نوکلئیک ویروسی محرک ژن‌های اینترفرون (STING) با سیگنالینگ ضد ویروسی میتوکندری (MAVS) و RIG-I تعامل می‌کند. با تولید IFNهای نوع I بدون تأثیر بر TLR، پاسخ ایمنی قابل توجهی در برابر ویروس‌ها اعمال می‌کند. TLR3 عوامل تنظیم کننده اینترفرون ۷ (IRF7) را از طریق مولکول آداپتور TRIF فعال می‌کند، که با کیناز ۱ (TBK1) که یک مهارکننده عامل هسته‌ای-kB کیناز (IKK) و IRF7 است، کمپلکسی را تشکیل می‌دهد. قبل از جابجایی هسته‌ای و القای IFNهای نوع I یا نوع IRF7، III فسفریله شده یک همودایمر یا یک هترودایمر با IRF3 تشکیل می‌دهد. اعضای خانواده JAK، (JAK) Janus Kinase-1 و تیروزین پروتئین کیناز ۲ (TYK2) دو مبدل سیگنال و فعال کننده پروتئین رونویسی (STAT(STAT-1 و STAT-2 را فسفریله می‌کنند. آنها یک هترودایمر را تشکیل می‌دهند که IRF-9 را برای تشکیل مجموعه ژن تحریک شده با IFN عامل ۳ (ISGF-3) که در داخل هسته حرکت می‌کند و با عناصر پاسخ تحریک شده با IFN (ISRE) در تعامل است، استخدام می‌کند. ISRE در پروموتر ژن‌های تحریک شده IFN (ISG) مشاهده شده است. علاوه بر این، IRF7 یک تنظیم کننده اصلی است و به طور اساسی در خفاش‌ها بیش از حد بیان می‌شود. فلش‌های رو به بالا و پایین نشان دهنده تنظیم بالا و پایین مولکول‌ها در خفاش‌ها است. سنسورها و واسطه‌های مختلف به صورت بیضی نشان داده شده‌اند (Patel et al.,2022).

اسیدهای نوکلئیک ویروسی توسط کلاس‌های مختلف گیرنده‌های تشخیص الگوی میزبان (PRRs)، از جمله گیرنده‌های RIG-I مانند (RLRs)، TLRها، GMPAMP سنتاز حلقوی (cGAS) و غیره شناسایی می‌شوند. RIG-I و پروتئین مرتبط با تمایز ملانوم ۵ (MDA_5) که RNA ویروسی را تشخیص می‌دهند، با RIG-I که dsRNA کوتاه را تشخیص می‌دهد و MDA_5، که dsRNA طولانی را تشخیص می‌دهد و بیان اینترفرون‌های نوع IFNs (I) را القا می‌کند، گیرنده‌های تشخیص الگوی سیتوزولی هستند. گیرنده‌های شبه ناقوسی درون سلولی می‌توانند RNA و DNA را تشخیص دهند و از طریق مسیر اینترفرون بتا (TRIF) القاکننده آداپتور حاوی دامنه TIR، سیگنال دهی پایین دست را القا کنند. این مولکول‌ها سیگنال‌های متعددی را فعال می‌کنند که منجر به تنظیم مثبت اینترفرون‌ها می‌شود (Patel et al ،2022).

1. reactive oxygen species

به طور کلی برخی از مکانیسم‌های مولکولی که ممکن است به افزایش تحمل به عفونت ویروسی در خفاش‌ها کمک کنند، که اکثر آنها آسیب التهابی ناشی از ویروس را به بافت‌های میزبان کاهش می‌دهند شامل موارد زیر است:

• ژو و همکاران، ۲۰۱۴ نشان دادند که IRF_7 خفاش یک RNA دو رشته‌ای القایی است و دارای یک الگوی بیان بافت منحصر به فرد و گسترده در بافت‌های مرتبط با ایمنی و غیرایمنی است که ممکن است باعث فعال شدن سریعتر پاسخ IFN در طیف وسیع‌تری از بافت خفاش‌ها در مقایسه با سایر پستانداران شود (Zhou et al ,2014).

• رونوشت‌های ISG بیان شده در سلول‌های خفاش .P alecto تیمار شده با IFN-a به سرعت در مقایسه با انسان‌ها به سطوح بالاتری افزایش می‌یابد که با کاهش سریع متعاقب آن همراه است. این واکنش‌ها ممکن است با کنترل سریعتر و تهاجمی‌تر تکثیر ویروس و کاهش آسیب سلولی ثانویه مطابقت داشته باشد. سطوح رونوشت ISG بالا در سلول‌های انسانی تحت درمان با IFN، اگرچه قدری پایین‌تر است، برای مدت طولانی‌تری بالا باقی می‌ماند. این مشخصات التهابی کمتر ISGها ممکن است کلیدی برای توانایی خفاش‌ها برای تحمل بیان بالاتر IFN بدون عواقب نامطلوب باشد (2017 Zhang., 2017; Baker et al., 2018; Kuzmin et al., et al).

• ISGهای خفاش مرتبط با $U\text{-}ISGF_3$ غنی شده‌اند و منجر به مقاومت گسترده در برابر عفونت ویروسی و جلوگیری از آسیب DNA می‌شوند. ISGهایی که عوامل ضد ویروسی درون سلولی به خوبی مشخص می شوند عبارت اند از BST–2 (ترین) که در کاهش تکثیر HIV، ابولا، ماربورگ و Mx_1 گزارش شده است. بنابراین، ISGها ممکن است یک مکانیسم دفاعی اضافی (switched-on) ارائه دهند که تکثیر ویروس در خفاش‌ها را کند کند (Zhou et al., 2016).

• پستانداران دارای ISGهایی هستند که برای همه گونه‌ها مشترک است. جالب توجه است که سطح رونویسی پایه IFهای نوع I و ISGهای ضد ویروسی و همچنین گسترش IS ها در هر دو خرد خفاش‌ها (M. lucifugus) و کلان خفاش‌ها (P. vampyrus) در مقایسه با سایر پستانداران بیشتر است. این با مشاهده فعالیت سازنده IFNها و ISها در خفاش‌ها که ممکن است یک مزیت انتخابی به میزبان بدهد در یک خط است. پروفایل‌های ISG خفاش با زیرمجموعه‌ای مشخص می‌شود که با پاسخ‌های التهابی حاد در گونه‌های دیگر مرتبط نیست. اینها شامل یک زیرمجموعه جدید مخصوص خفاش از ISGS القایی IFN، ریبونوکلئاز L (RNaseL) است که با RNaseL موجود در انسان متفاوت است (De La,2018 Kuzmin, 2017, Zhou et al ,2016 ,Cruz-Rivera et al .(et al

• اعضای خانواده PYHIN که حسگرهای DNA هستند که خود DNA خارجی و آسیب دیده تولید شده توسط عفونت ویروسی RNA را تشخیص می‌دهند، در خفاش‌ها وجود ندارند و ممکن است مکانیسم دیگری باشد که توسط آن خفاش‌ها فعال شدن پاسخ ایمنی ذاتی را محدود کرده و آسیب بافت را کاهش می‌دهد (Ahn et al, 2016).

• Subudhi و همکاران در سال ۲۰۱۹ یک محل اتصال مولکول بازدارنده (cRel) را در ناحیه پروموتر عامل نکروز تومور آلفا (TNFa) در E. fuscus، P. alecto و M. davidii شناسایی کردند. فعال سازی محل اتصال cRel به طور فعال بیان TNFa را سرکوب می‌کند (Subudhi et al,. 2019).

• ردههای سلولی تحریک‌شده با PolyI:C با القای سطوح بالایی از سیتوکاین‌های پیش‌التهابی، TNFα و IL_8 در انسان مرتبط هستند، اما در E. fuscus نیستند، این نشان می‌دهد که برخی از خفاش‌ها ممکن است این جنبه از پاسخ ایمنی خود را در مقایسه با گونه‌های دیگر تنظیم کنند (Banerjee et al ,2016).

• تفاوت‌هایی در بیان عامل تنظیم‌کننده اینترفرون نیز برای خفاش‌ها بر اساس این یافته که توالی‌های IRF_3 خفاش از نظر تکاملی از همتایان پستاندارانشان متمایز هستند، مشاهده شده است (Banerjee et al., 2019).

• محرک ژن‌های اینترفرون (STING)، DNA آسیب دیده یا dsDNA را از ویروس‌ها تشخیص می‌دهد و سپس پاسخ اینترفرون را تحریک می‌کند. چندین گونه خفاش یک جهش در یک باقیمانده سرین بسیار حفاظت شده (جایگزینی سرین در موقعیت ۳۵۸ توسط اسیدهای آمینه دیگر) در STING دارند که عملکرد آن را کاهش می‌دهد و به کاهش التهاب کمک می‌کند (Mandl et al., 2018).

• سلول‌های ایمنی اولیه برخی از خفاش‌ها در مقایسه با سلول‌های انسان یا موش، فعال‌سازی التهابی NOD-LRR و دامنه پیرین حاوی پروتئین ۳ (NLRP3) را کاهش می‌دهند. $NLRP_3$ استرس سلولی (مانند ATP خارج سلولی، آسیب میتوکندری و DNA اکسید شده) و عفونت‌های ویروسی و باکتریایی را حس کرده و تشخیص می‌دهد. کاهش $NLRP_3$ به کاهش التهاب بافت کمک می‌کند (Haley et al ,2022).

• سازمان، ساختار، و افزایش پیچیدگی سیگنال دهی گیرنده‌های سلول NK در گونه‌های متعدد خفاش به

سازگاری‌هایی اشاره دارد که با فرضیه تحمل عفونت سازگار است. گیرنده های سلولی NK در خفاش‌ها به طور منحصر به فردی تنظیم می‌شوند. خانواده‌های ژنی (KLRC (NKG_2) و KLRD (CD۹۴) گیرنده‌های سلول‌های کشنده طبیعی در R. aegypticus گسترش یافته و متنوع شده‌اند که منجر به بیان بالای پایه ژن‌های مهارکننده KLRC می‌شود که در نتیجه به مهار سلول‌های NK و T کمک می‌کند (Pavlovich et al, 2018).

• خفاش‌ها پروتئین لکه مانند مرتبط با آپوپتوز حاوی ASC (CARD) و اینترلوکین 1- B (IL-B) را کاهش داده‌اند. القای ASC به طور معمول کاسپاز ۱ (caspase–1) را جذب و فعال می‌کند که باعث مرگ سلولی التهابی از طریق آپوپتوز و تقسیم / ترشح IL-B می‌شود. کاهش ASC باعث کاهش آپوپتوز و ترشح IL-B می‌شود (Ahn et al, 2019).

• IFN-α_3 فراوان‌ترین IFN-α موجود در بافت‌های خفاش P. alecto است و پاسخ‌های قوی ژن‌های مرتبط با ارائه آنتی‌ویروس و آنتی‌ژن از قبیل Mx1/2، OAS1–3، HLA-DRB1 و CIITA را القا می‌کند (Zhang et al, 2017).

• زیرخانواده IFN-ω، که دارای فعالیت ضد ویروسی قابل‌توجهی است، بیشترین سهم را در گسترش و تنوع لوکوس IFN نوع I در R. aegyptiacus دارد. سطح بیان بالای زیرخانواده IFN-ω در پستانداران دیگر، به استثنای خوک، مشاهده نمی‌شود (Schountz et al ,2017).

نتیجه‌گیری

با بررسی جزئیات ایمنی ذاتی در خفاش‌ها بینش‌های جدیدی در مورد روابط میزبان‌های مخزن و ویروس‌هایی که آنها را آلوده می کنند، پدیدار شده است. شواهد فزاینده‌ای از مکانیسم‌هایی وجود دارد که خفاش‌ها از طریق آن بیماری‌های عفونی ویروسی را محدود نمی‌کنند، بلکه آنها را قادر به همزیستی می‌کنند. با توجه به تاخیر یا کاهش پاسخ ایمنی در انسان، ایمونوپاتوژنز گسترده‌ای به دلیل عفونت ویروسی مشاهده شده است، اما همین ویروس در خفاش‌ها مشکلی ایجاد نمی‌کنند. بنابراین، برای مقابله با سرایت ویروس‌ها از خفاش‌ها به انسان، لازم است زیست شناسی تعاملات میزبان و پاتوژن در زمینه ویروس‌های خفاش‌ها را درک کنیم. شواهد علمی نشان می‌دهد که خفاش‌ها دارای تخصص‌های ایمونولوژیکی مختلفی هستند که به آنها امکان می‌دهد در برابر ویروس‌ها بی‌تأثیر بمانند. ویژگی‌های فیزیولوژیکی خارق‌العاده و پاسخ‌های ایمنی منحصربه‌فرد، از جمله اینترفرون‌های فعال سازنده، کاهش پاسخ التهابی، کاهش مکانیسم‌های سنجش DNA، کارآمدی فسفوریلاسیون اکسیداتیو، از دست دادن خانواده ژن PYHIN و انتخاب مثبت برای نقاط بازرسی آسیب DNA تکامل یافته‌اند. این مکانیسم‌های متعدد، برای همزیستی ویروسی در خفاش‌ها و رویدادهای سرریز مضر هستند. ترکیبی از تفاوت‌های پاسخ ایمنی ذاتی در خفاش‌ها وجود دارد که احتمالاً به توانایی خفاش‌ها برای تحمل بیان سازنده IFN-a بدون آسیب‌شناسی کمک می‌کند. عفونت‌های ویروس RNA خفاش‌ها در حالی که یک واکنش پیش‌التهابی اغراق‌آمیز را کنترل می‌کنند، پاسخ IFN قوی را القا می‌کنند، بنابراین آسیب‌شناسی ایمنی ناشی از ویروس را محدود می‌کنند. علاوه بر این، به نظر می‌رسد خفاش‌ها به سرعت تکثیر ویروسی را کنترل می‌کنند و در نتیجه دوره‌های کوتاهی از تکثیر و ریزش ویروس و تیتر آنتی‌بادی پایین ایجاد می‌شود. خفاش‌ها استراتژی‌های نامتوازن و در نهایت موفقیت آمیزی را برای تجربه زندگی طولانی‌تر و سالم‌تر ایجاد کرده‌اند، حتی اگر این یک نتیجه ثانویه از انتخاب پاسخ به عفونت‌های ویروسی و/یا دامنه چشمگیر حالات متابولیک همراه با دوره‌های پرواز و رخوت باشد. انسان‌ها در قرن گذشته سبک زندگی را ایجاد کرده‌اند که خفاش شده‌اند. ما در تراکم‌های بالا زندگی می‌کنیم و (بسیاری از ما) به طور گسترده سفر می‌کنیم و قرار گرفتن در معرض عوامل بیماری زا و انتشار آنها را افزایش می‌دهیم. با پذیرش استراتژی‌های «بتی» برای مقابله با چالش‌هایی که سبک زندگی جدید ما ارائه می‌کند، ممکن است بتوانیم بتوانیم دو چالش بزرگ پزشکی قرن بیست و یکم را حل کنیم: افزایش همه‌گیری‌های ویروسی و شیوع روزافزون بیماری‌های مزمن که همگی پیری را به عنوان بزرگ‌ترین عامل خطر مشترک خود می‌دانند.

منابع

Ahn, M., Anderson, D. E, Zhang, Q., Tan, C. W., Lim, B. L., Luko, K., et al. (2019). Dampened NLRP-3 mediated inflammation in bats and implications for a special viral reservoir host. Nature Microbiology. 789-799 4(5);. DOI: 10.1038/s41564-019-0371-3

Ahn, M., Cui, J., Irving, A. T, et al. (2016). Unique loss of the PYHIN gene family in bats amongst mammals: implications for inflammasome sensing. Scientific reports. 21722 :6. www. nature.com/scientificreports

Akmali, V. (2020) Bats, viruses, emerging diseases and humans. Iranian Journal of Biology. 192-177 :(7)4. (In Persian with an abstract in English).

Altringham, J. D., Bats from Evolution to Conservation. 2nd edn. Oxford University Press. 2011.

Amman, B. R., Swanepoel, R., Nichol, S.T., and Towner, J.S. (2017). Ecology of filoviruses. Current Topics in Microbiology and Immunology. 411: 23-61. https://doi. org/10_1007/82-2017.10.

Banerjee, A., Baker, M. L, Kulcsar, K., Misra, V., Plowright, R. and Mossman, K. (2020) Novel Insights in to Immune Systems of Bats. Frontiers in Immunology. 11:26. doi: 10.3389/fimmu.2020.00026

Banerjee, A., Falzarano, D., Rapin, N., et al. (2019). Interferon regulatory factor -۳mediated signaling limits middleeast respiratory syndrome (MERS) coronavirus propagation in cells from an insectivorous bat. Viruses. 11:152.

Banerjee, A., Miller, N. R. M., Griebel, P., et al. (2016). Generation and characterization of eptesicus fuscus (big brown bat) kidney cell lines immortalized using the Myotis polyomavirus large T-antigen. Journal of Virological Methods.

Banerjee, A., Rapin, N., Bollinger, T., Misra, V. (2017). Lack of inflammatory gene expression in bats: A unique role for a transcription repressor. Scientific Reports. 7(1): 2232. DOI: 10.1038/s-01513-017-41598w

Basler, CF., 2020, Innate Immunity in Bats, in Bats and Viruses: Current Research and Future Trends. Edited by: Eugenia Corrales-Aguilar and Martin Schwemmle). Caister Academic Press, UK. (2020) Pages: 119-134. DOI: https://doi.org/9781912530144.08/10،21775

Beltz, L. A. 2017, Bat Immunology, in: Bats and Human Health: Ebola, SARS, Rabies and Beyond. 1nd edn. John Wiley & Sons, US. (2017) Pages: 3-24.

Blehert, D. S., Hicks, A. C., Behr, M., Meteyer, C. U., et al. (2009). Bat white-nose syndrome: an emerging fungal pathogen? Science. 323(5911): 227-227. https://doi.org/10.1126/science.1163874

Bowie, A. G., and Unterholzner, L. (2008). Viral evasion and subversion of pattern-recognition receptor signalling. Nature Reviews Immunology. 8(12): 911-922. https://doi.org/10.1038/nri2436.

Breed, A. C., Breed, M. F., Meers, J., and Field, H. E. (2011). Evidence of endemic Hendra virus infection in flying-foxes (Pteropus conspicillatus)—implications for disease risk management. PLoS One.6(12), e28816. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028816

Burdette, D. L., and Vance, R. E. (2013). STING and the innate immune response to nucleic acids in the cytosol. Nature immunology. 14(1): 19-26. https://doi.org/10.1038/ni.2491

Capobianchi, M. R., Uleri, E., Caglioti, C., and Dolei, A. (2015). Type I IFN family members: similarity, differences and interaction. Cytokine & growth factor reviews. 26(2): 103-111. https://doi.org/10.1016/j. cytogfr.2014.10.011

Connolly, D. J., and Bowie, A. G. (2014). The emerging role of human PYHIN proteins in innate immunity: implications for health and disease. Biochemical pharmacology. 92(3): 405-414. https://doi.org/10.1016/j. bcp.2014.08.031

Cooke, M. S., Evans, M. D., Dizdaroglu, M., and Lunec, J. (2003). Oxidative DNA damage: mechanisms, mutation, and disease. The FASEB Journal. 17(10): 1195-1214. https://doi.org/10.1096/fj.0752-02rev

Cowled, C., Baker, M., Tachedjian, M., Zhou, P., Bulach, D., and Wang, L. F. (2011). Molecular characterisation of Toll-like receptors in the black flying fox Pteropus alecto. Developmental & Comparative Immunology. -18 35(1):7 . https://doi.org/10.1016/j.dci.2010.07.006

Cridland, J. A., Curley, E. Z., Wykes, M. N., Schroder, K., Sweet, M. J., Roberts, T. L., et al. (2012). The mammalian PYHIN gene family: phylogeny, evolution and expression. BMC evolutionary biology. 12(1): 1-17. https://doi.org/10-1186/1471-2148-12-140

Drexler, J. F., Corman, V. M., Müller, M. A., Maganga, G. D., Vallo, P., and Binger, T. (2012). Bats host major mammalian paramyxoviruses. Nature Communications. 3 :796. https://doi.org/10.1038/ncomms1796

Forni, D., Cagliani, R., Clerici, M., and Sironi, M. (2017). Molecular evolution of human coronavirus genomes. Trends in microbiology. 25(1): 35-48. https://doi.org/10.1016/j.tim.2016.09.001

Fuchs, J., Hölzer, M., Schilling, M., Patzina, C., Schoen, A., Hoenen, T., et al. (2017). Evolution and antiviral specificities of interferon-induced Mx proteins of bats against Ebola, influenza, and other RNA viruses. Journal of virology.91(15): e00361-17. https://doi.org/10.1128/jvi.00361-17

Gorbunova, V., Seluanov, A., and Kennedy, B. K. (2020). The world goes bats: living longer and tolerating viruses. Cell Metabolism. 32(1): 31-43. https://doi.org/10.1016/j.cmet.2020.06.013

Guidotti, L. G., and Chisari, F. V. (2001). Noncytolytic control of viral infections by the innate and adaptive immune response. Annual review of immunology. 19: 65-91. https://doi.org/10.1146/annurev.immunol.19.1.65

Haley, P. J. (2022). From bats to pangolins: new insights into species differences in the structure and function of the immune system. Innate Immunity. 28 (3-4): 107-121. https://doi.org/17534259221093120/10.1177

Han, H. J., Wen, H. L., Zhou, C. M., Chen, F. F., Luo, L. M., Liu, J. W., and Yu, X. J. (2015). Bats as reservoirs of severe emerging infectious diseases. Virus research. 205: 1-6, https://doi.org/10.1016/j.virusres.2015.05.006

Iha, K., Omatsu, T., Watanabe, S., Ueda, N., Taniguchi, S., Fujii, H., et al. (2010). Molecular cloning and expression analysis of bat toll-like receptors 7 ,3 and 9. Journal of Veterinary Medical Science. 72(2): 217-220. https://doi.org/10.1292/jvms.0050-09

Irving, A. T., Ahn, M., Goh, G., Anderson, D. E., and Wang, L. F. (2021). Lessons from the host defences of bats, a unique viral reservoir. Nature. 589(7842): 363-370. https://doi.org/10.1038/s0-03128-020-41586

Kacprzyk, J., Hughes, G. M., Palsson-McDermott, E. M., Quinn, S. R., Puechmaille, S. J., O›neill, L. A., and Teeling, E. C. (2017). A potent anti-inflammatory response in bat macrophages may be linked to extended longevity and viral tolerance. Acta chiropterologica. 19(2): 219-228. https://doi.org/15081109/10.3161A CC2017.19.2.001

Kepler, T. B., Sample, C., Hudak, K., Roach, J., Haines, A., Walsh, A., and Ramsburg, E. A. (2010). Chiropteran types I and II interferon genes inferred from genome sequencing traces by a statistical gene-family assembler. BMC genomics. 11(1): 1-12. https://doi.org/444-11-2164-1471/10.1186

Kumar, V., 2021, Learning from Bats to Escape from Potent or Severe Viral Infections, in SARS-CoV2- Origin and COVID19- Pandemic across the Globe. Edited by: Vijay Kumar. IntechOpen, UK. (2021) Pages: 3-23. http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.98916

Kuzmin, I. V., Schwarz, T. M., Ilinykh, P. A., et al. (2017). Innate immune responses of bat and human cells to filoviruses: commonalities and distinctions. Journal of virology. 91(8): e16-02471. https://doi.org/10.1128/ JVI.16-02471

Li, W., Shi, Z., Yu, M., Ren, W., Smith, C., Epstein, J. H., et al. (2005). Bats are natural reservoirs of SARS-like coronaviruses. Science. 310(5748):676-679. http://doi.org/10.1126/science.1118391

Lucius, R., Loos-Frank, B., Lane, R. P., Poulin, R., Roberts, C., and Grencis, R. K. The biology of parasites. 2nd edn. John Wiley & Sons, US. (2017).

Majzoub, K., Wrensch, F., and Baumert, T. F. (2019). The innate antiviral response in animals: an evolutionary perspective from flagellates to humans. Viruses. 11(8): 758-783. https://doi.org/10.3390/v11080758

Mandl, J. N., Schneider, C., Schneider, D. S., and Baker, M. L. (2018). Going to bat (s) for studies of disease tolerance. Frontiers in Immunology. 9: 2112. https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.02112

Munster, V. J., Adney, D. R., Van Doremalen, N., Brown, V. R., Miazgowicz, K. L., Milne-Price, S., et al. (2016). Replication and shedding of MERS-CoV in Jamaican fruit bats (Artibeus jamaicensis). Scientific Reports. 6(1) 1-10. https://doi.org/10.1038/srep21878

Negishi, H., Taniguchi, T., and Yanai, H. (2018). The interferon (IFN) class of cytokines and the IFN regulatory factor (IRF) transcription factor family. Cold Spring Harbor perspectives in biology. 10(11): a028423. https:// doi.org/10.1101/cshperspect.a028423

Neuweiler, G., The biology of bats. Oxford University Press, 2000.

Nonkwelo, C., Ruf, I. K., and Sample, J. (1997). Interferon-independent and-induced regulation of Epstein-Barr virus EBNA1- gene transcription in Burkitt lymphoma. Journal of virology. 71(9): 6887-6897. https:// doi.org/10.1128/jvi.71.9 6887-6897.1997

O'shea, T. J., Cryan, P. M., Cunningham, A. A., Fooks, A. R., Hayman, D. T., Luis, A. D., et al. (2014). Bat flight and zoonotic viruses. Emerging infectious diseases. 20(5): 741-745. http://doi.org/10.3201/eid2005.130539

Pamela, C., Kanchwala, M., Liang, H., Kumar, A., Wang, L. F., Xing, C., and Schoggins, J. W. (2018). The IFN zzresponse in bats displays distinctive IFN-stimulated gene expression kinetics with atypical RNASEL induction. The Journal of Immunology. 200(1): 209-217. https://doi.org/10.4049/jimmunol.1701214

Patel, K., Kumar, S., Chand, G. B., and Azad, G. K. (2022). Immunological Insights of Bat Coexistence with Viruses and beyond: A Holistic Review. Biology Insights. 2022. https://doi.org/10.55085/bi.2022.595

Pavlovich, S. S., Lovett, S. P., Koroleva, G., et al. (2018). The Egyptian rousette genome reveals unexpected features of bat antiviral immunity. Cell. 173 (5): 1098-1110. https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.03.070

Periasamy, P., Hutchinson, P. E., Chen, J., Bonne, I., Shahul Hameed, S. S., Selvam, P., et al. (2019). Studies on B cells in the fruit-eating black flying fox (Pteropus alecto). Frontiers in immunology. 10: 489. https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.00489

Rivera, A., Siracusa, M. C., Yap, G. S., and Gause, W. C. (2016). Innate cell communication kick-starts pathogen-specific immunity. Nature immunology. 17 (4): 356-363. https://doi. org/10.1038/ni.3375

Schad, J., and Voigt, C. C. (2016). Adaptive evolution of virus-sensing toll-like receptor 8 in bats. Immunogenetics. 68 (10): 783-795. https://doi.org/10.1007/s-0940-016-00251z

Schountz, T., Baker, M. L., Butler, J., and Munster, V. (2017). Immunological control of viral infections in bats and the emergence of viruses highly pathogenic to humans. Frontiers in immunology. 8: 1098. https://doi.org/10.3389/fimmu.2017.01098

Subudhi, S., Rapin, N., and Misra, V. (2019). Immune system modulation and viral persistence in bats: understanding viral spillover. Viruses. 11(2):192. https://doi.org/10.3390/v11020192

Thomas, S. P., and Suthers, R. A. (1972). The physiology and energetics of bat flight. Journal of Experimental Biology. 57(2) 317-335. https://doi.org/10.1242/jeb.57.2.317

Wang, L. F., Walker, P. J., and Poon, L. L. (2011). Mass extinctions, biodiversity and mitochondrial function: are bats 'special'as reservoirs for emerging viruses? Current opinion in virology. 1(6) 649-657: https://doi.org/10.1016/j.coviro.2011.10.013

Wilson, D. E., and Mittermeier, R. A., eds. Handbook of the Mammals of the World – Volume 9. Barcelona: Lynx Ediciones.pp. 1-1008, 2019.

Wong, S., Lau, S., Woo, P., and Yuen, K. Y. (2007). Bats as a continuing source of emerging infections in humans. Reviews in medical virology. 17(2): 67-91. https://doi.org/10.1002/rmv.520

Zhang, G., Cowled, C., Shi, Z., Huang, Z., Bishop-Lilly, K. A., Fang, X., et al. (2013). Comparative analysis of bat genomes provides insight into the evolution of flight and immunity. Science. 339(6118): 456-460 https://doi.org/10.1126/science.1230835

Zhang, L., and Pagano, J. S. (1997). IRF-7, a new interferon regulatory factor associated with Epstein-Barr virus latency. Molecular and cellular biology. 17(10) 5748-5757. https://doi.org/10.1128/mcb.17.10.5748

Zhang, Q., Zeng, L. P., Zhou, P., Irving, A. T., Li, S., Shi, Z. L., & Wang, L. F. (2017). IFNAR-2dependent gene expression profile induced by IFN-α in Pteropus alecto bat cells and impact of IFNAR2 knockout on virus infection. PloS one. 12(8): e0182866. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182866

Zhou, P., Cowled, C., Mansell, A., Monaghan, P., Green, D., Wu, L., et al. (2014). IRF7 in the Australian black flying fox, Pteropus alecto: evidence for a unique expression pattern and functional conservation. PloS one. 9(8): e103875. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103875

Zhou, P., Tachedjian, M., Wynne, J. W., et al. (2016). Contraction of the type I IFN locus and unusual constitutive expression of IFN-α in bats. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2701-2696 :(10)113. https://doi.org/10.1073/pnas.1518240113

جایگاه کانی‌های غیرفلزی و صنعتی در ایران و جهان

منصور قربانی*
دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین و رئیس انجمن زمین شناسی ایران.
مژگان صالحی یزدی
پژوهشگر، مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس آرین زمین
m-ghorbani@sbu.ac.ir
نامه علوم پایه شماره ۶، تابستان ۱۴۰۱

چکیده

ایران از نظر منابع کانی‌های غیرفلزی در جهان بااهمیت است. ایران در رده ده کشور برتر جهان در برخی از منابع کانی‌های غیرفلزی مانند فلورسپار، خاک‌های صنعتی (کائولینیت)، فلدسپات، سیلیس و سلستین قرار گرفته است. ذخایر کانی‌های غیرفلزی ایران قابل توجه است. ایران یکی از بزرگترین دارندگان ذخایر فلدسپات در جهان است. تاکنون بر اساس اکتشافات محدود انجام شده در ایران ذخایر باریت حدود ۱۳ درصد و ذخایر گارنت، فلورسپار و سلستین حدود یک درصد از کل ذخایر جهانی تعیین شده است. سهم تولیدات کانی‌های غیرفلزی ایران در مقایسه با جهان در سال‌های اخیر شامل ۲۵ درصد سلستین، ۸/۵ درصد فلدسپات، ۴ درصد کائولینیت، ۲/۶ درصد باریت، ۲/۳ درصد بنتونیت و حدود ۱ تا ۲ درصد فلورسپار، سیلیکات‌های آلومینیوم و تالک است. ایران از نظر صادرات کانی‌های غیرفلزی از جمله بنتونیت در رتبه ده، سیلیکات‌های آلومینیوم در رتبه یازده، فلدسپات در رتبه دوازده و فلورسپار در رتبه سیزده از کشورهای صادرکننده جهان قرار دارد. با توجه به میزان منابع و ذخایر کانی‌های غیرفلزی در ایران، تولیدات و صادرات آنها می‌تواند با توسعه استخراج و فرآوری افزایش یابد. از این رو ایران علاوه بر تأمین نیازهای خود می‌تواند یکی از صادرکنندگان برتر این محصولات باشد و واردات خود را از این محصولات به حداقل برساند.

کلیدواژگان: کانیهای غیر فلزی، کانیهای صنعتی، سنگهای صنعتی ایران، منابع غیر فلزی ایران، منابع غیر فلزی جهان

مقدمه

کانی‌های غیرفلزی را می‌توان به عنوان کانی‌هایی توصیف کرد که فاقد ترکیبات فلزی هستند. از نظر زمین‌شناسی این کانی‌ها اغلب در سنگ‌های رسوبی و به میزان کمتر در سنگ‌های آذرین و دگرگونی یافت می‌شوند. از نظر خصوصیات فیزیکی این کانی‌ها هادی مناسبی برای جریان الکتریسیته و گرما نیستند و به راحتی با چکش شکسته می‌شوند. کاربرد کانی‌های غیرفلزی در صنایع مختلف برای ساخت محصولات مختلف می‌باشد، از جمله صنایع سیمان، کاشی و سرامیک، شیشه و بلور، نسوز، رنگ، مصالح ساختمانی، کمک‌ذوب‌ها و کودهای شیمیایی. کانی‌های غیرفلزی در بسیاری از صنایع فلزی مانند صنایع فولاد و آلومینیوم، و نیز در اکتشاف و پالایش نفت و گاز مورد استفاده قرار می‌گیرند. این کانی‌ها پس از تولید و مصرف عموماً غیرقابل بازیافت هستند. در ادامه به فراوان‌ترین کانی‌های غیرفلزی موجود در ایران پرداخته می‌شود.

۱. فسفات

ذخایر جهانی فسفات در سال ۲۰۲۰ حدود ۷۱ میلیارد تن برآورد شده است. بیشترین میزان ذخیره مربوط به مراکش در صحرای غربی با ۵۰ میلیارد تن است. منابع جهانی فسفات ۳۰۰ میلیارد تن معرفی شده است (USGS,2021). معادن فسفات ایران نیز قابل توجه‌اند که شامل دو گونه ذخیره است. فسفات با منشأ آذرین و فسفات با منشأ رسوبی. فسفات با منشأ آذرین در ناحیه بافق (اسفوردی، گزستان و لکه سیاه) با میزان ذخیره‌ای بیش از ۲۰ میلیون تن است. مهمترین ذخایر رسوبی فسفات ایران در جدول ۱ آمده است.

---

1. Non-metallic Minerals

۲. ذخایر معدنی Mineral reserves یا Ore reserves: منبع معدنی که بهره‌برداری از آن سودآور و مقرون به صرفه است و برپایه کارهای اکتشافی میزان آن مشخص شده است.
۳. منابع معدنی Mineral resources : میزان ذخایر کشف شده و کشف نشده که در شرایط امروز اقتصادی است

جدول ۱. مهمترین ذخایر رسوبی فسفات در ایران.

ردیف	نام کانسار	موقعیت	ذخیره و عیار
۱	کوه سیاه	۱۲ کیلومتری شرق شهرستان چرام از توابع استان کهگیلویه و بویراحمد	ذخیره ۵/۱ میلیون تن با عیار متوسط ۸ درصد
۲	کوه نمک	شهرستان خورموج	عیار کمتر از ۸ درصد
۳	خورموج	پیرامون شهرستان خورموج	عیار کمتر از ۸ درصد
۴	کوه سفید	در شمال شرق استان خوزستان، شهرستان رامهرمز	-
۵	کوه لار	در حدود ۵۰ کیلومتری شمال شهرستان گچساران و در فاصله ۳ کیلومتری شهرستان چرام از توابع استان کهگیلویه و بویراحمد	ذخیره معدن ۸۱ میلیون تن فسفات رسوبی با میانگین عیار ۷ درصد
۶	کوه موندون- شیخ هابیل	در فاصله تقریبا ۲۰ کیلومتری شمال‌غرب شهر چرام در استان کهگیلویه و بویراحمد	-
۷	سعیدکندی زنجان محور زنجان- شاهین‌دژ با سن کامبرین پیشین	در فاصله ۲۵ کیلومتری جنوب غرب زنجان تا شاهین‌دژ	ذخیره قطعی ۵/۲ میلیون تن P_2O_5با عیار ۹.۵ درصد ذخایر فسفات در این افق به بیش از ۱۰ میلیون تن می‌رسد، اما فعلا در خیلی مناطق عیار اقتصادی ندارد

Source: phosphate-iran.ir

تولید جهانی فسفات در سال ۲۰۲۰ معادل ۲۲۳ میلیون تن بوده است. رتبه یک تولید فسفات، مراکش در صحرای غربی در این سال معادل ۳۷ میلیون تن بوده است. در همین سال آمریکا با ۲۴ میلیون تن و روسیه با ۱۳ میلیون تن رتبه‌های دوم و سوم تولیدات فسفات را در جهان داشته‌اند (USGS,2021). در جدول ۲ آمار ذخایر، تولید و تجارت فسفات در ایران و جهان خلاصه شده است.

جدول ۲. آمار مقایسه‌ای ذخایر، تولید و تجارت فسفات در ایران و جهان.

جهان				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
۷۱ میلیارد تن	۲۲۳ میلیون تن	۳۰۰ میلیارد تن	–	–
ایران				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
۵۰ میلیون تن	*۲۱۷۰۷۱ تن	بیش از ۱۰۰ میلیون تن	–	–

* تولید فسفات، پتاس، ید و ... در سال ۱۳۹۸ (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۹).

۲. باریت

منابع جهانی باریت حدود ۲ میلیارد تن است. ذخایر جهانی باریت در سال ۲۰۲۰ معادل ۳۹۰ میلیون تن بوده است. در ایران تاکنون انواع ذخایر کوچک، متوسط و بزرگی شناخته شده که مجموع آن‌ها به ۵۰ میلیون تن می‌رسد و منابع آن تا ۱۰۰ میلیون تن تخمین زده شده است (USGS,2021).

تولیدات جهانی باریت در سال ۲۰۲۰ معادل ۷/۵ میلیون بوده است و ایران در این سال ۲۰۰ هزارتن تولید داشته است (USGS,2021). میزان صادرات جهانی باریت در سال ۲۰۲۰ معادل ۳۵۰۲۶۴۲ تن و این میزان در ایران ۵۴۲۲۶ تن بوده است. واردات جهانی باریت در سال ۲۰۲۰ معادل ۴۶۸۰۳۹۴ تن بوده است (ITC,2022). عمده مصرف باریت جهت تولید گل حفاری در صنایع نفت است. در جدول ۳ آمار ذخایر، تولید و تجارت باریت در ایران و جهان مقایسه شده‌اند.

جدول ۳. آمار مقایسه‌ای ذخایر، تولید و تجارت باریت در ایران و جهان.

جهان				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
۳۹۰ میلیون تن	۵/۷ میلیون تن	۲ میلیارد تن	۳۵۰۲۶۴۲ تن	۴۶۸۰۳۹۴ تن
ایران				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
۵۰ میلیون تن	۲۰۰ هزارتن	۱۰۰ میلیون تن	۵۴۲۲۶ تن	۱۶ تن

۳. خاک‌های صنعتی

کانی‌های صنعتی زیادی تاکنون با عنوان خاک‌های صنعتی به‌کار گرفته شده‌اند. اساس تقسیم‌بندی خاک‌های صنعتی در کشورها بسته به کاربردشان متفاوت است، اما وجه مشترک دارند و آن این است که عمده خاک‌های صنعتی در مجموعه انواع رس‌ها قرار می‌گیرند که در شش گروه هستند: (۱) رس معمولی و شیل، (۲) بال‌کلی، (۳) خاک نسوز، (۴) بنتونیت، (۵) فولر ارث، و (۶) کائولین. در کشور ما با توجه به منابع خاک‌های صنعتی و رس‌ها و کاربری آنها توصیه می‌شود که به صورت زیر دسته‌بندی شوند:

- رس‌های کائولینیتی[1] و نسوز
- رس‌های بنتونیتی[2]
- رس‌های معمولی یا نیمه‌صنعتی
- خاک‌های رنگین

منابع جهانی و ذخایر تمامی خاک‌های صنعتی بسیار بزرگ گزارش شده است ولی داده‌های آن به صورت مخصوص برای هر کشور مشخص نیست. تولیدات خاک‌های صنعتی شامل بنتونیت، فولر ارث[3] و کائولین در کشورهای مختلف تولید می‌شود. تولیدات جهانی بنتونیت در سال ۲۰۲۱ معادل ۱۸ میلیون تن گزارش شده است. بیشترین میزان تولیدات بنتونیت مربوط به کشورهای آمریکا، هند و چین است. تولیدات بنتونیت در امریکا در سال ۲۰۲۱ معادل ۴/۳ میلیون تن برآورد شده است که سهمی معادل ۲۳ درصد از تولید بنتونیت جهان است. پس از آن هند با ۳/۵ میلیون تن و چین با ۲/۵ میلیون تن (به‌ترتیب با سهم تولید ۱۹/۴ درصد و ۱۳/۸ درصد) در رتبه دوم و سوم قرار گرفته‌اند. ایران با تولید ۴۲۰ هزارتن بنتونیت و سهم ۲/۳ درصدی در رتبه پنجم تولید جهانی قرار دارد (USGS,2022) (جدول ۴).

امریکا بزرگترین تولید کننده بنتونیت‌های فولر ارث در سال‌های اخیر بوده است. تولید جهانی فولر ارث در سال ۲۰۲۱ معادل ۴ میلیون تن است که ایران در تولید آن جایگاهی ندارد (USGS,2022) (جدول ۴).

از دیگر خاک‌های صنعتی می‌توان کائولین را نام برد که تولیدات جهانی آن در سال ۲۰۲۱ معادل ۴۵ میلیون تن بوده است. کشور چین- بزرگترین تولیدکننده کائولین- با تولید ۶/۵ میلیون تن در سال ۲۰۲۱ سهم ۱۴ درصدی از تولید جهان را به خود اختصاص داده است. پس از آن ازبکستان با ۵/۹ میلیون تن و سهم ۱۳ درصدی از تولید در رتبه دوم جهانی قرار گرفته است. ایران با تولید ۱/۸ میلیون تن و سهم ۴ درصدی تولید کائولین در رتبه پنجم قرار گرفته است (USGS,2022) (جدول ۴).

با توسعه فرآوری کائولین‌های کم‌عیار و پر سیلیس و آهن بالا ایران می‌تواند بزرگترین تولید کننده خاک صنعتی در جهان باشد و با توجه به مجموع ذخایر بنتونیت می‌تواند حتی تا مقام اول صعود کند.

جدول ۴. تولیدات خاک‌های صنعتی در جهان.

کشورها	بنتونیت (هزارتن)		فولر ارث (هزارتن)		کائولین (هزارتن)	
	۲۰۲۰	۲۰۲۱	۲۰۲۰	۲۰۲۱	۲۰۲۰	۲۰۲۱
امریکا	۴۲۴۰	۴۳۰۰	۱۹۸۰[1]	۲۰۰۰[1]	۴۵۷۰	۴۱۰۰
برزیل	۲۱۷	۲۰۰	–	–	۱۲۴۰	۱۲۰۰
چین	۲۵۰۰	۲۵۰۰	–	–	۶۵۰۰	۶۴۰۰
جمهوری چک	۲۲۶	۲۳۰	–	–	۳۰۷۰	۳۱۰۰[2]
آلمان	۳۶۰	۳۵۰	–	–	۸۷۰	۸۰۰
یونان	۱۳۰۰[2]	۱۳۰۰[2]	۳۴	۳۰	–	–
هند	۳۵۰۰	۳۵۰۰	۷۳۰	۷۳۰	۷۶۰۰[2]	۷۶۰۰[2]
ایران	۴۲۰	۴۲۰	–	–	۱۸۰۰	۱۸۰۰
مکزیک	۲۵	۲۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۲۰
سنگال	–	–	۱۱۷	۱۲۰	–	–
اسپانیا	۲۲۱	۲۲۰	۵۹۰	۵۹۰	۴۵۰[2]	۴۵۰[2]
ترکیه	۱۵۰۰	۱۷۰۰	۶۰	۶۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰
اکراین	۱۸۰	۱۸۰	–	–	۱۶۸۰	۱۶۰۰
ازبکستان	۲۵	۲۰	–	–	۵۹۰۰	۵۵۰۰
سایر کشورها	۳۸۴۰	۳۵۰۰	۳۱۳	۳۱۰	۱۱۴۰۰	۱۱۰۰۰
جهان	۱۸۲۰۰	۱۸۰۰۰	۳۹۳۰[1]	۴۰۰۰[1]	۴۶۴۰۰	۴۵۰۰۰

Source: USGS,2022

۱. شامل تولید آتاپولژیت در ایالات متحده نمی‌شود.
۲. تولیدات نفت‌خام را هم شامل می‌شود.

1. Kaolinite 2. Bentonite 3. Fuller›s Earth

کانسارهای کائولین بیشتر در استان‌های فارس، اصفهان، آذربایجان، زنجان، قزوین، خراسان، مرکزی و تهران پراکنده‌اند. کانسارها و نشانه‌های معدنی بنتونیت در ایران تا کنون حدود ۱۰۰ مورد گزارش شده است، که تنها از تعداد اندکی از آنها بهره‌برداری می‌شود و نیاز کشور را تأمین می‌کند. کل ذخایر بنتونیت ایران براساس اطلاعات موجود، بیش از ۲۴ میلیون تن برآورد می‌شود، هرچند پیش‌بینی ذخایر آنها به بیش از ۱۰۰ میلیون تن می‌رسد. کانسارهای بنتونیتی در ایران در چهار منطقه پدید آمده‌اند که بیشتر آنها در ارتباط با فعالیت‌های ولکانیک سنوزوئیک[1] اند. این مناطق عبارت‌اند از: (۱) سمنان- ترود، (۲) البرز- آذربایجان، (۳) خاور ایران، و (۴) ایران مرکزی. تولیدات بنتونیت در ایران در پنج‌سال اخیر نشان می‌دهد که میزان تولید از سال ۲۰۱۷ رو به کاهش رفته است. اگرچه این رقم در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ تا حدودی افزایش یافته ولی نسبت به سال ۲۰۱۷ میزان تولیدات آن همچنان کمتر است.

تعداد معادن در حال بهره‌برداری بنتونیت در ایران ۷۵ فقره گزارش شده است. میزان ذخیره قطعی این معادن تا پایان سال ۱۳۹۹ معادل ۴۱,۲۲۷,۹۳۳ تن برآورد شده است. مقدار حداقل استخراج سالیانه این معادن در سال ۱۳۹۹ معادل ۱,۵۳۱,۴۱۵ تن بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۴۰۰).

صادرات جهانی بنتونیت در سال ۲۰۲۰ معادل ۵۳۱۶۵۰۴ تن گزارش شده است. هند با صدور سالانه ۱/۵ میلیون تن بزرگ‌ترین صادر کننده بنتونیت در جهان است. پس از آن کشورهای ترکیه و آمریکا در رتبه دوم و سوم قرار گرفته‌اند. ایران در رتبه دهم صادرکنندگان بنتونیت در جهان قرار دارد. صادرات این محصول توسط ایران در سال ۲۰۲۰ معادل ۱۱۰ هزارتن بوده است که حدود ۲ درصد از سهم صادرت بنتونیت جهان است. این محصول به کشورهای امارات متحده عربی، عراق، هند، کره جنوبی، روسیه، کویت و اندونزی صادر شده است (ITC,2022) (جدول ۵).

جدول ۵. صادرات بنتونیت در جهان.

کشور	صادرات بنتونیت (تن)		
	۲۰۱۹	۲۰۲۰	۲۰۲۱
هند	۱۶۹۱۳۱۸	۱۵۱۶۱۹۳	-
ترکیه	۸۸۳۲۶۰	۹۲۴۵۱۵	۹۷۹۲۰۰
آمریکا	۹۰۶۴۸۲	۷۲۸۸۲۷	۸۶۵۰۹۱
جهان	۵۶۸۹۵۵۰	۵۳۱۶۵۰۴	-

Source: ITC,2022

صادرات جهانی خاک‌های صنعتی (کائولین) در سال ۲۰۱۹ معادل ۱۱/۵ میلیون تن بوده است. آمریکا با صدور ۲/۳ میلیون تن در سال ۲۰۲۱ بزرگترین صادرکننده خاک‌های صنعتی (کائولین) و سایر کانی‌های رسی کائولینیتی در این سال بوده است. در همین سال بریتانیا با میزان صدور ۱/۳ میلیون تن در رتبه دوم قرار گرفته است. صادرات ایران در سال ۲۰۲۰ معادل ۸۸۴۶۷ تن بوده است (ITC,2022) (جدول ۶).

جدول ۶. صادرات خاک‌های صنعتی (کائولین) و سایر کانی‌های رسی کائولینیتی در جهان.

کشور	صادرات کانی‌های رسی (تن)		
	۲۰۱۹	۲۰۲۰	۲۰۲۱
امریکا	۲۳۳۹۶۶۶	۲۰۴۲۶۲۷	۲۳۹۱۷۹۳
بریتانیا	۱۲۴۲۹۹۳	۱۱۰۰۰۹۷	۱۳۷۸۶۲۹
برزیل	۱۴۰۴۶۳۴	۱۰۷۶۲۷۶	۹۵۶۶۴۳
چین	۱۰۲۴۷۸۴	۹۶۴۰۱۳	-
اکراین	۹۳۲۶۴۲	۷۷۳۴۰۴	-
جهان	۱۱۵۲۲۸۱۴	-	-

Source: ITC,2022

آلمان با وارد کردن ۶۴۵ هزارتن در سال ۲۰۲۰ بزرگترین کشور واردکننده بنتونیت بوده است. پس از آن، کانادا با ۵۱۶ هزارتن در رتبه دوم واردات قرار گرفته است. واردات بنتونیت در ایران در این سال معادل ۳/۶ هزارتن بوده که عمدتاً از کشور هند بوده است (ITC,2022).

اسپانیا با ۱/۴ میلیون تن واردات، بزرگترین کشور واردکننده

1. Cenozoic

خاک‌های صنعتی (کائولین) در سال ۲۰۲۰ بوده و در سال ۲۰۲۱ معادل ۲/۲ میلیون تن گزارش کرده است. بلژیک، ایتالیا، چین و آلمان از دیگر کشورهای واردکننده این محصول هستند. واردات ایران در سال ۲۰۲۰ معادل ۳۵ هزارتن بوده است (ITC,2022).

کاربرد خاک‌های صنعتی در صنعت فراوان است، از جمله در صنایع کاشی، سرامیک، صنعت نفت، کاغذسازی، لاستیک‌سازی و ... . جدول ۷ و جدول ۸ آمار ذخایر، تولید و تجارت بنتونیت و کائولین در ایران و جهان را مقایسه کرده است.

جدول ۷. آمار مقایسه‌ای ذخایر، تولید و تجارت بنتونیت در ایران و جهان.

جهان				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
زیاد	۱۸ میلیون تن	زیاد	۵۳۱۶۵۰۴ تن	–
ایران				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
بیش از ۱۰۰ میلیون تن	۴۲۰ هزارتن	بیش از یک میلیارد تن	۱۱۰ هزارتن	۶/۳ هزارتن

جدول ۸. آمار مقایسه‌ای ذخایر، تولید و تجارت کائولین در ایران و جهان.

جهان				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
زیاد	۴۵ میلیون تن	زیاد	۵/۱۱ میلیون تن	–
ایران				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
بیش از ۱۰۰ میلیون تن	۸/۱ میلیون تن	بیش از ۵۰۰ میلیون تن	۸۸۴۶۷ تن	۳۵ هزارتن

زئولیت

زئولیت‌ها[1]، سیلیکات‌های هیدارته متبلور فلزات قلیایی و قلیایی خاکی به ویژه سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، استرونسیم و باریم هستند، که از تعداد زیادی تترائدرهای AlO_4 و SiO_4 پدید آمده‌اند. به‌طور کلی زئولیت به گروهی از کانی‌های فلزی شبه تکتوسیلیکاتی گفته می‌شود که استخراج آن‌ها اخیراً در جهان و ایران شروع شده است. منابع و ذخایر زئولیت طبیعی جهانی مشخص نیست و نتیجه برآوردها نشان می‌دهد که دارای رقم بزرگی هستند. امریکا یکی از کشورهای دارای ذخایر بزرگ زئولیت در جهان است. دو شرکت بزرگ در ایالت متحده امریکا ذخایر مشترک خود را در سال ۲۰۲۱ معادل ۸۰ میلیون تن گزارش کرده‌اند (USGS,2022).

با وجود فعالیت‌های اکتشافی کمی که در ایران انجام گرفته است، داده‌ها و نتایج رسمی از ذخایر آنها ارائه نشده است، ولی با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی و ولکانیسم ائوسن در ایران احتمال وجود این ذخایر- البته نه به‌طور خالص بلکه همراه بنتونیت‌ها- زیاد است. استان سمنان به تنهایی حداقل ۱۶ میلیون تن پتانسیل اقتصادی دارد. زئولیت‌ها همراه با سنگ‌های پیروکلاستیک[2] و ولکانیکی- رسوبی در آذربایجان شرقی، زنجان، قزوین، البرز، قم، یزد، کرمان، خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان و سمنان گزارش شده‌اند. سمنان بزرگترین استان دارای زئولیت در ایران است و دارای معادن اصلی و بزرگ زئولیت است که بیشتر در شرق شهرستان سمنان و سرکویر پراکنده شده است. اکنون حدود ۱۰ معدن زئولیت (از نوع کلینوپتیلولیت) در استان سمنان وجود دارد، که ۳ تا ۴ مورد از آنها فعال هستند. بیش از ۹۵ درصد از تقاضای زئولیت طبیعی ایران توسط این معادن فراهم می‌شود که اغلب برای دامپروری، آبزی‌پروری، کشاورزی و صنایع سیمان و ساختمانی کاربرد دارند.

تولیدات زئولیت جهانی در سال ۲۰۲۰ معادل ۹۵۹ هزارتن بوده است. در سال ۲۰۲۱ این رقم کاهش یافته و به ۹۴۴ هزارتن رسیده است. در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ میلادی، جورجیا یکی از ایالات متحده امریکای جنوبی با تولید ۱۳۵ تا ۱۴۰ هزارتن بیشترین تولیدات زئولیت را در جهان داشته است. کره جنوبی و اندونزی در رتبه دوم تولیدات زئولیت قرار دارند که حدود ۱۳۰ هزارتن زئولیت در این سال‌ها تولید کرده‌اند (USGS,2022) (جدول ۹). در جدول ۱۰ آمار ذخایر، تولید و تجارت زئولیت در ایران و جهان مقایسه شده است.

1. Zeolites
2. Pyroclastic rocks

جدول ۹. تولید زئولیت در جهان.

کشور	تولیدات زئولیت (تن)		کشور	تولیدات زئولیت (تن)	
	۲۰۲۰	۲۰۲۱		۲۰۲۰	۲۰۲۱
جورجیا	۱۳۵۰۰۰	۱۴۰۰۰۰	کوبا	۵۳۰۰۰	۵۳۰۰۰
کره جنوبی	۱۳۱۰۰۰	۱۳۰۰۰۰	چین	۵۲۰۰۰	۵۲۰۰۰
اندونزی	۱۳۰۰۰۰	۱۳۰۰۰۰	روسیه	۳۵۰۰۰	۳۵۰۰۰
اسلوواکی	۱۱۷۰۰۰	۱۲۰۰۰۰	مجارستان	۲۹۰۰۰	۲۹۰۰۰
نیوزلند	۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	اردن	۱۲۰۰۰	۱۲۰۰۰
امریکا	۸۶۷۰۰	۸۷۰۰۰	کشورهای دیگر	۵۴۵۰	۵۵۰۰
ترکیه	۷۳۰۰۰	۵۰۰۰۰	جهان	۹۵۹۰۰۰	۹۴۴۰۰۰

Source: USGS,2022

جدول ۱۰. آمار مقایسه‌ای ذخایر، تولید و تجارت زئولیت در ایران و جهان.

جهان				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
زیاد	۹۵۹ هزارتن	زیاد	–	–
ایران				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
همراه با بنتونیت بزرگتر از ۵۰ میلیون تن	بیش از ۱۰۰ میلیون همراه با بنتونیت و ناخالص	زیاد	–	–

۴. میکا

میکا[1] اصطلاحی است که برای گروهی از کانی‌های سیلیکات آلومینیم با ساختمان صفحه‌ای یا ورقه‌ای و ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی ناهمسان به‌کار می‌رود. به‌طور کلی منابع میکا (براده‌ای و پولکی) در پگماتیت‌ها[2] و شیست‌ها با رخساره بالا وجود دارند. نهشته‌های بزرگی از سنگ‌های میکا در کشورهایی مانند برزیل، هند و ماداگاسکار شناخته شده است. ذخایر میکا در سنگ‌های آذرین و دگرگونی جهان بزرگ بیان شده است و اطلاعاتی از مقادیر دقیق آن‌ها در دسترس نیست (USGS,2021) (جدول ۱۱).

جدول ۱۱. ذخایر میکا در جهان.

کشورها	ذخیره میکا[3] در سال ۲۰۱۹	
	ذخیره میکا (براده‌ای و پولکی) Scrap and flake mica Reserves	ذخیره میکا (ورقه‌ای) Sheet mica Reserves
امریکا	بزرگ	خیلی کوچک
کانادا	بزرگ	نامشخص
چین	بزرگ	نامشخص
فنلاند	بزرگ	نامشخص
فرانسه	بزرگ	نامشخص
هند	بزرگ	۱۱۰ هزار تن
کره جنوبی	۱۲۰ میلیون تن	نامشخص
ماداگاسکار	بزرگ	نامشخص
ترکیه	۶۲۰ هزار تن	نامشخص

Source: USGS,2021

تولیدات جهانی میکا (براده‌ای، پولکی و ورقه‌ای) در سال ۲۰۲۱ معادل ۳۶۰ هزارتن گزارش شده است. بیشترین تولیدات در چین با ۹۵ هزارتن و سهم ۲۶/۳ درصدی از کل تولیدات میکا در جهان، فنلاند ۶۵ هزارتن با سهم ۱۸ درصد، امریکا ۴۳

1. Mica
2. Pegmatite

۳. ذخایر میکای پرعیار در جهان بزرگ نیستند.

هزارتن با سهم ۱۱/۹ درصد و ماداگاسکار ۳۵ هزارتن با سهم ۹/۷ درصد در این سال بوده است (USGS,2022). میزان تولید میکا (براده‌ای، پولکی و ورقه‌ای) در سال ۲۰۱۸ در ایران معادل ۱۵۰۰ تن بوده است (USGS,2019). البته پیش‌بینی می‌شود مقدار واقعی بیشتر باشد.

ذخایر میکا در ایران در ارتباط با بخش‌های پگماتیتی باتولیت‌های گرانیتوئیدی[1] و گاهی دایک‌های لامپروفیری[2] و با زون‌های متاسوماتیسم دیده می‌شوند یا به بیان بهتر، ذخایر میکا در مناطقی که کمپلکس‌های آذرین- دگرگونی با هم یافت می‌شوند، مانند کمپلکس آذرین- دگرگونی منطقه همدان، الیگودرز- بروجرد، شمال و شمال باختر دریاچه ارومیه، دهسلم و ماسوله- املش، بیشترین سهم را دارند. در ایران تاکنون بیش از ۵۰ کانسار و نشانه معدنی میکا شناخته شده است که مهمترین آنها که اغلب فعال و گاهی نیمه فعال هستند عبارتاند از: کانسار میکای قره‌باغ (آذربایجان غربی)، کانسار میکای یارم‌قیه (آذربایجان غربی)، کانسار میکای علی‌گوابر (املش)، کانسار میکای جندق (اصفهان)، کانسار میکای زنجانبر (کاشان)، کانسار میکای قشلاق (خراسان)، کانسار میکای ارزانفود (همدان) و کانسار میکای ماسوله (گیلان). در سال ۱۳۹۹ تعداد معادن در حال بهره‌برداری میکا ۴ فقره بوده است که برخی هم گاه تعطیل می‌شوند.

صادرات جهانی میکا در سال ۲۰۲۰ معادل ۴۴۵۸۴۷ تن بوده است. بیشترین میزان صادرات مربوط به کشور چین با ۱۴۵۴۱۵ تن و سهم ۳۲/۶ درصدی از کل صادرات جهانی است. پس از آن هند با ۱۳۰۱۲۶ تن با سهم ۲۹/۱ درصدی در رتبه دوم قرار دارد. دو کشور چین و هند بیش از ۶۰ درصد صادرات میکای جهان را در سال ۲۰۲۰ به خود اختصاص داده‌اند. صادرات میکا در این سال در ایران معادل ۱۲۷ تن بوده است که به کشورهای عراق، بلژیک و ترکیه صادر شده است. بیشترین میزان واردات میکا در سال ۲۰۲۰ مربوط به کشور چین با ۱۴۷ هزارتن و ژاپن با ۱۱۲ هزارتن بوده است. واردات ایران در این سال ۸۵۴ تن بوده است (ITC,2022). در جدول ۱۲ آمار ذخایر، تولید و تجارت میکا در ایران و جهان مقایسه شده است.

جدول ۱۲. آمار مقایسه‌ای ذخایر، تولید و تجارت میکا در ایران و جهان.

جهان				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
نامشخص	۳۵۳۰۰۰ تن	نامشخص	۴۴۵۸۴۷ تن	-
ایران				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
نامشخص	۱۵۰۰ تن	بیش از یک میلیون تن*	۱۲۷ تن	۸۵۴ تن

* با توجه به منابع پگماتیت‌های ایران.

۵. فلدسپات

ذخایر فلدسپات[3] در جهان در سال ۲۰۲۱ بزرگ گزارش شده است و بسیاری از کشورها ذخایر بزرگی از فلدسپات دارند. بیشترین ذخایر در ایران در حدود ۶۳۰ میلیون تن برآورد شده است (USGS,2022) (جدول ۱۳). در صورتی که توف‌های فلدسپاتی یعنی توف‌های غنی از فلدسپات و فقیر از کوارتز به منابع پگماتیتی آن اضافه شوند ذخایر و منابع ایران بسیار بزرگ خواهد بود. منابع فلدسپات ایران شاید به بیش از ۵۰ میلیارد تن برسد. البته این منابع نیاز به فرآوری دارند.

جدول ۱۳. ذخایر فلدسپات در جهان.

کشور	ذخایر فلدسپات (هزارتن)	کشور	ذخایر فلدسپات (هزارتن)
	سال ۲۰۲۱		سال ۲۰۲۱
ایران	۶۳۰.۰۰۰	چین	NA
هند	۳۲۰.۰۰۰	ایتالیا	NA
ترکیه	۲۴۰.۰۰۰	مکزیک	NA
تایلند	۲۲۰.۰۰۰	لهستان	NA
کره جنوبی	۱۸۰.۰۰۰	روسیه	NA
برزیل	۱۵۰.۰۰۰	اسپانیا	NA
جمهوری چک	۲۲.۰۰۰	سایر کشورها	NA
امریکا	NA	جهان	بزرگ

Source: USGS,2022

1. Granitoid batholith
2. Lamprophyre dyke
3. Feldspar

تولیدات فلدسپات در جهان در سال ۲۰۲۱ معادل ۲۸ میلیون تن بوده است. بزرگترین کشورهای تولید کننده فلدسپات در جهان ترکیه، هند، چین، ایران، ایتالیا و تایلند است. ترکیه با ۷/۸ میلیون تن بزرگترین تولید کننده فلدسپات در سال ۲۰۲۱ بوده و بیش از ۲۷ درصد از سهم تولید فلدسپات جهان را به خود اختصاص داده است. پس از آن هند با اختلافی نه چندان زیاد با تولید ۶/۲ میلیون تن و سهم ۲۲ درصدی تولید سال ۲۰۲۱ را داشته است (USGS,2022) (جدول ۱۴). تولیدات فلدسپات در ایران در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ معادل ۲/۴ میلیون تن (به صورت تخمینی) گزارش شده است و سهمی حدود ۸/۵ درصد از کل تولیدات فلدسپات جهان را به خود اختصاص داده است (USGS,2022). در ایران معادن متعددی از فلدسپات بخصوص در استان همدان در شهرستان ملایر وجود دارند و در حال بهره‌برداری هستند. ایران با دارا بودن ذخایر گسترده پگماتیت و فلدسپات منابع غنی از فلدسپات دارد. اگر با کمک فرآوری از توده‌های بزرگ گرانیتی هولولوکرات، نظیر گرانیت تیپ دوران و نیز توف‌های غنی از فلدسپات و فقیر از کوارتز، ایران بتواند فلدسپات تولید کند، از کشورهای بزرگ تولیدکننده فلدسپات در جهان می‌شود.

جدول ۱۴. تولیدات فلدسپات در جهان.

کشور	تولیدات فلدسپات (هزارتن)	کشور	تولیدات فلدسپات (هزارتن)
	سال ۲۰۲۱		سال ۲۰۲۱
ترکیه	۷۸۰۰	جمهوری چک	۴۲۰
هند	۶۲۰۰	کره جنوبی	۴۲۰
چین	۲۶۰۰	امریکا	۴۰۰
ایران	۲۴۰۰	لهستان	۳۵۰
ایتالیا	۲۲۰۰	روسیه	۳۵۰
تایلند	۱۳۰۰	برزیل	۳۰۰
اسپانیا	۸۰۰	سایر کشورها	۱۹۰۰
مکزیک	۵۰۰	**جهان**	**۲۸.۰۰۰**

Source: USGS,2022

صادرات فلدسپات در جهان در حدود ۱۵ میلیون تن در سال ۲۰۱۹ بوده است. بزرگترین کشور صادرکننده فلدسپات، کشور ترکیه با ۵/۶ میلیون تن در سال ۲۰۲۰ بوده است که سهم بیش از ۳۷ درصد از صادرات فلدسپات را داشته است. پس از آن با اختلاف کشورهای تایلند، هند، مغولستان، کانادا، چین، اکراین، ایتالیا، آفریقای جنوبی و نروژ از رتبه دوم تا دهم قرار گرفته‌اند. ایران در رتبه دوازدهم صادرات فلدسپات قرار گرفته است. صادرات ایران در سال ۲۰۲۰ معادل ۱۵۸۰۰۶ تن بوده است که به کشورهای امارات متحده عربی، ترکیه، کویت، روسیه، هند، چین، ازبکستان، آذربایجان، ارمنستان، تایوان، سوریه، ترکمنستان و اسپانیا انجام گرفته است (ITC,2022) (جدول ۱۵).

جدول ۱۵: صادرات و واردات فلدسپات در جهان.

کشور	صادرات فلدسپات (تن)		کشور	واردات فلدسپات (تن)	
	سال ۲۰۲۰	سال ۲۰۲۱		سال ۲۰۲۰	سال ۲۰۲۱
ترکیه	۵۶۰۹۹۸۹	۷۸۴۷۶۲۲	ایتالیا	۲۳۴۸۷۶۲	–
تایلند	۷۹۳۴۹۷	۹۹۸۱۷۹	امریکا	۹۴۹۶۶۴	۱۰۸۶۰۵۸
هند	۶۸۴۵۹۴	–	چین	۸۴۲۸۸۲	–
مغولستان	۶۷۸۹۱۳		بنگلادش	۸۲۰۸۳۲	–
کانادا	۵۳۵۵۲۶	۵۹۸۴۴۸	روسیه	۷۵۶۱۷۳	۹۲۴۵۱۳
چین	۵۰۲۱۶۰	–	تایوان	۵۱۱۹۷۱	–
اکراین	۴۸۹۹۴۰	–	لهستان	۴۸۶۵۳۹	
ایتالیا	۴۱۴۷۰۴	–	آلمان	۳۴۵۵۲۶	۳۶۹۶۷۸
آفریقای جنوبی	۳۳۸۴۴۱	۳۵۹۶۷۱	اندونزی	۲۲۳۴۳۲	–
نروژ	۲۵۹۱۹۴	۳۲۲۴۶۰	هند	۲۱۹۸۵۸	–
ایران	۱۵۸۰۰۶	–	ایران	۱۳۰۷۲	–
سایر کشورها	–	–	سایر کشورها	–	–

Source: ITC,2022

واردات فلدسپات در جهان حدود ۱۴ میلیون تن در سال ۲۰۱۹ بوده است. بزرگترین کشور وارد کننده فلدسپات، کشور ایتالیا با ۲/۳ میلیون تن در سال ۲۰۲۰ بوده است. پس از آن امریکا، چین، بنگلادش، روسیه، تایوان، لهستان، آلمان، اندونزی و هند در رتبه دوم تا دهم قرار گرفته‌اند. واردات ایران در سال ۲۰۲۰ معادل ۱۳۰۷۲ تن از کشورهای هند، امارات متحده عربی، چین، اسپانیا، صربستان و ترکیه بوده است (ITC,2022) (جدول ۱۵). جدول ۱۶ آمار ذخایر، تولید و تجارت فلدسپات در ایران و جهان مقایسه شده است.

جدول ۱۶.آمار مقایسه‌ای ذخایر، تولید و تجارت فلدسپات در ایران و جهان.

جهان				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
–	۲۸ میلیون تن	–	۱۵ میلیون تن	۱۴ میلیون تن
ایران				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
۶۳۰ میلیون تن	۴/۲ میلیون تن	–	۱۵۸۰۰۶ تن	۱۳۰۷۲ تن

۶. سیلیس

کانی‌های گروه کوارتز یکی از فروانترین کانی‌های پوسته زمین است و ۱۲ درصد از کانی‌های سازنده پوسته زمین را تشکیل می‌دهد. از این رو ذخایر سیلیس در جهان بسیار است و به فراوانی در پوسته زمین یافت می‌شود و در همه جای جهان قابل دسترسی است.
ذخایر سیلیس در ایران با توجه به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، شرایط گوناگون پیدایش سیلیس، گستردگی، تنوع و ویژگی‌های زمین‌شناختی فراوان است. بیشترین گسترش ذخایر سیلیس وابسته به سنگ‌های رسوبی پالئوزوئیک و مزوزوئیک است. سنگ‌های دگرگونی و آذرین در ایران نیز مقداری کانسارهای سیلیس به همراه دارند.

تولید جهانی سیلیس در سال ۲۰۱۹ معادل ۳۲۵ میلیون تن گزارش شده است. بیشترین میزان تولید مربوط به آمریکا با ۱۱۴ میلیون تن، کشور هلند با ۵۴ میلیون تن و اسپانیا ۳۲ میلیون تن گزارش شده است. تولیدات ایران در این سال ۱/۵ میلیون تن بوده است (USGS ,2021).

سیلیس بیشترین کاربرد را در صنایع شیرسازی و فروسیلیس دارد، اما مصارف صنعتی برای تولیدات ظریف هم برای این کانی وجود دارد.

۷. گارنت

گارنت[1] گروهی از کانی‌ها هستند که از نظر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و نحوه تشکیل در طبیعت بسیار ازهم متمایزند. این کانی‌ها در طیف وسیعی از شرایط دما و فشار، در سنگ‌های دگرگونی، سنگ‌های آذرین نفوذی از گرانیت تا پریدوتیت[2]، سنگ‌های آذرین ولکانیکی و نیز پگماتیت‌ها دیده می‌شوند. به‌دلیل مقاومت بسیار بالا در برابر فرسایش، در سنگ‌های رسوبی به‌صورت دانه‌های آواری یافت می‌شوند. منابع گارنت بسیار بزرگ هستند و در طیف گسترده‌ای از سنگ‌ها دیده می‌شوند، بخصوص در گنیس‌ها[3] و شیست‌ها. همچنین گارنت در همبری (مجاورت) رسوبات متامورفیک در سنگ آهک کریستالین، پگماتیت‌ها، همراه مناطق اسکارنی یافت می‌شود. به‌علاوه گارنت آبرفتی در رسوبات ماسه‌های معدنی سنگین و رسوبات شنی سراسر جهان وجود دارد. به‌طور کلی منابع گارنت در شیلی، جمهوری چک، پاکستان، اسپانیا، تایلند و اکراین وجود دارد (USGS,2022). ذخایر جهانی گارنت در اندازه‌های متوسط تا بزرگ وجود دارند. هند با ۱۳ میلیون تن ذخیره گارنت بزرگترین ذخایر جهان را داراست (USGS,2022) (جدول ۱۷).

تولیدات گارنت (صنعتی) در جهان در سال ۲۰۲۱ معادل ۱,۱۰۰,۰۰۰ تن بوده است. بیشترین میزان تولیدات مربوط به کشور استرالیا با ۳۶۰ هزارتن در سال است که معادل ۳۲/۷ درصد سهم تولید جهانی گارنت است. پس از آن چین با ۳۱۰ هزارتن، با سهم ۲۸ درصدی از تولید جهان، در رتبه دوم تولیدکنندگان گارنت قرار دارد (USGS,2022) (جدول ۱۷).

گارنت در ایران به شکل پلاسری، پگماتیتی و توده‌های اسکارنی یافت می‌شود که منابع آن بیش از ۵ میلیون تن برآورد شده است. در حال حاضر به دلیل عدم کارهای اکتشافی از ذخایر گارنت در ایران اطلاعات زیادی وجود ندارد و استخراج و فرآوری آنها کمتر از ۱۰ هزار تن در سال گزارش شده است. بیشترین ذخایر تولیدی گارنت در ایران در منطقه کوه گبری رفسنجان و منطقه همدان است. در مناطق باغ برج کرمان و بابانظر تکاب، گارنت از نظر گوهرسنگی مطرح و

1. Garnet 2. Peridotite 3. Gneiss

دارای اهمیت است. در منطقه ساوه و هرات مروست گارنت به صورت پلاسری وجود دارد که هیچ اکتشاف منظم و گسترده‌ای تاکنون برای گارنت انجام نگرفته است.

جدول ۱۷: ذخایر و تولیدات گارنت در جهان.

کشورها	ذخایر گارنت (تن)	تولید گارنت (تن)	
	۲۰۲۰	۲۰۲۰	۲۰۲۱
استرالیا	متوسط تا بزرگ	۳۶۰.۰۰۰	۳۶۰.۰۰۰
چین	متوسط تا بزرگ	۳۱۰.۰۰۰	۳۱۰.۰۰۰
افریقای جنوبی	–	۱۴۰.۰۰۰	۱۴۰.۰۰۰
هند	۱۳.۰۰۰.۰۰۰	۱۳۰.۰۰۰	۱۳۰.۰۰۰
امریکا	۵.۰۰۰.۰۰۰	۱۱۰.۰۰۰	۷۵.۰۰۰
سایر کشورها	–	۶۰.۰۰۰	۶۰.۰۰۰
جهان	متوسط تا بزرگ	۱.۱۰۰.۰۰۰	۱.۱۰۰.۰۰۰

Source: USGS,2022

صادرات گارنت (ساینده و تراش‌یافته) در جهان[1]

صادرات جهانی گارنت از نوع ساینده در سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ معادل ۱/۲ میلیون تن بوده است. از این میزان بیشترین صادرات مربوط به کشور امریکا با ۴۲۹۶۵ تن است. صادرات جهانی گارنت تراش‌یافته (گارنت قیمتی و جواهری) در این سال معادل ۴۲ میلیون قیراط گزارش شده است. کشورهای تایلند، هنگکنگ و امریکا بیشترین صادرات گارنت تراش‌یافته را در این سال داشته‌اند (ITC,2022) (جدول ۱۸).

جدول ۱۸. صادرات گارنت (ساینده) و تراش‌یافته (قیمتی و جواهری).

کشورها	صادرات گارنت (تن)		کشورها	صادرات گارنت (هزار قیراط)	
	۲۰۱۸-۲۰۱۹	۲۰۱۹-۲۰۲۰		۲۰۱۸-۲۰۱۹	۲۰۱۹-۲۰۲۰
آمریکا	۴۰۷۷۲	۴۲۹۶۵	تایلند	۵۱۰۴	۴۰۹۵
امارات متحده عربی	۱۴۵۵۴	۸۳۴۴	هنگ‌کنک	۴۱۳۰	۲۲۳۶
مالزی	۳۰۹۴	۵۶۹۲	امریکا	۲۸۰۴	۱۱۴۹۹
عربستان سعودی	۴۶۸۰	۳۶۹۶	ژاپن	۵۷۰	۲۹۱
کانادا	۴۲۴۵	۲۷۱۸	امارات متحده عربی	۱۴	۲۲۴
کویت	۱۵۳۰	۲۱۵۶	بریتانیا	۴۱۲	۴۷۳
ایتالیا	۴۳۴۰	۲۱۰۰	ایتالیا	۳۴۰	۱۷۰
عمان	۱۵۰۸	۱۲۳۲	ارمنستان	–	۱۱۳
ژاپن	۸۸۱	۷۴۰	آلمان	۳۱۶	۶۹۳
اسپانیا	۱۴۸۳	۷۴۵	جمهوری چک	۶۷	۷۹
سایر کشورها	۲۷۲۵۷	۴۳۰۹	سایر کشورها	۶۷۰	۲۲۳۰۴
جهان	۱۰۴۳۴۳	۱۲۵۴۵۴۲	جهان	۱۴۴۲۸	۴۲۱۷۸

Source: ITC,2022

واردات گارنت (ساینده و تراش‌یافته) در جهان

واردات جهانی گارنت ساینده در سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ معادل ۳۹۱ تن گزارش شده است. بیشترین واردات مربوط به امارات متحده عربی گزارش شده است. میزان واردات جهانی گارنت تراش‌یافته در این سال معادل ۴/۹ میلیون قیراط بوده است (ITC,2022) (جدول ۱۹).

از کاربردهای مهم گارنت در ساینده‌ها و جواهرات است. همچنین در تصفیه آب کاربرد دارد و به دلیل مقاومت آنها در برابر فشار و دمای بالا برای آب‌بندی چاه‌های نفت، خصوصاً

1. Indian Minerals Yearbook, 2020

میدان‌های نفت سنگین از بلورهای گارنت گردشده استفاده می‌شود. پودر گارنت نیز برای تهیه نمدهای پرداخت و نرمه‌کاری به‌کار گرفته می‌شود.

در جدول ۲۰ آمار ذخایر، تولید و تجارت گارنت در ایران و جهان مقایسه شده است.

جدول ۱۹. واردات گارنت (ساینده) و تراش‌یافته (قیمتی و جواهری).

کشورها	واردات گارنت (تن)		کشورها	واردات گارنت (هزار قیراط)	
	۲۰۱۸-۲۰۱۹	۲۰۱۹-۲۰۲۰		۲۰۱۸-۲۰۱۹	۲۰۱۹-۲۰۲۰
امارات متحده عربی	۳۸۴	۳۹۱	هنگ‌کنگ	۱۵۷۳	۲۰۲۴
نیوزیلند	–	–	سریلانکا	۱۹۴۷	۱۳۱۳
چین	۱۲	–	تایلند	۶۷۸	۷۶۱
استرالیا	۲۶	–	امریکا	۲۷۴	۵۳۹
ماداگاسکار	–	–	چین	۱۵۹۹	۲۱۳
جهان	۴۲۲	۳۹۱	جهان	۶۱۴۴	۴۹۷۰

Source: ITC,2022

جدول ۲۰. آمار مقایسه‌ای ذخایر، تولید و تجارت گارنت در ایران و جهان.

جهان				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
بیش از ۱۰۰ میلیون تن	۱.۱۰۰.۰۰۰ تن	زیاد	–	–
ایران				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
بیش از یک میلیون تن	–	۵ میلیون تن	–	–

۸. تالک

تالک[1] یک کانی سیلیکات غنی از منیزیم آبدار است که به‌دلیل کاربرد فراوان آن در صنعت در گروه کانی‌های صنعتی قرار می‌گیرد. تالک در حقیقت یک کانی ثانویه است که به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم از سنگ‌های غنی از منیزیم به‌وجود آمده است. سنگ‌های غنی از منیزیم دارای گونه‌های مختلفی هستند که شامل (۱) سنگ‌های الترامافیک[2] وابسته به سکانس افیولیتی[3]، (۲) سنگ‌های الترامافیک تا مافیک خروجی مربوط به سری‌های کوماتوئیتی[4]، (۳) سنگ‌های رسوبی غنی از منیزیم مانند دولومیت‌ها هستند. در واقع تالک حاصل دگرگونی و یا متاسوماتیسم[5] گرمابی سنگ‌های اولیه‌ای نظیر دونیت[6]، پیروکسنیت[7]، پریدوتیت[8]، و دولومیت است که حاوی منیزیم‌اند و در اصل یک کانی دگرگونی محسوب می‌شود.

ذخایر تالک در جهان مقیاس وسیعی دارد. بیشترین ذخایر در آمریکا با ۱۴۰ میلیون تن است. پس از آن کشورهای هند با ۱۱۰ میلیون تن و ژاپن با ۱۰۰ میلیون تن در رتبه دوم و سوم هستند (USGS,2022).

افغانستان یکی از کشورهای دارای ذخایر بزرگ تالک در خاورمیانه است ولی اطلاعاتی از ارقام آن در دسترس نیست. بیشترین ذخایر تالک از گذشته دور در نزدیکی کوه‌های تارابورها در نزدیکی مرز پاکستان است که در زمان دولت ملی هم در استیلای طالبان بود. منابع شناسایی شده جهانی تالک تقریباً ۵ برابر ذخایر جهانی برآورد شده است (USGS,2022). تولیدات جهانی تالک در سال ۲۰۲۱ معادل ۷ میلیون تن بوده است. بیشترین تولیدات توسط هند با ۱/۷ میلیون تن با سهم ۲۴/۲ درصد از کل تولید جهان و کشور چین با ۱/۴ میلیون تن و سهم ۲۰ درصد بوده است (USGS,2022).

کانسارها و نشانه‌های شناخته شده تالک در ایران در استان‌های لرستان، سیستان و بلوچستان، اصفهان، مرکزی، زنجان، خراسان، هرمزگان و یزد قرار دارند. با توجه به اکتشافاتی که تاکنون انجام شده بیشترین ذخایر تالک ایران در استان‌های لرستان و سیستان و بلوچستان متمرکزند. تعداد معادن در حال بهره‌برداری تالک در ایران ۱۰ معدن است که در سال ۱۳۹۹ معادل ۵۶۶۵۵ تن تالک تولید کرده است. مقدار ذخیره قطعی

1. Talc
2. Ultramafic
3. Ophiolite
4. Komatiitic
5. متاسوماتیسم یکی از انواع فرایندهای دگرگونی است که در آن ترکیب شیمیایی سنگ یا بخشی از آن به‌صورت جابه‌جایی عناصر از یک محیط به محیط دیگر تغییر می‌کند (دگرگونی جانشینی).
6. Dunite
7. Pyroxene
8. Peridotite

این معادن تا پایان سال ۱۳۹۹ معادل ۱۵۲۱۹۷۱ تن است. از این معادن ۲ معدن در استان اصفهان و ۶ معدن در استان لرستان واقع شده است. تولیدات تالک معادن استان اصفهان در این سال معادل ۱۹ هزارتن و معادن استان لرستان ۴۰ هزارتن گزارش شده است (مرکز آمار ایران، ۱۴۰۰).

صادرات جهانی تالک در سال ۲۰۱۹ معادل ۳۲۵۴۲۱۵ تن بوده است. بیشترین میزان صادرات مربوط به چین با ۶۸۹ هزارتن بوده است (ITC,2022). صادرات تالک در ایران در سال ۱۳۹۹ معادل ۸۱۳ تن به کشورهای ارمنستان، قزاقستان، قرقیزستان، جمهوری آذربایجان، امارات متحده عربی، لهستان، ترکیه، ترکمنستان و آلمان بوده است (اتاق بازرگانی ایران، ۱۴۰۰). واردات جهانی تالک در سال ۲۰۱۸ معادل ۳۴۲۲۳۸۳ تن بوده است. در سال ۲۰۲۱ بیشترین واردات مربوط به کشور آلمان با ۲۹۴ هزارتن بوده است (ITC,2022). واردات ایران در سال ۱۳۹۹ معادل ۶۳۶ تن از کشورهای فرانسه، عمان، هند، آلمان، ترکیه، امارات متحده عربی، افغانستان و کره جنوبی بوده است (اتاق بازرگانی ایران، ۱۴۰۰).

تالک به‌دلیل داشتن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی منحصر به‌فرد خود در صنایع رنگ، کاغذسازی، سرامیک، پلاستیک و قطعات پوشش سقف کاربرد دارد.

درجدول ۲۱ آمار ذخایر، تولید و تجارت تالک در ایران و جهان مقایسه شده است

جدول ۲۱. آمار مقایسه‌ای ذخایر، تولید و تجارت تالک در ایران و جهان

جهان				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
حدود یک میلیارد تن	۷ میلیون تن	۵ برابر ذخایر	۳۲۵۴۲۱۵	۳۴۲۲۳۸۳
ایران				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
۱۵۲۱۹۷۱ تن	۵۶۶۵۵ تن	بیش از ۱۰ میلیون تن	۸۱۳ تن	۶۳۶

۹. سیلیکات‌های آلومینیوم (آندالوزیت، سیلیمانیت وکیانیت)

سیلیکات‌های آلومینیوم (آندالوزیت[1]، سیلیمانیت[2] و کیانیت[3]) گروهی از کانی‌های با فرمول مشابه ولی ساختمان متفاوت هستند که از سنگ‌های دگرگونی با سنگ والد پلیتی به وجود می‌آیند. شرایط تشکیل آن‌ها از نظر دما و فشار متفاوت است. به‌طور کلی سیلیکات‌های آلومینیوم در ایران در نواحی دگرگونی پیرامون الوند و در منطقه مشهد پتانسیل قابل‌توجهی دارند که باید فرآوری شوند. اما مشکل پاره‌ای از ذخایر سیلیکات‌های آلومینیوم در ایران دگرسانی آنها به سریسیت است که از خاصیت نسوزندگی آنها به شدت کاسته می‌شود. در ناحیه همدان (الفوت و منگاوی) سیلیکات‌های آلومینیوم تولید می‌شوند که استخراج آن‌ها زیاد نیست.

منابع جهانی آندالوزیت، سیلیمانیت و کیانیت در رسوبات میکاشیست و گنیس و سایر آنها در گنیس آلومینیوم‌دار یافت می‌شود. منابع قابل‌توجه آندالوزیت در کشورهای چین، فرانسه، پرو و آفریقای جنوبی؛ منابع کیانیت در برزیل، هند و روسیه؛ منابع سیلیمانیت در هند شناخته شده است (USGS,2022).

تولیدات آندالوزیت، سیلیمانیت و کیانیت در کشورهای آفریقای جنوبی، آمریکا، هند و پرو گزارش شده است. کشورهای آفریقای جنوبی و فرانسه، بزرگترین تولیدکنندگان آندالوزیت و کشور هند، بزرگترین کشور تولیدکننده سیلیمانیت است (USGS ,2022) (جدول ۲۲).

جدول ۲۲. تولیدات آندالوزیت، سیلیمانیت و کیانیت در جهان.

کشورها	آندالوزیت، سیلیمانیت و کیانیت (تن)	
	۲۰۲۰	۲۰۲۱
افریقای جنوبی (آندالوزیت)	۱۸۰۰۰۰	۱۹۰۰۰۰
امریکا (کیانیت)	۶۷۱۰۰	۸۱۰۰۰
هند (کیانیت و سیلیمانیت)	۶۱۰۰۰	۷۰۰۰۰
پرو	۴۰۰۰۰	۴۰۰۰۰

Source: USGS,2022

1. Andalusite 2. Sillimanite 3. Kyanite

صادرات جهانی آندالوزیت، سیلیمانیت و کیانیت در سال ۲۰۲۰ معادل ۲۹۱ هزارتن گزارش شده است. بیشترین صادرات مربوط به آفریقای جنوبی با ۱۲۷ هزارتن است. ایران با صدور ۱۷۸۰ تن در سال ۲۰۲۰ در رتبه یازدهم صادرکنندگان این محصولات قرار گرفته است. واردات جهانی آندالوزیت، سیلیمانیت و کیانیت در سال ۲۰۱۹ معادل ۳۵۰ هزارتن بوده است. بزرگترین کشور واردکننده این محصولات در سال ۲۰۲۰ آلمان، چین و بلژیک بوده‌اند. ایران در سال ۲۰۲۰ معادل ۳۸۴ تن آندالوزیت، سیلیمانیت و کیانیت وارد کرده است (ITC, 2022).

۱۰. فلورسپار

بزرگترین ذخایر فلورسپار[1] در سنگ‌های کربناتی بخصوص دولومیت‌ها یافت می‌شود. ذخایر جهانی فلورسپار در سال ۲۰۲۱ معادل ۳۲۰ میلیون تن گزارش شده است. بیشترین ذخیره مربوط به مکزیک با ۶۸ میلیون تن است. ذخیره فلورسپار در ایران ۳/۴ میلیون تن برآورد شده است (USGS ,2022) (جدول ۲۳).

تولیدات جهانی فلورسپار در سال ۲۰۲۱ معادل ۸/۶ میلیون تن بوده است. بیشترین میزان تولید مربوط به مکزیک با ۹۹۰ هزار تن است و کشورهای مغولستان با ۸۰۰ هزارتن و آفریقای جنوبی با ۴۲۰ هزارتن در رتبه دوم و سوم قرار دارند. ایران در این سال ۵۶ هزارتن فلورسپار تولید کرده است (USGS ,2022) (جدول ۲۳).

جدول ۲۳. ذخایر و تولید فلورسپار در جهان.

کشور	ذخایر فلورسپار(هزارتن)	تولیدات فلورسپار (هزارتن)
	سال ۲۰۲۱	سال ۲۰۲۱
مکزیک	۶۸۰۰۰	۹۹۰
چین	۴۲۰۰۰	–
آفریقای جنوبی	۴۱۰۰۰	۴۲۰
مغولستان	۲۲۰۰۰	۸۰۰
اسپانیا	۱۰۰۰۰	۱۳۰
ویتنام	۵۰۰۰	۲۲۰
امریکا	۴۰۰۰	–
ایران	۳۴۰۰	۵۶
سایر کشورها	۱۲۰۰۰۰	۱۱۰
جهان	۳۲۰۰۰۰	۸۶۰۰

Source: USGS,2022

صادرات جهانی فلورسپار در سال ۲۰۲۱ معادل ۱/۳ میلیون تن بوده است. بیشترین صادرات توسط کشور مغولستان گزارش شده است. ایران در این سال با صدور حدود ۱۲ هزارتن در رتبه سیزدهم صادرکنندگان فلورسپار بوده است. واردات جهانی فلورسپار در سال ۲۰۲۰ معادل ۱/۳ میلیون تن بوده است. بزرگترین واردکننده فلورسپار کشور چین است. واردات ایران در این سال یک تن گزارش شده است (ITC ,2022). در جدول ۲۴ آمار ذخایر، تولید و تجارت فلورسپار در ایران و جهان مقایسه شده است.

جدول ۲۴. آمار مقایسه‌ای ذخایر، تولید و تجارت فلورسپار در ایران و جهان.

جهان				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
۳۲۰۰۰۰ هزارتن	۸۶۰۰ هزارتن	–	۳/۱ میلیون تن	۳/۱ میلیون تن
ایران				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
۳۴۰۰ هزارتن	۵۶۰۰۰	–	۱۲ هزارتن	۱

۱۱. سلستین

به‌طور کلی کانی‌های استرونسیم[2] متعدد هستند، ولی از میان همه آنها تنها کانی سلستین[3] ($SrSO_4$) و تا اندازه‌ای بسیار کمتر استرونسیانیت[4] ($SrCO_3$) اهمیت اقتصادی دارند که به عنوان کانی‌های اصلی استرونسیم شناخته می‌شوند. کانی

1. Fluorspar 2. Strontium 3. Celestite 4. Strontianite

سلستین بیشترین مقدار عنصر استرونسیم را دارد. عمده‌ترین ذخایر سلستین جهان در محیط‌های رسوبی و در رخساره‌های تبخیری همراه ژیپس، انیدریت و سنگ‌های کربناتی به ویژه دولومیت‌ها به وجود آمده‌اند. اطلاعاتی از ذخایر استرونسیم در جهان قابل دسترس نیست. منابع جهانی استرونسیم حدود ۱ میلیارد تن تخمین زده می‌شود.

تولیدات جهانی استرونسیم در سال ۲۰۲۱ معادل ۳۶۰ هزارتن بوده است. ایران با تولید ۹۰ هزارتن در رتبه دوم تولیدات استرونسیوم در جهان قرار گرفته است (USGS,2022) (جدول ۲۵).

جدول ۲۵. تولیدات استرونسیم در جهان.

کشور	تولیدات استرونسیم (تن)
	سال ۲۰۲۱
اسپانیا	۱۵۰۰۰۰
ایران	۹۰۰۰۰
چین	۸۰۰۰۰
مکزیک	۳۵۰۰۰
آرژانتین	۷۰۰
جهان	۳۶۰۰۰۰

Source: USGS,2022

سلستین در برخی از مناطق ایران از جمله معدن نخجیر، در ۲۰۰ کیلومتری جنوب شرق تهران و در گوشه شمال‌غربی دشت کویر، همچنین در جنوب ورامین، ناحیه گرمسار، فیروزکوه، بهبهان و استان بوشهر گزارش شده است.

واردات سلستین به ایران در سال ۱۳۹۹ از کشورهای چین و امارات متحده عربی معادل ۷۴ تن بوده است. صادرات سلستین از ایران در سال ۱۳۹۹ معادل ۷۶/۸ هزار تن گزارش شده است (اتاق بازرگانی ایران، ۱۴۰۰). در جدول ۲۶ ذخایر، تولید و تجارت سلستین در ایران و جهان مقایسه شده است.

جدول ۲۶. آمار مقایسه‌ای ذخایر، تولید و تجارت سلستین در ایران و جهان.

جهان				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
حداقل ۱۰۰ میلیون تن	۳۶۰۰۰۰	۱ میلیارد تن	–	–
ایران				
ذخایر	تولید	منابع	صادرات	واردات
۱ میلیون تن احتمالی	۹۰۰۰۰	۵ میلیون تن	–	۷۴ تن

منابع:

۱. اتاق بازرگانی ایران، ۱۴۰۰.

۲. مرکز آمار ایران، ۱۳۹۸ (اجرای ۱۳۹۹)، نتایج آمارگیری از معادن در حال بهره‌برداری کشور.

۳. مرکز آمار ایران، ۱۳۹۹ (اجرای ۱۴۰۰)، نتایج آمارگیری از معادن در حال بهره‌برداری کشور.

4. Indian Minerals Yearbook, 2020.

5. Mineral Commodity Summaries, 2022 ,2021 ,2019 ,2018, USGS.

6. Phosphate-iran.ir.

7. Trade map, International Trade Center, 2022, ITC.

تحلیلی بر آمارهای جهانی ۷۴ نوع مواد معدنی ایران
با محوریت زئولیت‌ها به عنوان ماده معدنی استراتژیک
(میزان ذخیره شناسایی شده، تنوع، تولید، برندینگ)

دکتر مجید پورمقدم
پژوهشگر برتر وزارت صمت
دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشگاه ملی ارمنستان.
Dr.pourmoghaddam@yahoo.com
نامه علوم پایه شماره ۶، تابستان ۱۴۰۱

چکیده

جایگاه جغرافیایی ایران به عنوان یکی از مناطق کم نظیر جایگاه ژئوپولتیکی جهان سبب گردیده که ایران در قلب ۷۵٪ مجموع ذخایر انرژی جهان، میان حوزه‌های عظیم انرژی خلیج فارس و دریای خزر قرار گیرد. ایران به نقل از نشریه وال استریت ژورنال، رتبه پنجم جهان از نظر غنی‌ترین کشورهای با ذخایر طبیعی جهان را داراست. ایران با داشتن ۷٪ ذخایر معدنی، ۴٪ خاک جهان ، رتبه اول دنیا را در مجموع ذخایر نفت و گاز داراست. به نقل از موسسه هالگارتن اند(کمپانی لندن) ایران با تولید بیش از ۴۰ محصول معدنی و فرآوری بیش از ۲۰ فلز با محصولات مرتبط با فلزات به معنی طلوع یک قدرت معدنی بزرگ به نام ایران است. ایران با شناسایی ۶۰ میلیاردتن ذخایر قطعی و احتمالی مواد معدنی جایگاه دهم در جهان، رتبه اول خاورمیانه و رتبه سوم آسیا را دارد، هم چنین ایران با شناسایی ۷۴ نوع ماده معدنی رتبه چهاردهم تا پانزدهم جهان را دارد که از این تعداد ۴۲ ماده معدنی غیر فلزی و ۱۱ ماده معدنی فلزی و الباقی مصالح ساختمانی و نمک‌ها هستند. ماده معدنی استراتژیک زئولیت ۱/۷۴ مواد تنوع مواد معدنی کشور را تشکیل می‌دهد. به نقل از مرجع جهانی Economic Zeolite ایران در برخورداری از زئولیت‌های کلینو با خلوص ۸۰٪ از نوع ممتاز و با داشتن زئولیت‌های با کیفیت از رتبه تک رقمی در جهان برخوردار است. ذخایر زئولیت‌های از نوع آنالسیم ایران به لحاظ ذخایر و کیفیت دارای رتبه تک رقمی در جهان است که قابلیت تبدیل به برند جهانی را دارد. همچنین به نقل از منابع خارجی، نتایج حاصل از مطالعات و سنتز زئولیت‌های مصنوعی و هم چنین سنتز زئولیت‌های مصنوعی از زئولیت‌های طبیعی، جایگاه علمی ایران را ارتقاء داده و در جهان رتبه تک رقمی دارد.

واژه‌های کلیدی: ایران، ذخایر، جایگاه، استراتژیک، زئولیت، آنالسیم، برندینگ.

مقدمه

ایران با داشتن زئولیت‌های با کیفیت رتبه تک رقمی جهان را دارد و به نقل از مرجع جهانی Economiczeolite در برخورداری از زئولیت‌های طبیعی کلینو ۸۰٪ از نوع ممتاز آن پیشتاز است. بیشتر زئولیت‌های ایران از نوع رسوبی هستند در حالی که بیشتر زئولیت‌های طبیعی جهان آتشفشانی هستند و بیشتر زئولیت‌های منطقه آسیای میانه با محوریت کشورهای ارمنستان و گرجستان هم مانند مناطق زئولیتی ایران رسوبی هستند. در این بین، ایران با کیفیت‌ترین زئولیت‌ها را نسبت به آسیای میانه دارد. سن زمین‌شناسی بیشتر مناطق زئولیتی ایران عبارت‌اند از ائوسن، پلیوسن و الیگوسن. از سویی دیگر، ذخایر زئولیت‌های از نوع آنالسیم در ایران دارای رتبه تک رقمی در جهان و موقعیت جغرافیایی این ذخایر در حوالی شهرستان مشکین شهر از استان اردبیل قابلیت برند جهانی را داراست. ذخایر زئولیت ایران به ده‌ها میلیون تن می‌رسد، این ذخایر که در مناطق وسیعی از کشور رخنمون دارند مورد توجه منابع خارجی قرار داشته، ضمن برخورداری از امکان استفاده در صنایع داخلی، امکان صادارات و ارزآوری نیز فراهم می‌کند. با این وصف ایران در تولید جهانی زئولیت، متاسفانه به جایگاه قابل توجهی دست نیافته است.

معرفی برخی از انواع زئولیت

از تعداد ۴۰ نوع زئولیت طبیعی، هشت مورد آن در ایران قابل توجه هستند از جمله: آنالسیم، شابازیت، کلینوپتیلولیت، اریونیت، هیولاندیت، لامونیت، موردنیت و فیلیپیست که زئولیت کلینو فراوانترین زئولیت طبیعی ایران است، با سیستم تبلورتک شیب که منشاء آن هیدروترمال است به وفور یافت می‌شود (شکل۱ الف). زئولیت‌های کلینو بیشتر درسمنان، دماوند، میانه، آوج به وفور یافت می‌شوند. زئولیت‌های آنالسیم درمشکین شهر

در استان اردبیل و همچنین در منطقه طرود در استان سمنان یافت می‌شوند که با سیستم تبلور مکعبی، به عنوان یک کانی ثانویه در حفرات سنگ‌های آذرین بازالتیک و سنگ‌های رسوبی، دیده می‌شود.(شکل ۱ ب).



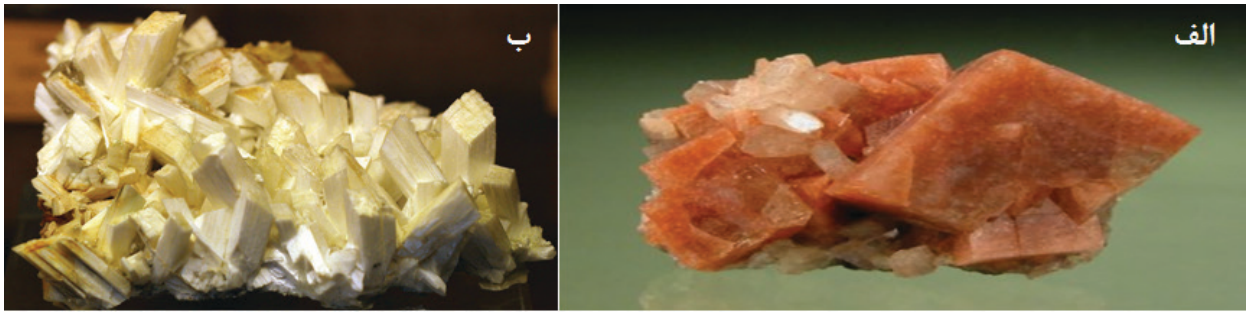
شکل ۱: (الف) کلینو با ترکیب شیمیایی $(Al_3(AlSi)Si_{13}O_{36})$ 3-2(NaKCa) (ب) آنالسیم با ترکیب شیمیایی $Na_9(AlsiO2O6)\cdot 1(H_2O)$

زئولیت های ناترولیت در منطقه حرمک استان سیستان و بلوچستان و در منطقه حسن آباد در استان تهران یافت شده اند که با سیستم تبلور ارترومبیک از طریق هیدروترمال تشکیل می‌شوند (شکل ۲ الف). زئولیت‌های استیلبیت در منطقه هشجین در استان اردبیل یافت می‌شوند که دارای شکل بلور ورقه‌ای (پهن و کوتاه) و سیستم تبلور آن تک شیب و منشاء آن آتشفشانی است (شکل ۲ ب).



شکل ۲: (الف) ناترولیت با ترکیب شیمیایی $Na_2[Al_2Si_3O_{10}]\cdot 2(H_2O)$ (ب) استیلبیت با ترکیب شیمیایی $NaCa_4\ (Si_{27}Al_9)O_{72}\cdot 28(H_2O)$

زئولیت‌های شابازیت در شرق رفسنجان و جنوب غرب بردسیر در استان کرمان یافت می‌شوند. سیستم تبلور آن روبوئدریک و منشاء تشکیل آن هیدروترمال–آتشفشانی است (شکل ۳ الف). زئولیت‌های لامونتیت در مسیر اردستان–نائین استان اصفهان یافت می‌شوند که دارای سیستم تبلور تک شیب و سنگ میزبان آن بازالت، آندزیت، سنگ‌های دگرگونی و گرانیت است (شکل ۳ب).



شکل ۳: (الف) شابازیت با ترکیب شیمیایی $Ca(Al_2Si_4O_{12})$ (ب) لامونتیت با ترکیب شیمیایی $Na,K(CaAlSi_2O_6)\cdot 4(H_2O)$

بـه نقـل از منابـع خارجـی، نتایـج حاصـل از مطالعـات و سـنتز زئولیت‌هـای مصنوعـی، رتبـه علمـی ایـران ارتقـاء پیـدا کـرده و در جهـان تـک رقمی اسـت. تمـام معـادن زئولیت ایـران به روش روبـاز (Ooen pit) اسـتخراج می‌شـوند، لـذا به عنـوان یک مزیت در کاهـش هزینه‌هـای تولیـد و اسـتخراج تاثیر دارد، بـه طور کلی ایـران، ظرفیت‌هـای بسـیار بالایـی در زمینـه زئولیـت دارد ولیکن بـا کیفیت‌تریـن و مسـاعدترین نواحـی زئولیتی ایران، کانسـارهای زئولیتـی آذربایجان شـرقی با محوریـت میانه، سـمنان با محوریت افتـر و تهـران با محوریت دماوند هسـتند. اسـتان سـمنان از لحاظ میـزان ذخایـر و اسـتخراج زئولیـت از نـوع کلینـو دارای رتبـه اول کشـور است.

نحـوه پـی جویـی و شناسـایی اولیـن ذخایـر زئولیتـی در ایران

پدیـده زئولیتاسـیون بـرای اولیـن بار هنـگام پیمایـش و پی جویی سـنگ‌های آذریـن بیرونـی حوالـی قـم در منطقه علی آبـاد رویت شـد، هـم چنیـن آندزیت‌هـای زئولیت‌هـای زئولیـت دار حوالـی گردنـه حسـن آبـاد مسـیر تهران–قـم قابـل توجه‌انـد کـه البتـه بیشـتر زئولیت‌هـای شناسـایی شـده از نـوع ناترولیـت بـه شـکل رشـته‌ای هسـتند. نکتـه اینکـه برخـی از زمیـن شناسـان ایـران، تشـکیل کانسارهای سـدیم سـولفات در ناحیه ورامین و گرمسار را وجـود زئولیت‌های تشـکیل شـده در سـنگ‌های آن ناحیـه، مرتبط می‌دانند. از جمله کانسـارهای سـدیم سـولفات کـه در زون مذکور یافت می‌شـوند مـاده معدنی اسـتراتژیک سلسـتین یا استرانسـیوم سـولفات اسـت کـه علـی رغـم کیفیـت بسـیار بـالای ایـن مـاده معدنـی و کاربـرد وسـیع آن در صنایـع دفاعـی و الکترونیکـی و سـاخت بدنـه هواپیما، متاسـفانه هنوز امـکان ایجـاد ارزش افزوده و فـرآوری آن در کشـور وجـود نـدارد. یکـی دیگـر از مـوادی کـه در ایـن مناطـق به وفـور یافت می‌شـود باریـت یا باریوم سـولفات اسـت کـه کاربـرد بسـیار زیـادی در حفاری‌هـای نفتـی و صنایـع رنـگ سـازی و لاسـتیک سـازی دارد و سـومین مـاده معدنـی که بـه وفـور یافـت می‌شـود کانسـارهای ژیپـس یـا گـچ آبـدار و از دیگـر کانی‌هـا سـولفات دو سـود اسـت کـه به عنـوان مـواد اولیه شـوینده‌ها کاربـرد دارد. عمده‌تریـن منابـع زئولیتی ایـران که مورد شناسـایی و پـی جویـی قـرار گرفته‌انـد عبارت‌انـد از:
رخنمـون نـی باغـی (جنـوب شهرسـتان اردبیـل)؛ زئولیـت منطقه جنـوب خـاوری سـمنان؛ زئولیت‌هـای منطقـه طلحـه ورامیـن؛ زئولیت‌هـای رودهـن؛ زئولیت‌هـای طالقـان؛ زئولیت‌هـای قلعـه عسـگر کرمـان؛ زئولیت‌هـای ابهـر؛ زئولیت‌هـای میانـه؛ زئولیت‌هـای دماونـد (حصاربـن و زریـن دشـت). نکته مهـم اینکه در بسـیاری از معـادن دارای ذخایـر زئولیتـی پاراژنـز متاسـفانه بـه دلیـل عـدم شـناخت درسـت این مـاده معدنی مهـم، اغلـب آن را بـه عنـوان معـدن خـاک صنعتـی یـا بنتونیـت می‌شناسـند.

برخی آمار مهم معادن زئولیت کشور

تعداد معادن زئولیت کشور دارای پروانه بهره برداری : ۲۳

تعداد معادن زئولیت در حال بهره برداری کشور: ۱۷

ترتیب بیشـترین معادن زئولیت کشـور: اسـتان سـمنان ۱۴، استان تهـران دو معـدن، اسـتان قـم دو معدن، اسـتان آذربایجان شـرقی یـک معـدن و تعـداد چهار معـدن نیز در سـایر اسـتان‌ها.

تعـداد معـادن زئولیت غیـر فعال یـا دارای مجوز توقـف فعالیت در کشـور: چهار معدن

تعداد معادن زئولیت کشور متعلق به بخش خصوصی: ۲۳

میـزان اشـتغال در معـادن زئولیت کشـور: ۸۸ نفر بر اسـاس پروانه بهـره برداری صادر شـده

میـزان اسـتخراج و تولیـد مـاده معدنـی زئولیت از معادن کشـور بر اسـاس پروانه بهـره برداری صـادره: ۱۹۲۲۰۰ تن

میـزان اسـتخراج واقعـی مـاده معدنـی زئولیـت از معادن کشـور بر اسـاس بررسـی‌های انجـام گرفتـه: ۹۱۱۸۷ تن

میـزان ذخایـر قطعی شناسـایی شـده از مجموع ۲۱ معـدن زئولیت کشـور: ۱۸۷۵۲۰۰۰ تن

بیشـترین اسـتخراج واقعـی مـاده معدنی زئولیت کشـور در اسـتان سـمنان: ۸۳۸۰۰ تن

بیشـترین ذخایـر قطعـی زئولیـت کشـور در اسـتان سـمنان: ۱۲۵۸۰۰۰۰تـن

میـزان سـرمایه گـذاری در معـادن زئولیـت کشـور: معـادل پانزده میلیـارد و صـد و بیسـت و چهارمیلیـون و هفتصـد هـزار تومـان اسـت.

ژنز و شرایط تشکیل زئولیت‌های طبیعی

بـه طور کلی درصورت فراهم شـدن شـرایط هیدروترمـال با دمای یکسـان، زئولیت‌هـا تغییـر سـاختار می‌دهنـد. بیشـتر زئولیت‌ها در دریاچه‌هـای قلیایـی و یـا نمکی واقـع در مناطق گرم وخشـک، در بخشـی از آب بـا pH حـدود ۵/۹، محیـط مناسـبی برای تشـکیل زئولیت‌هاسـت. مـوادی کـه در ایـن دریاچه‌هـا می‌تواننـد بـه زئولیـت تبدیـل شـوند عبارت‌انـد از شیشـه‌های طبیعـی، توف‌هـا، کائولـن، فلدسـپات‌های سـدیم و پتاسـیم. تمـام کانی‌هـای گـروه زئولیـت کـه تا به حـال شناسـایی شـده‌اند، کانی‌های ثانویـه بوده و از تخریـب یا دگرسـانی کانی‌هـای اولیه نظیر فلدسـپات، رس‌ها و سـیلیکات‌های طبیعـی بـه وجـود می‌آیند.

ناخالصی‌های همراه ذخایر زئولیتی در ایران

ناخالصی‌هـای همـراه زئولیـت در ایـران بیشـتر بـه صـورت گـچ

$CaSO_4$، آهک $CaCO_3$، خاک‌های رس (کائولن، مونت موریونیت و بنتونیت)، کوارتز، نمک، سدیم سولفات می‌باشد. به طور معمول، در پی جویی و اکتشاف ذخایر کانسارهای زئولیتی، یکی از کانی‌های ناخالصی که به عنوان شاخص در شناسایی زئولیت‌ها به شمار می‌آید کانی مونت موریونیت است.

خواص درمانی زئولیت‌ها در حوزه سلامت

در مورد خواص درمانی زئولیت‌ها در حوزه سلامت می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: ۱) جلادهنده در خمیر دندان‌های حاوی فلوراید؛ ۲) زئولیت غنی از گروه‌های هیدروکسیل همانند آهن‌ربا قادر به جذب فلزات سنگین از جمله سرب، جیوه و کادمیوم جهت جلوگیری از مسمومیت‌های احتمالی است و در واقع برای سم‌زدایی و پاکسازی بدن تبدیل می‌شود؛ ۳) تقویت سیستم ایمنی بدن؛ ۴) تعدیل pH بدن؛ ۵) کاهش علائم آلرژی و التهاب؛ ۶) کاهش خطر ابتلا به سرطان؛ ۷) درمان برخی بیماری‌های گوارشی؛ ۸) زئولیت‌های آنالسیم باعث تسکین اعصاب و روان، افزایش اعتماد به نفس، تاثیرات مثبت بر میران قند بدن برای بیماران دیابتی. همچنین این کانی، سم زدایی قوی دارد که سموم را جذب و از بین می‌برد که در تسکین علائم و درمان بیماری گواتر بسیار مفید است.

آنالسیم (Analcime)

فرمول شیمیایی آنالسیم $H_2O.(AlsiO_2O_6)Na_9$ با سیستم تبلور مکعبی، از خانواده سیلیکات‌ها به شمار می‌آید و با وزن مخصوص ۲/۳-۲/۲ گرم بر سانتی متر مکعب و به شکل ظاهری بلوری به رنگ قرمز، سبز، زرد و خاکستری دیده می‌شود. زئولیت‌های از نوع آنالسیم به عنوان یک کانی ثانویه در حفرات سنگ‌های آذرین بازالتیک و سنگ‌های رسوبی تشکیل می‌شوند. از نظر سن زمین شناسی آنالسیم‌ها در ایران، وجود آنالسیم در سنگ‌های ماگمایی مربوط به ائوسن محرز شده است. مناطق تشکیل آنالسیم در ایران، منطقه مشکین شهر در استان اردبیل با ذخایر بسیار وافر و منطقه طرود در استان سمنان به صورت همبر با سنگ‌های نیمه قیمتی آمیتیست همراه است و به دلیل بلوری بودن سنگ، جنبه زینتی به خود گرفته است. نکته اینکه موقعیت جغرافیایی زئولیت‌های آنالسیم در منطقه مشکین شهر از شمال روستای شیران در ۸۰ کیلومتری شهرستان مشکین شهر در مسیر پارس آباد قرار دارد (شکل ۱ ب). از دیگر دلائل اهمیت مطالعات تکمیلی بر کانی آنالسیم، این است که آنالسیم نوعی زئولیت سدیم دار به همراه آب است. با توجه به درصد قابل توجه آلومینیم اکسید (بیش از Al_2O_3 >۲۳٪) و با توجه به قابلیت ویژه این ماده معدنی (جانشینی یونی که در شرایطی از دما و فشار در ترکیب آن جانشینی یونی صورت می‌گیرد) و هم چنین وجود ذخایر بالقوه آنالسیم در مناطق یاد شده، با طراحی دانش فنی استحصال آلومینیم از آنالسیم به دلیل برخورداری از قابلیت جانشینی یونی به عنوان ماده اولیه می‌تواند در تولید آلومین نقش مهمی ایفا کند. علی‌رغم وجود ذخایر قابل توجه نفلین سینیت (به عنوان مواد اولیه در تولید آلومین) در استان آذربایجان شرقی و پیچدگی بسیار بالای استحصال آلومینیم از این ماده معدنی – این فرآیند در خصوص آنالسیم به دلیل برخورداری از قابلیت جانشینی یونی و وجود مقداری H_2O امکان پذیر است – بومی سازی فن آوری استحصال آلومینیم از ماده معدنی آنالسیم به عنوان یک طرح ابتکاری و خلاق و ارتقاء صنعت آلومینیم کشور پیشنهاد می‌شود.

نکته ۱: به دلائل مهم ذکر شده در خصوص آنالسیم (کاربرد گسترده و ذخایر وافر در کشور) لذا این ماده معدنی استراتژیک از قابلیت ثبت جهانی برخوردار است.

نکته ۲: انتخاب فلز آلومینیم به عنوان فلز برگزیده از سوی سازمان ملل متحد به عنوان یک فلز پر مصرف و قابل اعتنا به دلیل رعایت مسائل زیست محیطی و پایدار انرژی و بازار پر مصرف داخلی و هم چنین با توجه به پیشنهاد تشکیل سازمان کشورهای تولید کننده آلومینیم یا اوپک آلومینیم با پیشنهاد کشور روسیه – متشکل از کشورهای دارای ذخایر، تولید کننده و مصرف کننده صنایع آلومینیم – باید برنامه ریزی و نقشه راه جهت رسیدن به شاخص‌های ذکر شده باشیم: ۱) عضو اوپک آلومینیم؛ ۲) رعایت موارین محیط زیستی؛ ۳) تولید ۱/۵ میلیون تن تا افق ۱۴۰۴ سند چشم انداز ۲۰ ساله اقتصادی کشور؛ ۴) ایجاد فرصت‌های شغلی. آنالسیم یکی از مواد معدنی مهم کشورمان با ذخایر زیاد است که میزان آلومینیم قابل توجهی دارد اما فن آوری استحصال آلومینیم تاکنون برای آن طراحی نشده است. در حال حاضر عمده ماده معدنی آلومینیوم (بوکسیت) از افریقای جنوبی وارد می‌شود و سالانه ۳۰۰ تا ۴۰۰ هزار تن آلومینیوم در کشور تولید می‌شود و بیش از ۲۵۰ هزار نفر در این صنعت اشتغال دارند.



شکل ۴: (الف) نقشه انرژی خاورمیانه (ب) جایگاه ایران در کریدرهای بین المللی

جایگاه ایران در ذخایر طبیعی در جهان

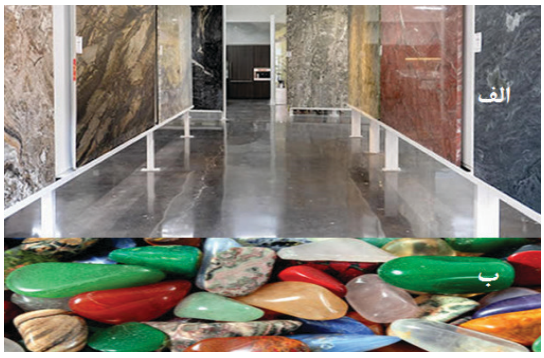
ایران رتبه پنجم جهان از نظر غنی‌ترین کشورهای با ذخایر طبیعی جهان را داراست (به ترتیب کشورهای روسیه، آمریکا، عربستان، کانادا و ایران). به نقل از نشریه معتبر وال استریت ژورنال ایران ۱۶ درصد از ذخایر گاز طبیعی جهان و حدود ۱۰ درصد ذخایر نفتی جهان را داراست. طلوع یک قدرت معدنی بزرگ به نام ایران به نقل از موسسه هالگارتن (Hallgarten Institute) که بیش از ۴۰ محصول معدنی تولید کرده و بیش از ۲۰ فلز با محصولات مرتبط با فلزات را فرآوری کرده است نیز گواه بر این نکته است.

جایگاه ذخایر معدنی اکتشاف شده ایران در جهان

ایران با شناسایی و محاسبه ۶۰ میلیارد تن ذخایر قطعی و احتمالی معدنی از جایگاه رتبه دهم در جهان برخوردار است. با شناسایی این ذخایر، ایران هم چنین رتبه اول خاورمیانه رتبه سوم آسیاست. ایران ۷٪ ذخایرمعدنی جهان را داراست در حالی که ۴٪ درصد ازخاک دنیا را در اختیار دارد. همچنین ایران دومین ذخایر بزرگ نفت جهان و اولین ذخایر بزرگ گاز طبیعی را داراست و در مجموع، در ذخایر نفت و گاز رتبه اول جهان را داراست. نکته مهم اینکه دارا بودن ذخایر طبیعی به تنهایی باعث ثروتمند شدن جامعه نخواهد شد و تبدیل ذخایر طبیعی به ثروت نیازمند دانش و برنامه‌ریزی است.

جایگاه تنوع مواد معدنی ایران در جهان

ایران با شناسایی ۷۴ نوع ماده معدنی، رتبه چهاردهم یا پانزدهم جهان را داراست. از این تعداد، ۴۲ ماده معدنی غیر فلزی و ۱۱ ماده معدنی فلزی و الباقی مصالح ساختمانی و نمک‌ها هستند. هم چنین ایران رتبه اول جهان از نظر تنوع رنگ و کیفیت سنگ‌های تزئینی در جهان است (شکل ۵ الف). ایران گوئی آلبوم تنوع مواد معدنی جهان است و به بهشت زمین شناسی دنیا شهرت دارد که تمام عناصر جدول مندلیف را می‌توان در آن یافت. سنگ‌های قیمتی و نیمه قیمتی (گوهر سنگ‌ها) ایران هم از نظر کیفیت و تعداد و هم از نظر تنوع رنگ درجهان جایگاه تک رقمی دارد (شکل ۵ ب).



شکل ۵: (الف) تصویری از تنوع سنگ‌های تزئینی کشور
(ب) تصویری از گوهر سنگ‌های کشور با بیش از ۳۶ رنگ سنگ عقیق

جایگاه برندینگ مواد معدنی ایران در جهان:

معدن فیروزه نیشابور، قدیمی‌ترین و بزرگ‌ترین و باکیفیت‌ترین معدن فیروزه جهان است که با ثبت آن در کتاب رکوردهای جهانی گینس، ایران به عنوان برند بین المللی شهرت دارد (شکل۶).



شکل ۶: تصویری از معدن و سنگ فیروزه نیشابور با قدمت ۷۰۰۰ ساله تاریخی و قدمت ۷۰۰ ساله رسمی

بزرگترین ذخایر فلز روی ایران در کتاب رکوردهای جهانی گینس ثبت گردیده است. تصویری از کانی اسفالریت یا روی سولفید در شکل ۷ ب قابل مشاهده است (شکل ۷ الف). از طرف دیگر، معدن سرب و روی انگوران در استان زنجان، خالص‌ترین سرب و روی جهان به شمار می‌رود (شکل ۷ ب) .



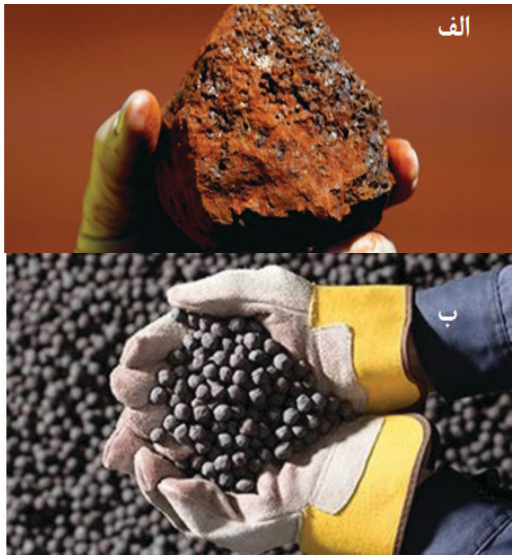
شکل ۷: (الف) تصویر کانی اسفالریت یا روی سولفید
(ب) معدن سرب و روی انگوران در استان زنجان

همچنین خاک سرخ جزیره هرمز در استان هرمزگان، باکیفیت‌ترین ذخایر خاک سرخ جهان را دارد. تصویری زیبا از سواحل دریای خلیج فارس در تنگه هرمز در شکل ۸ (الف) و کاربرد خاک سرخ آن به صورت صنایع دستی با کاربرد وسیع در صنایع آرایشی، رنگ سازی و غذایی شناخته شده است (شکل ۸ ب).



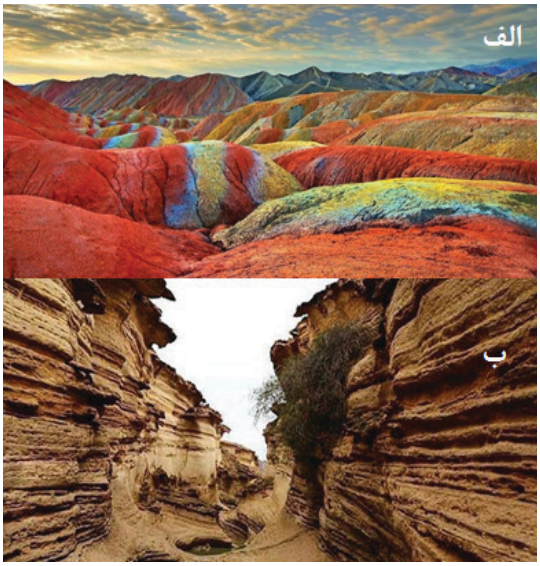
شکل ۸: (الف) سواحل دریای خلیج فارس در تنگه هرمز
(ب) خاک سرخ تنگه هرمز با کاربرد وسیع ازجمله صنایع دستی

فولاد مبارکه در استان اصفهان، بزرگترین تولیدکننده آهن اسفنجی در جهان است. تصویری از سنگ آهن ترکیبی هماتیتی و مگنتیتی در شکل ۹ (الف) و تصویر از سنگ آهن اسفنجی تولید شده از سنگ آهن در شکل ۹ (ب) قابل مشاهده است.



شکل ۹: (الف) سنگ آهن هماتیتی و مگنتیتی اصفهان
(ب) سنگ آهن اسفنجی تولید شده از سنگ آهن

ایران به لحاظ پدیده‌های ویژه زمین شناسی، جزء شگفت‌انگیزترین کشورهای جهان است. تصویری از کوه‌های آلاداغ لار (کوه‌های رنگی) ماه‌نشان در استان زنجان و تصویری از طبیعت زیبای جزیره قشم به عنوان یکی از پدیده‌های زمین‌شناسی جهان در شکل ۱۰ قابل مشاهده است.



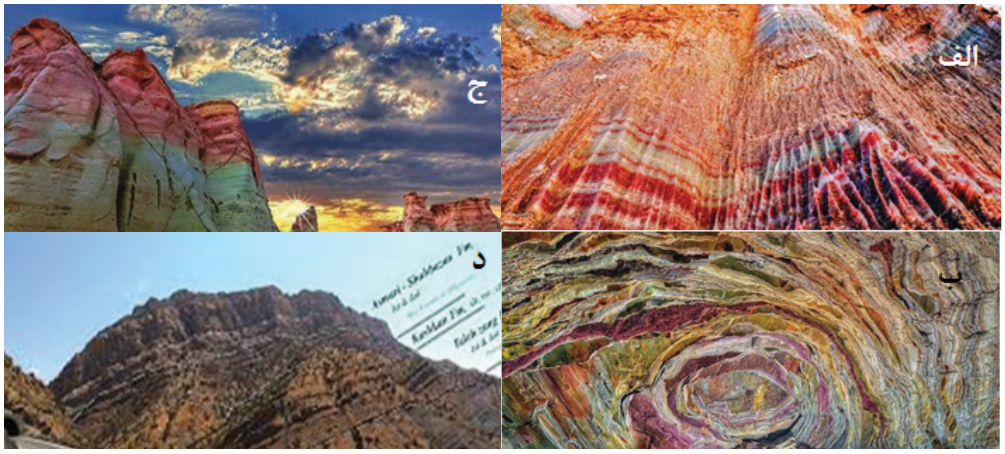
شکل ۱۰: (الف) کوه‌های آلاداغ لار (کوه های رنگی) ماه‌نشان
استان زنجان (ب) طبیعت زیبای جزیره قشم

زمین لغزش پل دختر (سیمره) در جنوب غربی پل دختر که در دامنه شمال شرقی بزرگ تاقدیس کبیرکوه در استان لرستان به عنوان بزرگترین زمین لغزش بلوکی جهان نام دارد. در مکانی دیگر از سرزمین بزرگ ایران، بلوک لوت ایران با ۷۰/۷ درجه سیلیسوس به عنوان گرم‌ترین نقطه کره زمین با بلندترین تپه‌های ماسه‌ای جهان قابل مشاهده است. همچنین گل فشان دشت کهیر استان سیستان و بلوچستان، زیباترین چشمه بدون آب جهان است که به علت خواص درمانی آن سالانه تعداد زیادی توریست از آن بازدید می‌کنند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: (الف) پل دختر سیمره (ب) کویر لوت ایران (ج) گل فشان دشت کهیر استان سیستان و بلوچستان

گنبد نمکی جاشک در شهرستان خورموج استان بوشهر، زیباترین و یکی از بزرگترین گنبدهای نمکی جهان است که به عروس کوه‌های جهان شهرت دارد. گنبد نمکی جاشک از شگفت‌انگیزترین پدیده‌های زمین شناسی دنیا (با خواص درمانی) به شمار می‌آید. هم چنین ژئو پارک جزیره قشم با ثبت جهانی، منحصربه‌فردترین ژئوپارک‌های جهان است. از سویی دیگر غار نمکی جزیره قشم، بزرگترین غار نمکی جهان است. همچنین سازند آهکی آسماری در استان خوزستان، غنی‌ترین مخزن کربناته جهان است. تصویری زیبا از طاقدیس آهکی آسماری در حدفاصل مسجدسلیمان و اهواز که بیشترین ذخایر نفتی جهان را دارد، قابل مشاهده است .



شکل ۱۲: (الف) ماده معدنی ژئولیت کلینو در منطقه زرین دشت از شهرستان دماوند (ب) عقیق نمین استان اردبیل

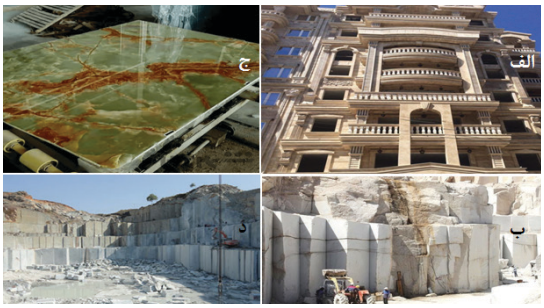
مواد معدنی کشور دارای ثبت بین‌المللی که برند جهانی گردیده‌اند:

مواد معدنی ارزشمند کشورکه تاکنون به عنوان برند ملی و بین المللی (ثبت سازمان مالکیت جهانی وایپو) ثبت شده‌اند قابل توجه است. ایران رتبه اول جهان در ذخایر ژئولیت‌های با کیفیت است. تصویری از ماده معدنی ژئولیت کلینو در منطقه زرین دشت از شهرستان دماوند در شکل ۱۳ قابل مشاهده است. همچنین معدن عقیق نمین استان اردبیل، زیباترین عقیق جهان با عنوان عقیق پائیزی مینیاتوری بوده و به ثبت ملی رسیده است که در دستور کار ثبت جهانی به عنوان برند بین المللی ایران قرار گرفته است.



شکل ۱۳: (الف) ماده معدنی زئولیت کلینو در منطقه زرین دشت از شهرستان دماوند (ب) عقیق نمین استان اردبیل

سنگ زیبای تراورتن محلات با شماره ثبت ملی ۸۳-جی آی و شماره بین المللی AO1114 با کاربرد در نمای ساختمان ثبت جهانی گردیده است. همچنین، سنگ مرمر کردستان با شماره ثبت ملی ۱۹۵-جی آی و شماره بین المللی AO1105 ثبت جهانی گردیده است. همچنین، تصویری از پلاک سنگ زیبای مرمر قروه کردستان برای نمای ساختمان که ثبت جهانی گردیده است، در شکل ۱۴ قابل مشاهده است.



شکل ۱۴: (الف) سنگ زیبای تراورتن محلات در نمای ساختمان (ب) معدن سنگ تراورتن محلات (ج) پلاک سنگ زیبای مرمر قروه کردستان (د) یکی از معادن سنگ مرمر قروه کردستان

سنگ گچ سمنان با شماره ثبت ملی ۱۰۳-جی آی و شماره بین المللی AO1106 ثبت جهانی گردیده است. تصویری از یکی از معادن سنگ گچ سمنان (پایتخت گچ ایران) در شکل ۱۵ قابل مشاهده است.



شکل ۱۵: (الف) سنگ گچ (ژیپس) برای مصرف مصالح ساختمان که ثبت جهانی گردیده است (ب) یکی از معادن سنگ گچ سمنان

مواد معدنی کشور دارای ثبت ملی که برند ملی گردیده‌اند و در دستور کار ثبت جهانی قرار دارند:

سنگ قیمتی عقیق نمین اردبیل (شکل ۱۶ الف)؛ سنگ قیمتی عقیق قم (شکل ۱۶ ب)؛ خاک سرخ جزیره هرمز؛ سرب و روی انگوران؛ آق قلا (شکل ۱۶ ج)؛ زغال‌سنگ طبس؛ بنتونیت خراسان جنوبی؛ سنگ گرانیت سبز خراسان جنوبی (شکل ۱۶ د)؛ سنگ مرمر رنگین خراسان جنوبی؛ سنگ گرانیت گل پنبه‌ای نهبندان (شکل ۱۶ و)؛ سنگ آندالوزیت نهبندان؛ سنگ منیزیت سربیشه؛ سنگ بازالت منشوری طلایی سربیشه (شکل ۱۶ ه).

مواد معدنی کشور که در دستور کار ثبت ملی قرار دارند:

۱-سنگ فلورین خراسان جنوبی

۲-سنگ گارنت نهبندان (شکل ۱۶ الف)

۳-سنگ عقیق بهاری فردوس

۴-سنگ قیمتی عقیق شجر زیر کوه

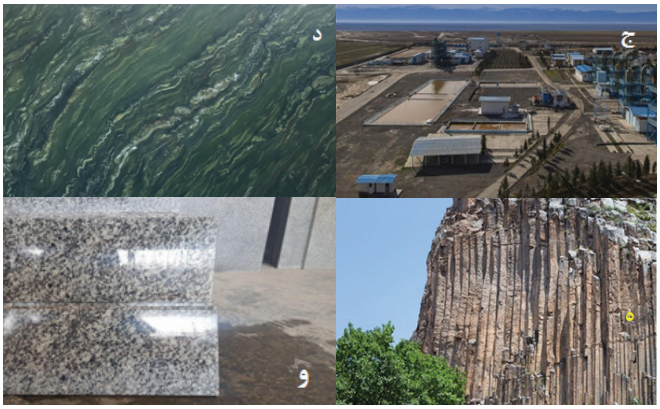
۵-سنگ قیمتی عقیق پاییزی سه قلعه

۶-سنگ منیزیت زاهدان و خاش

۷-پتاس طبس (شکل ۱۶ ب)



شکل ۱۶: (الف) سنگ قیمتی عقیق نمین اردبیل (ب) سنگ قیمتی عقیق قم



(ج) کارخانه ید آق قلا (د) سنگ گرانیت سبز خراسان جنوبی (و) سنگ گرانیت گل پنبه‌ای نهبندان (ه) سنگ بازالت منشوری طلایی سربیشه



شکل ۱۷: (الف) سنگ گارنت نهبندان (ب) پتاس طبس

منابع:

1. Jornal: Colloids and surfaces B : volume -173 January 2019

2. Jornal: Microporous and Mesoporous, Volume 15 , 271 November 2018

3. Jornal: Jornal of cleaner Production -volume 10- 195 September 2018

۴–ماین نیوز (پایگاه خبری تحلیلی اخبار معدن) به نقل از کریستوفر اسکلستون ، تحلیل گر معدنی موسسه هالگارتن اند کامپانی لندن ، یکشنبه ۱۸/۱۱/۹۴ کدخبر ۳۰۶۲۹

۵–روزنامه دنیای اقتصاد به نقل از استاتیسا –شماره ۵۶۴۳ ، ۲۰/۱۰/۱۴۰۱ ، شماره خبر ۳۹۳۳۶۹۰

۶– کتاب سیمای بازسازی بین المللی معادن ، تالیف : دکتر مجید پورمقدم ، انتشارات پشتونن ، سال ۱۴۰۰

مروری بر چند کشف علوم پایه و کاربرد آنها در زندگی روزمره

سعید سمنانیان
گروه فیزیولوژی، دانشگاه تربیت مدرس
ssemnan@modares.ac.ir
نامه علوم پایه شماره ۶، تابستان ۱۴۰۱

چکیده

کم توجهی به اهمیت و نقش رشته‌های علوم پایه در زندگی ابنای بشر و لزوم تربیت نیروی انسانی متبحر و پژوهش در این حوزه‌های علمی، دغدغه مشترک متخصصین این رشته‌ها و چه بسا کل اهل علم و دانش میباشد. با هدف نمایان ساختن اهمیت علوم پایه و به پیشنهاد انجمن فیزیک امریکا، در هفتادو ششمین جلسه (۲۰۱۹) مجمع عمومی سازمان ملل، سال ۲۰۲۲ به عنوان سال علوم پایه برای توسعه پایدار نامگذاری شد.

برای جلب نظر بیشتر سیاستمداران و بودجه‌ریزان به حوزه علوم پایه، اریک لندر، ریاضیدان و متخصص ژنتیک – در حال حاضر مشاور علمی رئیس جمهور آمریکا – در جشنواره ملی ریاضی این کشور، طی یک سخنرانی مبسوط نمونه‌هایی از تاثیر تلاش‌ها و زحمات دانشمندان علوم پایه جهان در ایجاد محیطی مناسب برای زندگی ابنای بشر را معرفی کرد. با الهام از مفاد این سخنرانی و همچنین به عنوان گامی برای شرکت در بزرگداشت سال علوم پایه در کشور[1]، در این مقاله ترویجی با تشریح سه مورد از پژوهش‌های دانشمندان علوم پایه، تلاش شده تا ضمن مرور چند و چون روند کار این تحقیقات، تاثیرات آنها را در توسعه و پیشرفت زندگی روزمره نشان دهیم. با مرور این مثال‌ها به آسانی می‌توان دریافت که شکوفائی تکنولوژی‌های مورد استفاده در زندگی روزمره، مستقیم و غیر مستقیم، ثمره سال‌ها و گاهی دهه‌ها تلاش پژوهشی دانشمندان علوم پایه است.

کلید واژگان: علوم پایه، سیستم موقعیت یاب جهانی، *ترموس آکواتیکوس*، پروتئین فلورسانت سبز

مقدمه

با پیشنهاد انجمن فیزیک امریکا، در هفتادوششمین جلسه سال ۲۰۱۹ مجمع عمومی سازمان ملل، سال ۲۰۲۲ به عنوان سال علوم پایه برای توسعه پایدار[2] نامگذاری شد. مهجور ماندن نسبی و بی‌مهری نسبت به علوم پایه منحصر به ایران نیست. در تمام دنیا، دانشمندان و متخصصان این علوم همواره سعی داشته‌اند اهمیت و حساسیت این حوزه را به سیاستمداران و تصمیم‌سازان و بودجه‌ریزان از یکسو، و به عموم مردم از سوی دیگر و همچنین به جوانانی که در پی تصمیم‌گیری برای انتخاب مسیر علمی و طریق زندگی خود هستند تبیین کنند. البته سطح و عمق بحران علوم پایه در کشورهای مختلف متفاوت است.

اریک لندر[3] ریاضیدان و متخصص ژنتیک امریکایی – در حال حاضر مشاور علمی رئیس جمهور امریکا –، استاد انستیتو تکنولوژی ماساچوست[4] و استاد زیست‌شناسی سیستم‌ها در دانشکده پزشکی هاروارد بوده و نقش بارزی در پیشبرد پروژه ژنوم انسانی[5] داشته است. سخنرانی او در باب علوم پایه در سال ۲۰۱۵ در جشنواره ملی ریاضی امریکا اخیرا در خبرنامه شماره ۱۰۰ پژوهشگاه دانش‌های بنیادی بخوبی ترجمه و منتشر شد. هدف لندر در این صحبت، بیان اهمیت تحقیقات علوم پایه و ذکر نمونه‌هایی از خیل عظیم یافته‌های علوم پایه در اثرگذاری آن‌ها بر زندگانی روزمره انسان‌ها بود. نامگذاری سال ۲۰۲۲ به عنوان سال علوم پایه برای توسعه پایدار و همچنین متن سخنرانی فوق‌الذکر الگو و انگیزه تهیه مقاله ترویجی شد که در اختیار دارید.

---

۱. به مناسبت نامیدن سال ۲۰۲۲ میلادی به عنوان سال علوم پایه برای توسعه پایدار از سوی یونسکو، سال گذشته ستادی متشکل از نهادهای مختلف با حمایت وزارت عتف در کشور تشکیل شد که هدف آن تبیین اهمیت علوم پایه برای توسعه پایدار کشور بوده است.

2. International Year of basic sciences for sustainable development
3. Eric Steven Lander (1957)
4. Massachusetts Institute of Technology (MIT)
5. Human Genome

در این مختصر تلاش شده است سه مورد از هزاران نمونه موفقیت دانشمندان در کنکاش و کشف رموز علمی در رشته‌های مختلف علوم پایه و نهایتا دستیابی به کاربردهای اثرگذار در زندگی آحاد بشر به سیاق نوشتارهای «تاریخ علم»، به زبانی که حتی برای علاقمندان رشته‌های علمی دیگر قابل دریافت باشد معرفی شوند.

در این مختصر تلاش شده است سه مورد از هزاران نمونه از موفقیت دانشمندان در کنکاش و کشف رموز علمی در رشته‌های مختلف علوم پایه و علی‌نهایه دستیابی به کاربردهای اثرگذار در زندگی آحاد بشر را به سیاق «تاریخ علم» و به زبانی که حتی علاقمندان رشته‌های دیگر علمی دریافته و از آن بهره و لذت ببرند عرضه و ارائه نمایم.

کاربرد نظریه نسبیت در سیستم موقعیت یاب جهانی

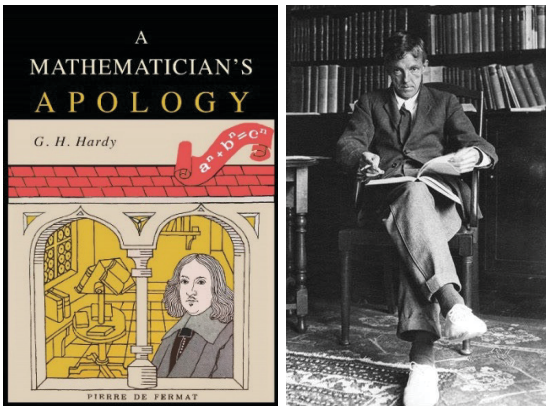
گادفری هارولد هاردی[1] یکی از ریاضیدانان بزرگ قرن بیستم است. او با دانشمندانی مانند برتراند راسل[2] و مینارد کینز[3] دوست و هم‌مباحثه بود. هاردی در دانشگاه کمبریج ریاضی خواند و متعاقبا سال‌ها در آکسفورد تدریس کرد و سال‌های پایانی حرفه‌اش را دوباره در دانشگاه کمبریج گذراند. هاردی نه تنها در ریاضیات و نظریه‌ی اعداد[4]، بلکه در ژنتیک هم دستاوردهایی داشته و موضوع «تعادل هاردی–واینبرگ»[5] برای کسانی که در زمینه‌ی ژنتیک جمعیت کار می‌کنند آشناست.

هاردی از سال ۱۹۱۱ تا سی و پنج سال بعد با ج. ا. لیتل‌وود[6] در زمینه علمی مشارکت کرد و با همکاری وی حدود یک صد مقاله علمی نوشت. او در زمینه عقاید سیاسی یک صلح‌طلب رادیکال بود و در زمان جنگ جهانی دوم در انگلیس علیه جنگ موضع گرفت و در این رویداد دانشمندان را بی‌تقصیر نمی‌دانست. هاردی در کتاب معروفش با عنوان «دفاعیهٔ یک ریاضیدان»، اشاره می‌کند که هیچ کس نتوانسته کاربردی عملی برای نظریهٔ اعداد یا نظریهٔ نسبیت عام بیابد، و به نظر محتمل نمی‌رسد که تا سال های دور هم کسی بتواند چنین کاری بکند. ولی امروزه نظریهٔ اعداد، و بحث اعداد اول، در مرکز و قلب امنیت ملی و مخابرات قرار دارد.

هر که سیستم موقعیت یاب جهانی[7](GPS) را به کار می‌گیرد، از نظریه نسبیت عام استفاده می‌کند چون برای مکان‌یابی دقیق با دستگاه موقعیت یاب عملا به تصحیح اتّساع زمانی ماهواره‌ها نیاز است. درواقع می‌توان گفت: نظریه نسبیت عام به گونه‌ای در گوشی‌های هوشمند تعبیه شده است. نظریه اعداد که در گذشته به آن حساب پیشرفته می‌گفتند، شاخه‌ای از ریاضیات محض است که خود را عمدتاً وقف مطالعه اعداد صحیح نموده‌است. متخصصین نظریه اعداد به مطالعه اعداد اول و همچنین خواص اشیای ساخته شده بر مبنای اعداد می‌پردازند. نظریه اعداد به بررسی اعداد صحیح و روابط و توابع آنها می‌پردازد و نهایتا برخی از ویژگی‌های این اعداد را بیان می‌کند که از جمله عبارت اند از:

- تقسیم‌پذیری در اعداد صحیح
- مجموعه خاصی از اعداد صحیح به نام اعداد اول
- هم‌نهشتی در اعداد صحیح
- توابع حسابی
- تقابل درجه دوم

و اینکه این نظریه در پیشرفت های علوم کامپیوتر و رمزنگاری و مخابرات بسیار موثر بوده است.



شکل ۱و۲: گادفری هارولد هاردی و کتاب معروفش «دفاعیهٔ یک ریاضیدان»

رمزنگاری[8]

رمزنگاری دانشی است که به بررسی و شناختِ اصول و روش‌های انتقال یا ذخیره امن اطلاعات (حتی اگر مسیر انتقال اطلاعات و کانال‌های ارتباطی یا محل ذخیره اطلاعات ناامن باشند) می‌پردازد. رمزنگاری با کلید عمومی اساساً بر مسئلهٔ تجزیهٔ اعداد به عامل‌های اولِ آنها اتکا دارد. امروزه نظریهٔ اعداد در مرکز مباحث تجارت و همچنین امور دفاعی قرار گرفته است.

رامانوجان[9]

یکی از ماجراهای پرآوازه زندگی هاردی، آشنایی با ریاضی‌دانی هندی بنام رامانوجان بود که جدیدا در قالب فیلمی بنام «مردی

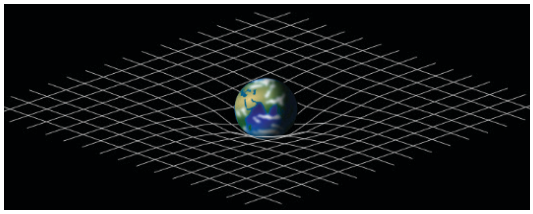
1. Godfrey Harold Hardy
2. Bertrand Russel (1970– 1872)
3. John Maynard Keynes (1946– 1883)
4. Number theory
5. Hardy–Weinberg principle
6. John Edensor Littlewood (1997-1885)
7. Global positioning system (GPS)
8. Cryptography
9. Srinivasa Ramanujan

کـه بی‌نهایـت را میدانسـت»[1] به تصویر درآمده اسـت. سرینیواسـا رامانوجـان، یـک ریاضـی‌دان خودآموختـه قـوم تامیل هندوسـتان بـود کـه تقریباً بـدون هیچ آموزشـی در ریاضیات محض توانسـت بـه گونـه شـگفت‌انگیزی رابطه‌هـای مهمـی را در آنالیـز ریاضـی، نظریـه اعـداد، سـری‌ها و کسـر مسلسـل از خـود به جـای بگذارد. او در سـال‌های ۱۹۱۲ تـا ۱۹۱۳ چنـد نمونـه از تلاش‌های خود در ریاضـی را برای سـه نفر از اسـتادان دانشـگاه کمبریج می‌فرسـتد. هـاردی متوجه اسـتعداد ویـژه رامانوجان در ریاضی می‌شـود و او را بـه کمبریـج دعـوت می‌کنـد تا هـم او را ببیند و هم بـا او کار کند. پـس از سـختی‌ها و فـراز و نشـیب‌های فراوان و اثبـات دانش وافر او، رامانوجـان بـه عضویت انجمن سـلطنتی انگلسـتان[2] (FRS) و کالـج ترینیتـی کمبریـج در می‌آیـد. او در نهایـت به دلیـل ابتلا به بیماری سـل در سـال ۱۹۲۰ در ۳۲ سـالگی از دنیا می‌رود.

کاربرد نظریه نسبیت در GPS

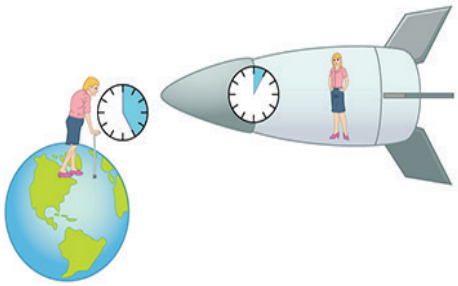
پـروژه GPS در سـال ۱۹۷۳ برای غلبه بـر محدودیت‌های موجود در ناوبـری آغـاز شـد. ایـن فناوری کـه درابتـدا بـرای کاربردهای نظامـی طراحـی شـده بـود، امـروزه بـه یکـی از نیازهـای روزمره مـردم تبدیـل شـده اسـت و تقریبـا هـر روز بـا آن سـروکار داریم. بـدون در نظـر گرفتـن نظریه‌های نسـبیت در پیاده‌سـازی GPS، ایـن سـرویس ظـرف مـدت یـک روز دچـار اختـلال خواهد شـد؛ اختلالـی کـه می‌توانـد در عـرض یـک روز، موقعیت شـما را حتی تـا ۱۰ کیلومتـر اشـتباه تشـخیص دهـد. فناوری اسـتفاده شـده در GPS بـه ایـن صـورت اسـت که بـا اسـتفاده از عمل «سـه جانبه گیـری»[3] موقعیـت یـک شـی را مشـخص می‌کنـد. در هـر لحظه و در هـر نقطـه‌ای روی زمیـن کـه باشـید، حداقـل ۴ ماهـواره از مجمـوع ماهواره‌هـای GPS، در میـدان دیـد دسـتگاه GPS قرار دارنـد. ایـن ماهواره‌هـا در فاصلـه‌ی حـدود ۲۰ هـزار کیلومتری از زمیـن واقع شـده‌اند.

نظریه‌ی نسـبیت عام[4] در مورد نیروی جاذبه توسـط آلبرت انشـتین در بـازه زمانـی ۱۹۰۷ تـا ۱۹۱۵ ارائـه گردید. براسـاس این نظریه هرچـه جسـمی در فضـای گرانشـی بیشـتری باشـد، یا بـه عبارت دیگـر نیـروی گرانشـی بیشـتری به آن وارد شـود، زمـان برای آن جسـم در آن فضـا نسـبت به جسـم دیگـری که در جـای دیگری و در معـرض جاذبـه‌ی کمتـری قـرار دارد، کندتـر می‌گـذرد. ایـن یعنـی زمـان برای فـردی کـه روی کـره‌ی زمین زندگـی می‌کند، نسـبت بـه ماهـواره‌ای کـه دور زمیـن در حـال حرکت اسـت و در معـرض جاذبـه‌ی کمتـری قـرار گرفتـه، کندتـر می‌گذرد. ایـن اثر باعـث می‌شـود که سـاعت موجـود در ماهواره‌هـای GPS، روزانه ۴۵ میکروثانیـه از سـاعات سیسـتم‌های روی زمین جلـو بیفتد و در واقـع زمان بـرای ماهواره هـا سـریعتر بگـذرد (۴۵+ میکروثانیه).



شکل ۳: نظریه نسبیت عام

از سـوی دیگـر، بر اسـاس نظریه نسـبیت خـاص[5]، به دلیـل اینکه ماهواره‌هـا نسـبت بـه ناظـر روی زمیـن در حرکـت هسـتند، بـه خاطـر اثـر گسـترش زمانی[6]، سـاعت‌های آن‌ها نسـبت به سـاعت سیسـتم‌های روی زمیـن، روزانـه ۷ میکروثانیـه عقـب می‌افتد. در مجمـوع بـه واسـطه‌ی ایـن دو نظریـه، روزانـه سـاعت ماهواره‌ها نسـبت به سـاعت سیسـتم‌های روی زمیـن ۳۸ میکروثانیـه جلوتر می‌افتـد (۳۸ = ۷ – ۴۵). بـا توجـه بـه ایـن دو نظریـه، در طراحی سـاعت ماهواره‌هـا تمهیداتـی در نظر گرفته شـده تا سـاعت آن‌ها دقیقـا در یـک زمـان بـا سـاعت سیسـتم‌های روی زمیـن عمـل کننـد. اگـر ایـن دو نظریـه در طراحـی ماهواره‌هـا در نظـر گرفتـه نمی‌شـد، ناهمـگام بـودن زمانـی بیـن ماهواره‌هـا و سـاعت‌های زمینـی باعـث می‌شـد که ظـرف مـدت ۲ دقیقه، تخمیـن موقعیت دچـار خطـا شـده و ظـرف مـدت یـک روز موقعیـت شـما تـا ۱۰ کیلومتر اشـتباه نشـان داده شـود.



شکل ۴: نظریه نسبیت خاص

ترموس آکواتیکوس Thermus aquaticus

در دهه ۱۹۶۰، یک زیسـت شناسـی آمریکایی از دانشـگاه ایندیانا[7] بـه نـام، توماس بـروک[8]، به همـراه دانشـجویش هادسـون فریز[9] در پـارک ملـی یلـو اسـتون[10] نمونه‌هایـی را بررسـی می‌کردند که از چشـمه‌های آب گـرم ایـن پـارک برگرفتـه بودند. ایـن مطالعات بـه کشـف میکروارگانیسـم تک سـلولی گرمـا دوسـتی انجامید که *ترمـوس آکواتیکوس*[11] نامیده شـد.

1. The man who knew infinity
2. Fellow of the Royal Society
3. Trilateration
4. General theory of relativity
5. Special relativity theory
6. Time dilation
7. Indiana University
8. Thomas Brock (2021-1926)
9. Hudson Freeze
10. Yellowstone National Park
11. Thermus aquaticus

متعاقبا هادسون فریز کشف کرد که این باکتری آنزیم «DNA پلیمراز» ویژه‌ای تولید می‌کند که نسبت به دماهای بالا مقاوم بوده، در این شرایط زنده می‌ماند. این آنزیم مقاوم به گرما «تک DNA پلی‌مراز»[1] نام گرفت.

این باکتری که به گروه دینوکوکوس ترموس[2] تعلق دارد یک موجود اکسترموفیل[3] است. اکسترموفیل‌ها ارگانیسم‌هایی هستند که در محیط‌های غیر معمول مثل دماهای بالا یا تحت فشار بالا زندگی می‌کنند. این باکتری در چشمه‌های آب گرم، دستگاه‌های تهویه هیدروترمال و حتی ظرفشویی‌های با آب داغ یافت می‌شود. کشف این باکتری علاوه بر تامین اطلاعاتی در مورد استمرار حیات در شرایط مختلف کره زمین، در پیشبرد روش‌های علمی که موجب تحول‌های عظیمی در حوزه‌هایی مثل داروسازی، تحقیقات کشاورزی، و بیوتکنولوژی شده‌اند نیز موثر بوده است.

این باکتری در آب ۱۰۰ درجه سانتیگراد به رشد خود ادامه می‌دهد. این توانایی نشان می‌دهد آنزیم پروتئینی که بعدا از *ترموس آکواتیکوس* به دست آمد شدیدا نسبت به دماهای بالا مقاوم است.

تک پلیمراز اولین بار از باکتری *ترموس آکواتیکوس* در سال ۱۹۷۶ توسط شین[4] و همکاران استخراج و تثبیت شد و از این طریق اتوماسیون پی سی آر[5] (PCR) برای تکثیر زیاد مقادیر مختلف از DNA امکان‌پذیر شد. این آنزیم به سرعت توسط کری مولیس[6] در روند PCR جایگزین «DNA پلیمراز» مربوط به باکتری *اشریشیا کلای*[7] شد.



شکل ۵: باکتری *ترموس آکواتیکوس*

ترموس آکواتیکوس یک باکتری گرم منفی است. مقایسه این باکتری با *اشریشیا کلای* مشابهت‌های بسیاری را بین این دو نشان می‌دهدکه احتمالا به دلیل منشا آنها از یک نیای مشترک در روند تکامل است. آنزیم‌های به دست آمده از این باکتری می‌توانند نسبت به گرمای دناتوره کننده DNA مقاومت کنند. در مرحله دناتوره با دمای بالا، دو رشته زنجیره DNA از هم باز شده ، هر رشته به عنوان الگویی برای تکثیر در چرخه بعدی PCR آماده می‌شوند. تا قبل از کشف Taq پلیمراز، آنزیم دی ان ا پلیمراز *اشریشیا کلای* به صورت دستی در هر چرخه متوالی PCR به محیط واکنش اضافه می‌شدکه کاری بود بسیار دشوار و پرهزینه. Taq پلیمراز مقاوم به حرارت است و دمای مطلوب برای فعالیت آن حدود ۷۵ درجه سانتیگراد است. نیمه عمر آن در دمای ۹۷/۵ سانتیگراد ۹ دقیقه است و در دمای بهینه می‌تواند ۹۰۰۰ جفت باز را در کمتر از ۱۰ ثانیه به هم وصل کند. این خصوصیات موجب شد این آنزیم به طور ویژه برای PCR مورد استفاده قرار گیرد، چرا که می‌تواند ضمن تحمل دمای بالای لازم برای دناتوره کردن زنجیره DNA فعال باقی بماند. بیشتر DNA–پلیمرازهای موجودات دیگر در این حرارت دناتوره و غیر فعال می‌شوند. روش PCR در تکثیر و توالی یابی DNA، آنالیز DNA باستانی، آنالیز بیان ژن، انگشت نگاری DNA، و همچنین در پروژه ژنوم انسانی به شکل گسترده‌ای مورد استفاده بوده است. علاوه براین، امروزه PCR برای تشخیص بیماری‌ها، بررسی سطوح و اشیاء آلوده، و برای شناسایی حضور عوامل عفونی مختلف مثل SARS-CoV –2 استفاده می‌شود.



شکل ۶: باکتری *اشریشیا کلای*

کری مولیس یک بیوشیمیست آمریکایی بود که به خاطر ابداع PCR به همراه میکائیل اسمیت[8] جایزه نوبل شیمی در ۱۹۹۳ را به دست آورد. روش PCR که در سال ۱۹۸۴ توسط مولیس ارائه شد با بهره‌گیری از چرخه‌های دمایی موجب تکثیر یک یا چند زنجیره DNA می‌شود. این فناوری توسط

1. Taq DNA polymerase
2. Deinoccocus Thermus
3. Extremophile
4. A. Chien
5. Polymerase Chain Reaction (PCR)
6. Kary Banks Mullis (1944 – 2019)
7. E. Coli
8. Michael Smith

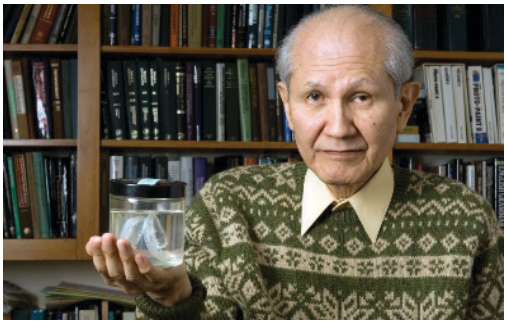
شرکت Cetus پتنت شده، متعاقبا در ازای ۳۰۰ میلیون دلار به شرکت دارویی هافمن لاروش فروخته شد. امروزه حق امتیاز این فناوری به بیش از ۲ میلیارد دلار رسیده است.
در سال ۱۹۸۹، مجله ساینس DNA «Taq پلیمراز» را به نام «مولکول سال»[1] نامگذاری کرد.



شکل ۷: کری مولیس

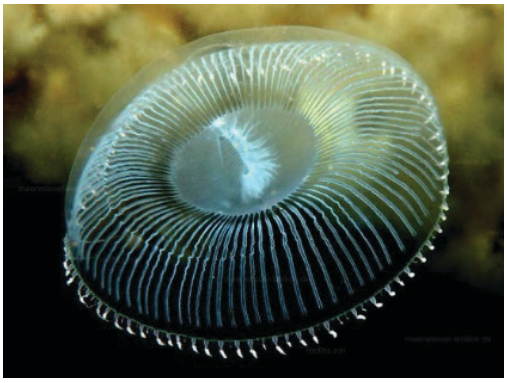
چگونه پروتئین فلوئورسانت ژله ماهی بر تمامی علم زیست‌شناسی پرتو افشاند

اوسامو شیمومورا[2] متخصص شیمی ارگانیک و زیست شناس دریایی ژاپنی که در نوجوانی انفجار بمب اتم در ناکازاکی ژاپن را در ۲۵ کیلومتری محل اسکانش تجربه کرده بود، درجه کارشناسی ارشد و دکترای خود را در دانشگاه ناگویای ژاپن دریافت کرد. در این دانشگاه، استاد او پروفسور هیراتا[3] از او خواست با پژوهش، علت درخشش باقیمانده یک سخت پوست به نام Vargula hilgendorfii را، موسوم به شب‌تاب دریایی[4]، دریابد. او با موفقیت پروتئین عامل این نورافشانی را یافت و مقاله‌ای در این باب با عنوان Crystalline Cypridina luciferin در مجله بولتن انجمن شیمی ژاپن[5] به چاپ رساند. او در سال ۱۹۶۰ به دانشگاه پرینستون آمریکا[6] رفت و برروی تابش ژله ماهی به نام آکوئرا ویکتوریا[7] مشغول به کار شد. تابستان‌ها این ژله ماهی را از آبهای اسکله فرایدی[8] در ایالت واشنگتن، مربوط به ایستگاه مطالعات دریایی دانشگاه واشنگتن، صید می‌کرد. او به همراه دوستان و خانواده‌اش هر هفته برای صید ژله ماهی به این اسکله رفته ژله ماهی‌های صید شده را به ۳۰۰۰ مایل دورتر، یعنی به دانشگاه پرینستون می‌فرستاد. شیمومورا برای ۲۰ سال این کار را ادامه داد که منجر به کشف فناوری پروتئین‌های فلوئورسنت شد. او ۴۰ سال از عمر خود را صرف آشکار نمودن فوتوشیمی این ژله ماهی کرد. به تبع تلاش و کنجکاوی او، پروتئین‌های با فلوئورسانت سبز[9] (GFP) کشف شدند که روند بخشی از تحقیقات را در زیست‌شناسی مولکولی تغییر داد.



شکل ۸: اوسامو شیمومورا

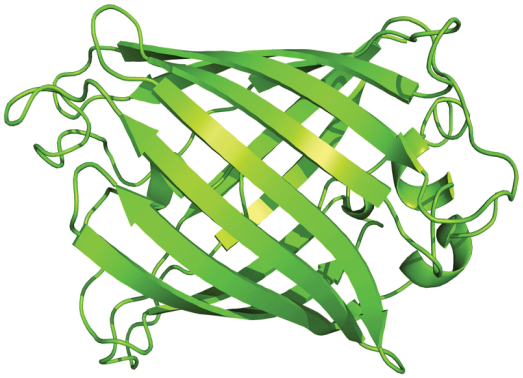
ژله ماهی ویکتوریا در حاشیه ساختار چتر مانند خود، دارای ۳۰۰ فوتوارگان (اندام نوری) است که به خاطر وجود پروتئین فلوئورسانت در آن‌ها هنگام در معرض نور آبی نور فلوئورسانت سبز از خود ساتع می‌کنند. گروه پژوهشی شیمومورا دریافتند که با اتصال یون کلسیم به پروتئینی در فوتوارگان موسوم به آکوئورین[10]، پروتئین با تبدیل انرژی شیمیایی به انرژی نوری، نور آبی از خود ساتع می‌کند. این نور آبی به نوبه خود یک پروتئین فوق‌العاده دیگر به نام پروتئین فلوئورسانت سبز را تحریک می‌کنند. در عمق ساختار بشکه مانند این پروتئین، مولکول‌هایی وجود دارند که متعاقب تحریک با نور آبی، از خود فلوئورسانس سبز تابش می‌دهند. GFP به دلیل توانایی آن به عنوان یک کروموفور و یک ردیاب درونی با بیان هدفمند- بدون نیاز به کوفاکتورهای کمکی، سایر محصولات ژنی، یا آنزیم‌ها و سوبستراها- صرفا با بهره‌گیری از مولکول اکسیژن، ابزار فوق‌العاده‌ای در صور مختلف زیست‌شناسی است.



شکل ۹: ژله ماهی آکوئرا ویکتوریا

1. Molecule of the year
2. Osamu Shimomura (1928)
3. Yoshimasa Hirata (1915)
4. Sea fire-fly
5. Bulletin of the Chemical Society of Japan
6. Princeton University
7. Aequorea victoria
8. Friday pier
9. Green fluorescent proteins
10. Aequorin

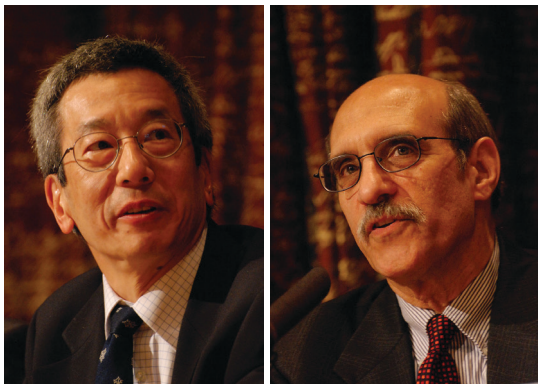
پدیده GFP بیش از ۱۶۰ میلیون سال در در یک گونه از آکوئرا ویکتوریا به سر می‌برده است. این ساختار پروتئینی با یک ساختار بشکه‌ای از مولکول فلوئورسانت (کروموفور) محیط درونش را محافظت می‌کند. هرگاه کروموفور از پروتئین بشکه‌ای خارج شود غیر فلوئورسانت می‌شود. شیمومورا کشف کرد پروتئین GFP نور آبی حاصل از درخشش آکوئورین را به نور سبز ژله ماهی تبدیل می‌کند. او GFP را در سال ۱۹۶۲ کشف و خالص و توالی آن را مشخص کرد. این پروتئین دارای ۲۳۸ اسید آمینه است.



شکل ۱۰: پروتئین فلوئورسانت سبز

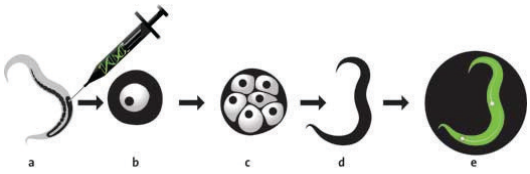
پس از آنکه در سال ۱۹۹۲ یک بیوشیمیست آمریکایی به نام داگلاس پراشر[1]، ژن GFP را مشخص کرد، گمان داشت وارد کردن این ژن به ارگانیسم‌های دیگر به نسخه غیر فلوئورسانت GFP منجر شود. از سوی دیگر، بیوشیمیست چینی تبار آمریکایی، راجر چن[2]، نشان داد که این پروتئین برای درخشش خود احتیاج به آنزیم‌ها ندارد و واکنش بین اسیدآمینه‌ها در فلوئوفور صرفا به اکسیژن نیاز دارد که در دسترس موجودات زنده قرار دارد.

در این مرحله، زیست‌شناس دیگری، مارتین چالفی[3]، از دانشگاه کلمبیا[4] ایده‌ای برای چگونگی استفاده از این اثر ارائه کرد. او باور داشت که با بهره‌گیری از فناوری مهندسی ژنتیکی می‌توان ژن GFP را در حیوانات و دیگر موجودات مدل به یک ژن یا پروموتور مورد علاقه جهت مطالعه بیان ژن مرتبط با آن پروموتر متصل کرد. پراشر پس از کلون کردن ژن GFP، آن را به چن و چالفی عرضه کرد. این دو با تهیه موتانت‌های رنگی از GFP، آن‌ها را در دیگر ارگانیسم‌ها بیان می‌کردند. در کمال تعجب، چالفی و همکارانش ملاحظه کردند که پس از اتصال ژن تازه کشف شده GFP به DNA باکتری، این باکتری درخشش سبز پیدا کرد. این یافته به محققین امکان داد بدانند یک ژن بخصوص، کجا و چه زمانی به کار می‌افتد یا خاموش می‌شود؛ یعنی پس از بیان GFP صرفا کافی بود نور ماوراء بنفش به ارگانیسم تابانده شود و درخشش نور سبز نشانه بیان ژن مورد نظر بود.



شکل ۱۱ و ۱۲: راجر چن و مارتین چالفی

سپس چالفی با اتصال GFP به یک پروتئین حساس به لمس در درون کرم سی الگانس[5] موجب فلوئورسانت شدن این کرم شد. چالفی این نتیجه فوق‌العاده را در سال ۱۹۹۴ در مجله ساینس به چاپ رساند و تصویر کرم بیان کننده پروتئین فلوئورسانس زینت‌بخش جلد این مجله شد. GFP را می‌توان از طریق فناوری‌های تراژنی (ترانس‌ژنیک[6]) درون پیکر گونه‌های دیگر وارد کرده، وبه زاده‌های آنان انتقال داد. تا به امروز GFP را در بسیاری گونه‌ها از جمله باکتری‌ها، قارچ‌ها، مخمرها، ماهی‌ها و پستانداران و سلول‌های انسانی بیان کرده‌اند.



شکل ۱۳: آزمایش چالفی

آزمایش چالفی:

الف) DNA با ژن GFP داخل آن را به داخل گونادهای یک کرم C. elegans تزریق کرد.

ب) این کرم یک موجود دوجنسی از نوع هرمافرودیت[7] است، بنابراین می‌تواند خودش را بارور کند و ژن GFP را در بسیاری از تخم‌هایش منتقل سازد.

ج) تخم‌ها تقسیم شدند

د) کرم‌های جدید شکل گرفتند

1. Douglas C. Prasher (1951)
2. Roger Yonchien Tsien (1952 – 2016)
3. Martin Lee Chalfie (1947)
4. Columbia University
5. C.elegans
6. transgenic
7. Hermaphrodite

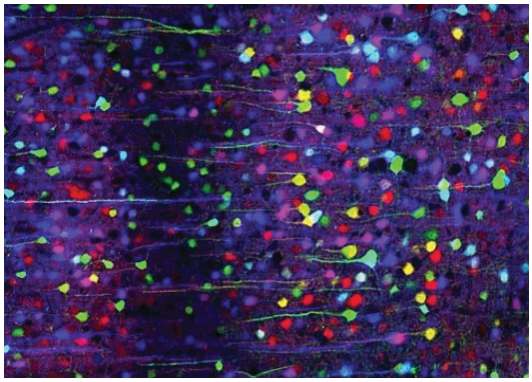
ه) نورون‌های مربوط به گیرنده‌های لمسی در نور ماوراء بنفش می‌درخشیدند

پس از تعیین دقیق چگونگی شکل گیری فلوئوروفور، چن توانست به دست ورزی این پروتئین بپردازد. از طریق تعویض اسید آمینه‌های مختلف در طول بخش‌های مختلف زنجیره، او توانست نسخه‌های جدیدی از GFP با طول موج‌های مختلف و درخشش در رنگ‌های متنوع مثل آبی و زرد و فیروزه‌ای تولید کند. هنگامی‌که پروتئین فلوئورسانت قرمز رنگ در مرجان دریایی یافت شد، چن و همکارانش از دانش خود در زمینه GFP برای تولید پروتئین فلوئورسانت قرمز که آن هم به عنوان نشانگر زیستی قابل استفاده است بهره‌بردند.
در سال ۲۰۰۸ جایزه نوبل شیمی، به خاطر کشف و توسعه فناوری پروتئین فلوئورسانت سبز (GFP)، به طور مشترک به اوسامو شیمومورا، مارتین چالفی و راجر چن اهداء شد.
برخی از کاربردهای امروزه GFP عبارت اند از:
– کاربرد در لیزر طبیعی
– فلوئورسانس میکروسکوپی
– رصد بیماری‌های مختلف
– استفاده وسیع در درمان سرطان
– استفاده در مطالعات مشاهده پروتئین‌ها
– استفاده به عنوان حسگر حرارتی، pH یا یون‌های فلزی
– کنترل اپتیکی نورون‌ها
–نشان‌دار کردن سلولهای مورد استفاده در مطالعات پیش بالینی پزشکی ترمیمی

رابرت هافمن[1] از موسسه مبارزه با سرطان در سن دیگو با استفاده از فناوری تصویربرداری سلول‌های زنده در تمام بدن در موش‌های nude (بدون مو) از GFP برای رصد انتشار سرطان در مغز و ریه و استخوان استفاده کرده است. او با استفاده از سلول‌های توموری بیان کننده GFP، راهی برای تصویربرداری از متاستاز در موش‌ها ابداع کرد.

موش‌های با رنگین‌کمان مغزی[2]

همواره کاربردهای جدیدی از پروتئین‌های فلوئورسانت در مطالعات حسگرهای حرارتی، حسگر pH یا یون‌های فلزات تا کنترل اپتیکی نرون‌ها در حال بروز و ظهور است. محققین پروتئین فلوئورسان‌ها را روشن‌تر و درخشنده‌تر و با ثبات‌تر نموده، دقت در تصویربرداری از آن‌ها را نیز افزایش می‌دهند. در مرکز مطالعات مغز دانشگاه هاروارد، پژوهشگران با بهره‌گیری از پروتئین‌های فلوئورسانت فیروزه‌ای، سبز و زرد، موفق به رنگی نمودن نورون‌های مختلف مغزی شده‌اند که به آن رنگین‌کمان مغزی اطلاق نموده‌اند. این تصویر مدارهای نورونی قشر مغز موش‌ها را به نمایش درآورده است.



شکل ۱۴: تصویر مدارهای نورونی قشر مغز موش‌ها

سمندرهای درخشنده – مسیر دستیابی به ترمیم و نوزایی اعضاء

الی تاناکا[3] در موسسه ماکس پلانک[4] آلمان سمندری ۱۵ سانتی بنام axolotl را که در کانال‌های مکزیکو سیتی زندگی می‌کند را تاریخت ساختند. با وجود اینکه axolotlها در خطر انقراض هستند، مدل‌های مناسبی برای افرادی دچار قطع یا نقص عضو محسوب می‌شوند. سمندرها توانایی نوزائی (رژنراسیون[5]) و بازیافت بخش‌هایی از بدن خود مثل اندام‌ها، فک، پوست، و همچنین بخش‌های قطع شده از مغز و نخاع خود را از طریق استطاله‌های شبه جنینی دارند. دانشمندان بر این باورند که با دریافت چگونگی نوزائی یک عضو کامل قطع شده توسط سمندرها این فناوری زیست‌شناسانه را می‌توان به افراد با قطع عضو تعمیم داد. برای رصد روند نوزائی یک عضو در این سمندر، محققین انستیتوی ماکس پلانک یک پروتئین فلوئورسانت سبز رنگ را به سمندر جهش یافته فاقد رنگدانه پوستی منتقل کردند. چون این سمندر فاقد پیگمانتاسیون، پوستی روشن و شفاف دارد، می‌توان به سادگی رشد و نمو گروه سلول‌های زخم، یا بلاستما[6] را که به اندام جدید تبدیل می شوند ملاحظه کرد.
متخصصین پیش‌بینی می‌کنند در طی ده یا بیست سال آتی افرادی با قطع عضو بتوانند در سایه پیشرفت در این مطالعات اندام‌های از دست داده را بازیابی کنند.

حرارت سنج in-vivo

دونور[7] و همکاران در موسسه تحقیقاتی علوم فوتونیک[8] در

1. Robert Hoffman
2. Brain bow mice
3. Elly Margaret Tanaka (1965)
4. Max Planck Institute
5. Regeneration
6. Blastema
7. Jon S. Donnor
8. ICFO-Institut de Ciencies Fotoniques

بارسلون اسپانیا راهی برای تعیین نقشه دمایی داخل سلولی را با بهره‌گیری از GFP ابداع نموده‌اند. روش آنها بر آنیزوتروپی پلاریزاسیون وابسته به گرمای فلوئورسانس GFP بستگی دارد. برمبنای مقاله‌ای که آن‌ها در مجله Nano letters به چاپ رساندند، نشان دادند که با افزایش دما حرکت دورانی براونی[1] فلوئوروفورها تسریع می‌یابد، بنابراین مولکول‌ها در هنگام یک فعالیت فلوئورسانت خود بیشتر چرخش می‌یابند. در نتیجه، افزایش دما به کاهش درجه پلاریزاسیون (آنیزوتروپی) فلوئورسانس می‌انجامد. این روش به خوبی در سلول‌های سرطانی Hella و U–87 MG موفقیت آمیز بوده است.

تقدیر و تشکر:

بدینوسیله از آقای دکتر محمد جوان استاد گروه فیزیولوژی دانشگاه تربیت مدرس و آقای دکتر علی فرازمند سردبیر محترم مجله نامه فرهنگستان برای بازخوانی و ویرایش این مقاله و صندوق حمایت از پژوهشگران برای پشتیبانی تشکر می‌نماید.



شکل ۱۵: سمندر axolotl (تصویر سمت راست) و سمندر دارای پروتئین فلوئورسانت سبز رنگ به منظور رصد روند نوزائی یک عضو(تصویر سمت چپ)

منابع

https://en.wikipedia.org/wiki/G._H._Hardy
https://www.britannica.com/biography/Godfrey-Harold-Hardy
https://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/images/einstein-s-theory-of-relativity-critical-for-gps-seen-in-distant-stars.html
https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System
https://en.wikipedia.org/wiki/A_Mathematician27٪ s_Apology
https://www.space.com/-36273theory-special-relativity.html#:~:text=Special20٪relativity20٪is20٪an20٪explanation,equation20٪E3٪20٪D20٪mc5٪E2.
https://www.sciencedirect.com/topics/immunology-and-microbiology/thermus-aquaticus
https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abl3522
https://www.science.org/doi/10.1126/science.2595363?url_ver=Z2003-39.88&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub200٪20٪pubmed
https://www.clentlifescience.co.uk/thermus-aquaticus-some-like-it-hot/
https://www.science.org/doi/10.1126/science.8303295
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470204502008483

1. Brownian rotational motion

رشد افسارگسیخته سرخس آبی (*Azolla filiculoides,* Lam) در تالاب انزلی، تراژدی معرفی یک گونه مهاجم به یکی از مهم‌ترین پیکره‌های آبی ایران

علیرضا رادخواه*، سهیل ایگدری[1]، هادی پورباقر[1]، اسماعیل صادقی‌نژاد ماسوله[2]
۱.گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲.پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندر انزلی، ایران.
alirezaradkhah@ut.ac.ir
نامه علوم پایه شماره ۶، تابستان ۱۴۰۱

چکیده

در پژوهش حاضر، یکی از مهم‌ترین معضلات زیست‌محیطی و نمونه‌های تهاجم بیولوژیک در ایران که سال‌ها بلای جان تالاب انزلی در شمال کشور شده، مورد بررسی قرار گرفته است. سرخس آبی یا آزولا (*Azolla filiculoides*) نام یک گونه غیربومی و مهاجم است که در بسیاری از اکوسیستم‌های شمالی کشور از جمله تالاب انزلی وارد شده است. این گونه که بومی قاره آمریکا است، به‌طور گسترده از طریق مکانیسم‌های مختلف در سراسر جهان گسترش یافته است. متاسفانه اگرچه مدت تقریباً زیادی از زمان معرفی آزولا به تالاب انزلی در شمال کشور می‌گذرد، اما هنوز، همچنان اقدامات مناسبی از سوی سازمان‌های ذی‌ربط از جمله سازمان‌های محیط‌زیست و شیلات برای مبارزه با این گونه مهاجم صورت نگرفته است. در این تحقیق، مکانیسم‌های مختلف در مبارزه با گیاه آزولا مورد بحث قرار گرفت. بررسی‌ها نشان داد که در کنار روش‌های کنترل مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی، همچنان پیشگیری به‌عنوان رویکرد اولیه محسوب می‌شود. بنابراین، در اولین اقدام لازم است که سازمان‌های ذی‌ربط از انتشار بیشتر گونه‌های مهاجم از جمله آزولا به پیکره‌های آبی کشور جلوگیری کند. در ادامه، در میان روش‌های مختلفی که ذکر شد، روش‌های مکانیکی و بیولوژیکی به‌دلیل اثرات زیست‌محیطی کمتر بر روی اکوسیستم، مورد توجه قرار گرفته‌اند. اگرچه به‌نظر می‌رسد که در زمینه مبارزه با انتشار گیاه آزولا در تالاب انزلی، سریع‌ترین راهکار استفاده از شیوه‌های مکانیکی باشد، با این حال، این روش به‌دلیل امکان تکه شدن گیاه و احتمال رشد مجدد آن چندان مناسب نیست. در بین روش‌های مذکور، استفاده از رویکردهای بیولوژیکی در صورتی‌که توسط کارشناسان و محققان خبره با توجه به کلیه جوانب اتخاذ شده باشد، می‌تواند کمک‌کننده باشد. از جمله مطالعات و تجربیات موید این موضوع می‌توان به کنترل بیولوژیکی گیاه آزولا در آفریقای جنوبی در طی سال‌های گذشته اشاره کرد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که استفاده از حشراتی مانند سرخرطومی (*Stenopelmus rufinasus*) می‌تواند به عنوان یک عامل بیولوژیک برای کنترل آزولا در تالاب انزلی مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژگان: آزولا، گونه مهاجم، تالاب انزلی، کنترل بیولوژیک، سرخرطومی آبی، اثرات زیست‌محیطی

مقدمه

یکی از چالش‌های زیست‌محیطی مهمی که امروزه تنوع زیستی در سطح جهان را تهدید می‌کند، تهاجم بیولوژیکی است. گونه‌های غیربومی و مهاجم در خارج از محدوده طبیعی خود تاثیرات منفی بر تنوع زیستی جانوران و گیاهان بومی در منطقه جدید برجای می‌گذارند که این وضعیت می‌تواند تا مرز خطر و نابودی گونه‌ها پیش رود (رادخواه و همکاران، ۱۳۹۷). این تهاجم نه تنها برای طبیعت یک کشور، بلکه برای اقتصاد آن نیز پیامدهای نگران کننده‌ای به‌همراه دارد. از جمله نمونه‌های شاخص برای تهاجم بیولوژیکی در ایران می‌توان به ورود سرخس آبی به نام آزولا (*Azolla filiculoides* Lam.) از فیلیپین به بندر انزلی در شمال استان گیلان اشاره کرد. این گونه گیاهی برای اولین بار در سال ۱۹۸۶ برای انجام مطالعات در مورد ظرفیت تثبیت نیتروژن وارد کشور شد و از آن پس، به یک کود ایده‌آل برای شالیزارهای برنج و همچنین یک افزودنی برای خوراک گاو تبدیل شد. با توجه به توانایی این گونه در انتشار به‌واسطه انسان، وسایل نقلیه یا باد، آب و حیوانات، در نهایت در اوایل دهه ۱۹۹۰ به تالاب انزلی نیز راه یافت. آزولا پس از معرفی به تالاب انزلی به‌سرعت رشد

کرد و به توده‌های متراکمی تبدیل شد که گستره وسیعی از آب‌های سطحی را می‌پوشاند (Hashemloian and,2009 Azimi). گسترش و انتشار افسارگسیخته این گیاه در تالاب انزلی در طول سال‌های گذشته موجب شد که خسارت‌های متعددی در بخش‌های زیست‌محیطی، اقتصادی، گردشگری و اجتماعی به پیکره این اکوسیستم مهم و همچنین، نواحی مجاور آن در شمال کشور وارد شود.

گرچه مدت تقریباً زیادی از زمان معرفی آزولا به‌عنوان یک گونه غیربومی و مهاجم به تالاب انزلی در شمال کشور می‌گذرد، اما و هنوز اقدامات مناسب و شایسته‌ای از سوی سازمان‌های ذی‌ربط از جمله سازمان‌های محیطزیست و شیلات برای مبارزه با این گونه مهاجم صورت نگرفته است. در این مطالعه، پس از معرفی گیاه آزولا و مشکلات زیست‌محیطی حاصل از آن، مکانیسم‌های مختلف مبارزه با این گونه گیاهی مورد توجه قرار گرفته است و تجربیات سایر کشورها در رابطه با این مسئله تبیین شده است. امید است که مطالب ارائه شده در ان تحقیق بتواند در جهت طرح مسائل و معضلات زیست‌محیطی تالاب انزلی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی کشور و همچنین بیان راه‌حل‌های موجود، مورد توجه قرار گیرد.

خصوصیات بیولوژیک

آزولا (*A. filiculoides*) یک سرخس کوچک هتروسپور و آبزی است که به‌ندرت به بیش از ۲۵ میلی‌متر می‌رسد (O›Keeffe, ۱۹۸۶). ماکروفیت آزولا از یک ریزوم اصلی تشکیل شده است که به ریزوم‌های ثانویه منشعب می‌شود. در این گیاه، مواد مغذی مستقیماً از آب توسط ریشه جذب می‌شوند. با این حال، در آب‌های بسیار کم‌عمق، ریشه‌ها ممکن است خاک را لمس کنند و در نتیجه مواد مغذی را از آن استخراج کنند (Pereira et al,2014 ;Wagner,1997). طبق یافته‌های حاصل از مطالعات Rao (۱۹۳۶)، در گونه *Azolla pinnata*، ریشه‌ها با رسیدن به طول ۵۰-۴۰ میلی‌متر می‌ریزند. موهای ریشه که در امتداد طول ریشه یافت می‌شوند، محل مناسبی برای استقرار و رشد تعداد زیادی از تک یاخته‌ها و جلبک‌ها هستند (CABI,2022; Rao,1936).

آزولا به‌واسطه ازدیاد طول و تکه‌تکه شدن شاخه‌های کوچک، قادر به تولیدمثل رویشی و سریع در طول سال است. در شرایط ایده‌آل، میزان رشد آلودگی این گونه گیاهی هر ۴ تا ۵ روز، دو برابر می‌شود. آزولا با برخورداری از چنین نرخ رشدی قادر است که سطوح برکه‌ها و دریاچه‌ها را در عرض چند هفته یا چند ماه کاملاً بپوشاند. در شرایط محیطی مساعد، آزولا از طریق اسپورها تولیدمثل می‌کند (Henderson and Cilliers, 2002).

این گونه می‌تواند بر روی پاها و پرهای پرندگان آبزی و بر روی پستانداران مانند اسب آبی و سمور دریایی نیز پخش شود. امروزه، این مسئله به‌واسطه تجارت آبزیان آکواریومی در بین کشورهای مختلف رواج یافته است.

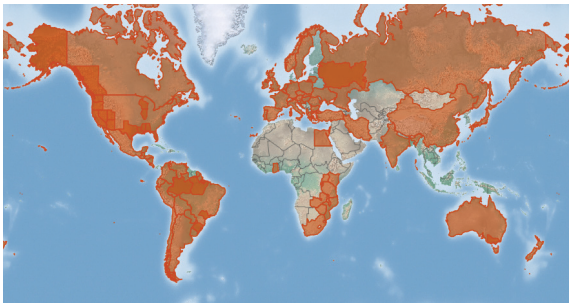
زیستگاه

محدوده بومی پراکنش گیاه آزولا (*A. filiculoides*) شامل آمریکای جنوبی و غرب آمریکای شمالی است. این گونه گیاهی اغلب در نهرها، رودخانه‌ها، برکه‌ها و دریاچه‌هایی یافت می‌شود که با جریان آهسته آب همراه هستند (Ashton,1992). آزولا معمولاً به‌عنوان یک گونه زینتی در استخرها و مخازن پرورش ماهی استفاده می‌شود. این گیاه از این کانون‌ها پخش می‌شود و بسیاری از پیکره‌آبی غنی‌شده با مواد مغذی را اشغال می‌کند. آزولا به‌طور کلی به‌عنوان یک گیاه هرزآبی در نظر گرفته نمی‌شود. این گونه به‌دلیل توانایی ویژه‌ای که در تثبیت نیتروژن دارد، معمولاً همراه با برنج رشد می‌کند و به‌عنوان کود سبز در مزارع کشت برنج استفاده می‌شود (Wagner, 1997).

تهاجم بیولوژیک

از آنجایی که آزولا (*A. filiculoides*) به‌عنوان یک گیاه برای استخرهای پرورش ماهی استفاده می‌شود، می‌توان گسترش بیشتر این گونه را محتمل دانست. در آفریقا و اروپا، پراکندگی این گونه آبزی بین کشورها بدون شک به دلیل جابجایی پرندگان آبزی ادامه خواهد داشت، چراکه پرندگان قادر هستند تکه‌های گیاه را بین پیکره‌های آبی پخش کنند. به‌طور کلی، هجوم آزولا به کشورهایی ادامه خواهد داشت که در آن‌ها مجموعه‌ای از عوامل از قبیل وجود آب‌های یوتروفیک، فقدان دشمنان طبیعی و تجارت غیرقانونی به وضعیت این گونه به‌عنوان یک علف هرز و مهاجم کمک کنند (Lumpkin and Plucknett, 1982).

دخالت‌های انسان گیاه آزولا را به اروپا، شمال و جنوب صحرای آفریقا، چین، ژاپن، نیوزیلند، استرالیا، کارائیب، هاوایی و سایر نقاط جهان معرفی کرده است (شکل ۱). در سیستم‌های آبی یوتروفیک، آزولا به‌سرعت رشد می کند و به راحتی با پوشش گیاهی بومی رقابت می کند. پوسیدگی ریشه آزولا، همراه با عدم نفوذ نور، یک محیط بی‌هوازی ایجاد می‌کند که می‌تواند کیفیت آب آشامیدنی را به‌دلیل بوی بد، رنگ و کدورت کاهش دهد و بقای موجودات دیگر را نیز غیرممکن سازد.



شکل ۱: پراکنش جهانی آزولا در کشورهای مختلف (CABI, 2022).

مصارف اقتصادی و غیره

آزولا به‌دلیل توانایی تثبیت نیتروژن، می‌تواند به‌منظور افزایش سرعت رشد محصولاتی که در آب رشد می‌کنند، مانند برنج شلتوک، مورد استفاده قرار گیرد. از طرف دیگر، این گیاه با حذف از دریاچه‌ها، به‌عنوان کود سبز نیز مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. اگرچه علاوه بر موارد ذکر شده، آزولا به‌عنوان گیاه زینتی در استخرها استفاده می‌شود، اما با این حال، این کاربردها نمی‌توانند به‌طور کلی اثرات منفی ناشی از این گیاه را جبران کنند.

رشد افسارگسیخته آزولا در تالاب انزلی

شرایط اقلیمی شالیزارها، برکه‌ها و رودخانه‌های شمال ایران بهترین زیستگاه برای زادآوری و رشد آزولا است. آزولا به‌مدت ۲۰ سال در سه استان شمالی ایران توزیع شده و رشد بسیار سریعی داشته است. مشاهدات به‌عمل آمده نشان داد که پراکندگی بالایی از آزولا در این استان‌ها وجود دارد. آزولا در گیلان بیشترین فراوانی را دارد و در تمام آب‌های آرام این استان وجود دارد (Sadeghi et al, 2014a). همچنین، حضور این گونه را در سطح تمامی باتلاق‌های شالیزاری، دریاچه‌ها، برکه‌ها، تالاب‌ها و رودخانه‌های گیلان ثبت شده است. نمونه‌هایی از آب‌های غرب به شرق گیلان شامل مرداب تالاب انزلی، تالاب لنگرود، تالاب کیاشهر، تالاب امیرکالیه و تالاب سوستان لاهیجان، تالاب استار آباد و رودخانه لنگرود هستند، که حضور گیاه آزولا در این اکوسیستم‌های آبی مورد تایید قرار گرفته است (Hashemloian and Azimi, 2009). مشاهدات میدانی به‌عمل آمده در تالاب انزلی حاکی از این است که در بسیاری از حوضچه‌ها و شالیزارها، تمامی سطح آب توسط آزولا پوشانده شده است (شکل ۲).

سرخس آبی که به‌عنوان یک افزودنی برای کشت برنج در گیلان وارد شد، در نهایت، به رودخانه‌ها، تالاب‌ها، دریاچه‌ها و برکه‌های مازندران رسید (Sadeghi et al., 2014b). آزولا در سطح برخی از شالیزارها و تالاب‌های سراندون و بالادون ساری، آبشار دارابکلا، آب انبار آبان، دریاچه عباس آباد، آبشار زنگات، دریاچه گل پابا، دریاچه صابون، آبشار شاهانداش در لاریجان، سواساره قرار گرفت. این گونه همچنین در آبشار بلده، تالاب کندوچال، دریاچه ولشت در کلاردشت، دریاچه خزرینی در شمال نوشهر، آبشارهای آکاپل و هریجان، تالاب لاپو پلنگان در شرق نکا، در رامسر آذرک، ریشبراز، آبشار چاردار، آبشارهای کندر باسر حضور دارد. اگرچه آزولا در تمامی برکه‌ها و شالیزارهای استان مازندران یافت می‌شود، اما فراوانی آن در این استان کمتر از گیلان است (Hashemloian and Azimi, 2009). فراوانی آزولا در استان گلستان نیز تقریباً پایین بوده و اغلب در شالیزارهای برنج یافت می‌شود. بررسی وضعیت اقلیمی استان گلستان نشان می‌دهد که این استان نسبت به مازندران و گیلان از دمای هوای بالاتری برخوردار است و از طرف دیگر، شالیزارهای برنج آن نیز کمتر است. بر اساس گزارش Hashemloian و Azimi (۲۰۰۹)، آزولا در تمام محصولات برنج در استان‌های گیلان، مازندران و گلستان مشاهده شده است.



شکل ۲: انتشار گسترده آزولا (*A. filiculoides*) در تالاب انزلی (Wetland, 2022 Anzali)

مشکلات زیست‌محیطی

آزولا (*Azolla filiculoides*) بومی قاره آمریکا، در قرن نوزدهم به بریتانیا معرفی شد و در آب‌های آرام و ساکن گسترش یافت. این گونه اغلب زیستگاه‌های ارزشمند یا در معرض تهدید را مورد هجوم قرار می‌دهند. آزولا می‌تواند تأثیرات مختلفی داشته باشد. این گونه، سطح دسترسی به نور و اکسیژن را برای گیاهان و جانوران زیر آب کاهش می‌دهد (Coetzee et al, 2011). علاوه بر موردی که ذکر گردید، غلبه بر گیاهان بومی، تغییر pH و سایر متغیرهای فیزیکوشیمیایی آب، جلوگیری از فعالیت‌های تفریحی مانند ماهیگیری و قایق‌سواری و از همه مهم‌تر به خطر افتادن جان دام‌ها و افراد محلی از جمله مسائل حیاتی مرتبط با انتشار گیاه آزولا در تالاب انزلی اند

(Anzali Wetland, 2022; Invasive-Species, 2022).

آزولا با توانایی تثبیت نیتروژن از طریق ارتباط با سیانوباکتریوم همزیست، قادر است در آب های فقیر از نیتروژن نیز تسلط یابد. آزولا می تواند خود را به صورت رویشی تکثیر کند و در شرایط مناسب جمعیت خود را به سرعت دو برابر کند (Hill and Cilliers, 2022). کنترل دستی یا مکانیکی معمولاً گران است و منجر به ترخیص کوتاه مدت می شود و باید با بهبودی آزولا تکرار شود. کنترل شیمیایی با چالش های مشابه با خطرات اضافی برای زیستگاه آبی مواجه است. گیاه *A. filiculoides* یکی از پنج علف هرز آبزی بود که در سال ۲۰۱۴ فروش آن در بریتانیا ممنوع شد (Invasive-Species, 2022).

سرخس آبی با افزایش بار مواد مغذی بر اکوسیستم‌های شمال ایران اثرات نامطلوبی برجای گذاشته است و به یوتریفیکاسیون رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، تالاب‌ها و برکه‌ها کمک می‌کند. توده‌های متراکم آزولا از نفوذ نور در مناطق مختلف آب جلوگیری می‌کنند و از این‌رو، موجب کاهش اکسیژن آب و به‌خطر افتادن حیات آبزیان از جمله ماهیان می‌شوند (Hashemloian and Azimi, 2009).

بر طبق مشاهدات میدانی در تالاب‌های شمال کشور، توده‌های متراکم آزولا حدود ۲۵ درصد از سطح آب‌های تالاب انزلی را تشکیل داده است. آزولا در اکثر آب‌ها به‌عنوان یک گونه زینتی محسوب می‌شود، اما در آب‌های استان گیلان و مازندران با مسدود کردن ورودی پمپ‌ها و فیلترها، ورود به مخازن آب آشامیدنی و محدود کردن استفاده تفریحی از سدها و تخریب آب‌های شرب، مشکلاتی را ایجاد کرده است. بیشترین مشکلات شامل مسدود شدن سطح آب و محدود کردن گیاهان و جانوران دریایی است. این امر می‌تواند باعث تغییرات گسترده‌ای در تنوع زیستی این اکوسیستم‌های آبی شود، چراکه *A. filiculoides* می‌تواند به‌سرعت گسترش یابد و توده‌های رویشی متراکمی را در مناطقی از آب‌های ساکن تشکیل دهد. این مسئله به نوبه خود، نور موجود برای سایر گیاهان آبزی و اکسیژن موردنیاز سایر آبزیان را محدود می‌کند (Hashemloian and Azimi, 2009). توده‌های متراکم تشکیل شده می‌توانند موجب خفگی گونه‌های دیگر به‌دلیل کمبود اکسیژن شوند. آزولا در فهرست گیاهان هرزآبی و مضر ایالات متحده قرار گرفته است. در نیوزیلند، این گیاه جایگزین سرخس بومی (*Azolla rubra*) در بیشتر مناطق شمالی نیوزیلند شده است. بر طبق گزارش‌های به‌عمل آمده از اثرات زیست‌محیطی آزولا، به‌نظر می‌رسد که کنترل تکثیر این گونه در برخی از مناطق جهان مانند آفریقای جنوبی و بخش شمالی ایران (تالاب انزلی) ضروری تلقی می‌شود (Hashemloian and Azimi, 2009).

شیوه‌های کنترل و مدیریت

اقدامات مدیریتی اتخاذ شده برای هر گونه گیاهی مهاجم به عواملی مانند زمین، هزینه و در دسترس بودن نیروی کار، شدت آلودگی و وجود گونه‌های مهاجم دیگر بستگی دارد. بهترین شکل مدیریت گونه‌های مهاجم، پیشگیری است. اگر چنانچه پیشگیری دیگر امکان‌پذیر نباشد، بهتر است که هجوم علف‌های هرز را در زمانی که کوچک هستند، کنترل کرد. این مسئله لازمه تشخیص زودهنگام و پاسخ سریع به این معضل زیست‌محیطی و اقتصادی را نشان می‌دهد. مدیریت پایدار اکوسیستم‌های آبزی نیازمند ارزیابی و پایش مداوم است که این مسئله در نوع خود مشکل به‌نظر می‌رسد. در ادامه به انواع شیوه‌های کنترل گیاه آزولا که به سه دسته مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تقسیم می‌شوند، اشاره می‌شود.

کنترل مکانیکی

تجربه نشان داده است که امکان حذف علف‌های هرز و کوچک با استفاده از چنگک‌ها و شبکه‌های ریزمشبک وجود دارد. با این حال، نقطه ضعف کنترل مکانیکی این است که در شرایط ایده‌آل، توده علف هرز می‌تواند هر ۵-۴ روز، دو برابر شود (Lumpkin and Plucknett, 1982). علاوه بر این، امکان استقرار مجدد هاگ‌های ساکن در بستر پیکره آبی نیز اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. Ashton (۱۹۹۲) پیرو بررسی‌هایی که روی حذف مکانیکی گیاه آزولا از اکوسیستم‌های آبی انجام داد، بیان داشت هنگامی که *A. filiculoides* در معرض آسیب ناشی از فعالیت‌های فیزیکی قرار می‌گیرد، قطعات جدا شده به شدت نور بسیار حساس بوده و در اثر نور مستقیم خورشید رشد می‌کنند. بنابراین، Ashton (۱۹۹۲) استفاده از همزن‌های مکانیکی را به‌منظور ایجاد تلاطم کافی برای شکستن گیاهان پیشنهاد کرد. با این حال، برآوردهای اقتصادی نشان می‌دهد که هزینه چنین رویکردی (حتی در مقیاس کوچک) بسیار زیاد خواهد بود.

کنترل شیمیایی

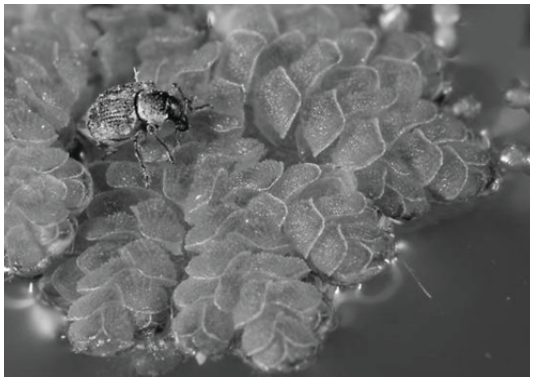
مواد شیمیایی پیشنهادی برای کنترل آزولا (*A. filiculoides*) شامل گلایفوسیت (Glyphosate)، پاراکوات (Paraquat) و دیکوات (Diquat) و نفت سفید مخلوط با یک سورفکتانت هستند. با این حال، استفاده از پاراکوات در حال حاضر در اتحادیه اروپا، سوئیس و تعدادی از کشورهای دیگر ممنوع است. استفاده از دیکوات در اتحادیه اروپا محدود به تیمارهای زمینی است و دیگر نمی‌توان آن را برای کنترل علف‌های هرز آبزی

مجاز دانست. گلایفوسیت از جمله پرمصرف‌ترین علف‌کش‌ها در سراسر جهان است که می‌تواند آب‌های سطحی را آلوده کنند. تحقیقات نشان می‌دهد که گلایفوسیت باعث ایجاد استرس اکسیداتیو در ماهیان می‌شود. همچنین، این ماده ممکن است باعث سمیت تولیدمثل در سیستم پستانداران شود (Zaller et al,2021; Webster et al,2014). بر اساس گزارش مرکز بین‌المللی کشاورزی و علوم زیستی (CABI) در سال ۲۰۲۲، گلایفوسیت برای ماهیان و جلبک‌ها سمی است و تا زمانی‌که این علف‌کش تجزیه نشود، نمی‌توان از آب برای مصارف آبیاری یا ذخیره‌سازی استفاده کرد.

کنترل بیولوژیکی

آفریقای جنوبی تنها کشوری است که از یک برنامه کنترل بیولوژیکی کلاسیک بر علیه *A. filiculoides* استفاده کرد (Hill and Cilliers, 1999). این کشور از چهار گونه حشره به‌عنوان عوامل کنترل بیولوژیکی آزولا استفاده کرد. این گونه‌ها شامل Pseudolampsis guttata Leconte، P. darwinii Sherer، S. brunneus Hustache و سرخرطومی (Stenopelmus rufinasus Gyllenhal) بودند. ارزیابی‌های انجام شده نشان داد که همه این گونه‌ها آسیب زیادی به توده‌های آزولا در کشور مبدا وارد می‌کنند. اگرچه مشخص شد که همه گونه‌های مذکور نسبتاً آسیب‌زا هستند، اما با این حال، سرخرطومی (*S. rufinasus*) به‌عنوان مناسب‌ترین گزینه از بین سایرین برای انتشار در آفریقای جنوبی انتخاب شد (شکل ۳) و تصمیمات لازم جهت معرفی آن صورت پذیرفت. این گونه پس از رهاسازی در سال ۱۹۹۷، نتایج چشم‌گیری به‌همراه داشت به‌طوری‌که موجب انقراض *A. filiculoides* در مناطق رهاسازی شد (CABI, 2022). بر اساس گزارش CABI (۲۰۲۲)، در آفریقای جنوبی از سال ۱۹۹۷ تا سال ۲۰۰۴، نزدیک به ۲۵۰۰۰ نمونه سرخرطومی در سراسر آفریقای جنوبی رهاسازی شدند و آسیب تغذیه‌ای آن‌ها منجر به انقراض *A. filiculoides* از اکثر مناطق شد. به‌طور متوسط، حدوداً ۱۰ ماه طول کشید تا یک ناحیه پس از رهاسازی سرخرطومی ها پاک شود. اگر چه در ابتدا، توانایی پراکندگی سرخرطومی ها دست کم گرفته شده بود، اما آن‌ها توانستند بدون هیچ کمکی تا ۳۵۰ کیلومتر پراکنده شوند (Hill and Cilliers, 1999).

مساحت سطح علف‌های هرز کنترل شده در مجموع ۲۰۳ هکتار و مناطق آلوده به‌طور متوسط در طی ۷ ماه (در محدوده ۳ تا ۱۱ ماه) کنترل شدند. پنج سال پس از رهاسازی سرخرطومی، *A. filiculoides* دیگر تهدیدی برای اکوسیستم های آبی در آفریقای جنوبی نبود و اثرات آن بر استفاده از منابع آب به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. روش مذکور برای کنترل زیستی آزولا در کشورهای موزامبیک و زیمبابوه موفقیت‌آمیز بود. کنترل بیولوژیکی *A. filiculoides* در حال حاضر به‌طور گسترده به‌عنوان موفق‌ترین برنامه کنترل بیولوژیکی علیه یک گیاه بیگانه و مهاجم در آفریقای جنوبی در نظر گرفته می‌شود (Coetzee et al, 2011; 2016, Madeira et al). سرخرطومی (*S. rufinasus*) از زمانی که برای اولین بار توسط Janson (۱۹۲۱) در آنجا گزارش شد در بریتانیا وجود داشته است و احتمالاً همراه با گیاه به اروپا آورده شده است. تاکنون این گونه در ایرلند، فرانسه، بلژیک، هلند و اسپانیا ثبت شده است (Hussner, 2010). با توجه به موارد ذکر شده، استفاده از سرخرطومی (*S. rufinasus*) به‌عنوان یک عامل بیولوژیک می‌تواند در کنترل آلودگی آزولا بسیار موثر باشد. موید این موضوع یافته‌های حاصل از مطالعه Hussner و Lösch (۲۰۰۵) می‌باشد که روی تغذیه بالغین و لاروهای این حشره از برگ‌های آزولا تاکید می‌کنند.



شکل ۳: سرخرطومی آزولا (*Stenopelmus rufinasus*)
(Bugguide,2022)

مطالعه موردی گیاه آزولا در آفریقای جنوبی

آزولا (*A. filiculoides*) نخستین بار در سال ۱۹۴۸ از رودخانه اُرلوگ اِسپورت (Oorlogspoort) واقع در استان کیپ شمالی در آفریقای جنوبی ثبت و تا سال ۱۹۹۹ از ۱۵۲ نقطه در این منطقه گزارش شد. با توجه به اثرات نامطلوب محیطی و اقتصادی آزولا، یک برنامه کنترل بیولوژیکی با ورود یک گونه حشره تحت عنوان سرخرطومی (*Stenopelmus rufinasus*) از فلوریدا (ایالات متحده آمریکا) در سال ۱۹۹۵ آغاز شد. در آفریقای جنوبی از سال ۱۹۹۷ تا سال ۲۰۰۴، نزدیک به ۲۵۰۰۰ سرخرطومی در سراسر آفریقای جنوبی رها شدند و آسیب تغذیه‌ای آنها منجر به انقراض *A. filiculoides* از اکثر مناطقی شد که در آن زمان مورد بررسی قرار گرفتند. به‌طور متوسط ده ماه طول کشید تا یک ناحیه پس از رهاسازی سرخرطومی‌ها پاک شود. اگر چه در ابتدا، قدرت پراکندگی سرخرطومی‌ها دست کم گرفته شده بود، اما در نهایت، آن‌ها توانستند بدون هیچ کمکی تا ۳۵۰ کیلومتر پراکنده شوند. تنها پنج سال پس از رهاسازی سرخرطومی‌ها، آزولا دیگر

تهدیدی برای آب‌های آفریقای جنوبی تلقی نمی‌شد (McConnachie et al, 2004). این موفقیت‌ها در بین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۶ به دقت مورد بررسی قرار گرفت و نتایج کنترل سریع گیاه آزولا را به‌واسطه رهاسازی سرخرطومی‌ها نشان داد. بر طبق گزارش‌های به‌دست آمده، تنها چهار سال پس از مطالعات McConnachie و همکاران (۲۰۰۴)، سرخرطومی‌ها موفق شدند گیاه آزولا را در هر مکانی که رها شده بود، کنترل کنند .

با ارزیابی‌هایی که از سال ۲۰۰۸ در آفریقای جنوبی انجام گرفت، شواهد بیشتری از موفقیت این برنامه‌ها به‌دست آمد. در سال ۲۰۱۰، از ۱۰۲ ناحیه‌ای که *A. filiculoides* مورد بررسی قرار گرفت (حدود ۴۰ درصد از نواحی مورد مطالعه)، آزولا در ۱۹ ناحیه (۱۹ درصد) وجود داشت و *S. rufinasus* از ۱۴ ناحیه آلوده (حدود ۷۰ درصد از نواحی مورد مطالعه) ثبت شد. پس از ارزیابی مناطق، مشخص گردید که *A. filiculoides* دیگر معضل مهمی در آفریقای جنوبی نیست (CABI, 2022).

سرخرطومی (*Stenopelmus rufinasus*)

سرخرطومی نیمه‌آبزی متعلق به راسته قاب‌بالان یا سخت‌بال‌پوشان (Coleoptera: Curculionidae) بوده و بومی جنوب و غرب ایالات متحده است (Parys et al, 2015). این گونه در آغاز قرن بیستم به‌طور تصادفی از طریق مواد گیاهی از آرژانتین و پاراگوئه به اروپا منتقل است (Manzek, 1927; Richerson and Grigarick,1967). سرخرطومی در سال ۱۹۹۷ برای کنترل بیولوژیکی آزولا به آفریقای جنوبی معرفی شد و توانست این علف هرز و مهاجم آبی را با موفقیت کنترل کند (Farahpour-Haghani et al, 2018). این حشره به‌عنوان یکی از موفق‌ترین عوامل کنترل بیولوژیکی در سراسر جهان شناخته می‌شود. با این حال، هیچ سابقه‌ای مبنی بر حضور آن در گونه‌های آزولا در آسیا تا سال ۲۰۱۴ ثبت نشد. حضور سرخرطومی در آسیا اولین بار در اکتبر ۲۰۱۷ توسط Friedman (۲۰۱۷) گزارش شد. فرح‌پور حقانی و همکاران (۱۳۹۷) سرخرطومی (*S. rufinasus*) را به‌عنوان شایع‌ترین عامل کنترل زیستی آزولا در جهان معرفی کردند. این محققین با جمع‌آوری نمونه‌هایی از سرخرطومی از کانال‌های آبرسانی مجاور تالاب انزلی، برای نخستین بار حضور سرخرطومی در ایران را تایید کردند (فرح‌پور حقانی، ۱۳۹۸).

نتیجه‌گیری و چشم‌انداز آینده

مطالعه حاضر نشان می‌دهد که سرخس آبی یا آزولا به‌عنوان یکی از گونه‌های غیربومی و مهاجم در کشور، تاثیرات زیست‌محیطی قابل ملاحظه‌ای بر تالاب انزلی داشته است. با توجه به این مسئله و ضرورت کنترل این گونه مهاجم، لازم است که سازمان‌های مسئول به‌ویژه سازمان محیطزیست برای برطرف کردن این معضل زیست‌محیطی در کشور گام‌های مؤثری بردارند. اولین نکته قابل تامل در رابطه با این موضوع، جلوگیری از انتشار بیشتر گیاه آزولا در اکوسیستم‌های آبی کشور است. از این‌رو، اولین اقدام باید در جهت پیشگیری از معرفی و ورود آزولا به سایر اکوسیستم‌ها صورت گیرد. این مسئله می‌تواند توسط سازمان محیطزیست کشور و به‌طور ویژه یگان حفاظت محیطزیست مورد پیگیری قرار گیرد.
وجود شرایط اکولوژیکی مناسب برای رشد و گسترش آزولا و همچنین، عدم وجود دشمنان طبیعی آن در تالاب انزلی موجب شده است که این گونه به‌تدریج به یک عامل مهاجم در تالاب انزلی تبدیل شود. بر طبق گزارش‌ها و تحقیقات به‌عمل آمده، از بین روش‌های مختلفی که برای مبارزه با گیاه آزولا در دسترس است، روش‌های مکانیکی و بیولوژیکی به‌دلیل اثرات زیست‌محیطی کمتری که روی اکوسیستم اعمال می‌کنند، بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. اگرچه به‌نظر می‌رسد که در زمینه مبارزه با انتشار گیاه آزولا در تالاب انزلی، سریع‌ترین راهکار استفاده از شیوه‌های مکانیکی باشد، با این حال، این روش به‌دلیل احتمال تکه تکه شدن گیاه و رشد مجدد آن چندان مناسب و کارساز نیست. در بین روش‌های مذکور، استفاده از رویکردهای بیولوژیکی در صورتی‌که با توجه به کلیه جوانب ممکن صورت گرفته باشند، می‌تواند بسیار مفید باشد. طبق تجربیاتی که در آفریقای جنوبی حاصل شد، استفاده از حشراتی مانند سرخرطومی (*S. rufinasus*) می‌تواند به عنوان یک عامل بیولوژیک برای کنترل آزولا در تالاب انزلی مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

Anzali Wetland. 2022. Anzali Wetland Ecological Management Project - Phase 2. Invasive Alien Species Control. https://anzaliwetland.com/invasive-alien-species-control. Accessed 17 May 2022.

Ashton P.J. 1992. Azolla infestations in South Africa: history of the introduction, scope of the problem and prospects for management. Water Quality Information Sheet. Department of Water Affairs and Forestry, South Africa.

Bugguide. 2022. Stenopelmus rufinasus on Azolla caroliniana - Stenopelmus rufinasus. https://bugguide.net/node/view/2064022/bgimage. Accessed 10 May 2022.

CABI. 2022. Centre for Agriculture and Bioscience International. Invasive Species Compendium. Azolla filiculoides (water fern). https://www.cabi.org/isc/datasheet/8119. Accessed 10 May 2022.

Coetzee J.A., Hill M.P., Byrne M.J. and Bownes A. 2011. A review of the biological control programmes on Eichhornia crassipes (C. Mart.) Solms (Pontederiacaeae), Salvinia molesta D.S. Mitch. (Salviniaceae), Pistia stratiotes L. (Araceae), Myriophyllum aquaticum (Vell.) Verdc. (Haloragaceae) and Azolla filiculoides Lam. (Azollaceae) in South Africa. African Entomology, 19:451-468.

Farahpour-Haghani A., Tosiveski I., Yaghoubi B., Jalaeian M. and Pouramir F. 2018. First report of the exotic weevil Stenopelmus rufinasus (Coleoptera: Curculionidae) occurrence in Iran. Journal of Crop Protection, 7(2): 243-246.

Friedman A.L.L. 2017. The first record of the Azolla frond weevil Stenopelmus rufinasus (Curculionidae: Brachycerinae: Tanysphyrini) in Israel. Israel Journal of Entomology, 47:103-106.

Hashemloian B.D. and Azimi A.A. 2009. Alien and exotic Azolla in northern Iran. African Journal of Biotechnology, 79(1): 193-198.

Henderson L. and Cilliers C.J. 2002. Invasive aquatic plants-a guide to the identification of the most important and potentially dangerous invasive aquatic and wetland plants in South Africa. PPRI Handbook No.16, Agricultural Research Council, Pretoria. 7 p. https://invasives.org.za/wp-content/uploads/SAPIA_News_17_Oct 2010. pdf. Accessed 16 May 2022.

Hill M.P. and Cilliers C.J. 1999. Azolla filiculoides Lamarck (Pteridophyta: Azollaceae), its status in South Africa and control. Hydrobiologia, 415(13): 203-206.

Hussner A. and Lösch R. 2005. Alien aquatic plants in a thermally abnormal river and their assembly to neophyte-dominated macrophyte stands (River Erft, Northrhine-Westphalia). Limnologica, 35:18-30.

Hussner A. 2010. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – Azolla filiculoides. Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS. www.nobanis.org. Accessed 15 May 2022.

Invasive-Species. 2022. Azolla filiculoides. https://www.invasive-species.org/species/azolla. Accessed 15 May 2022.

Janson O.E. 1921. Stenopelmus rufinasus GYLL., an addition to the list of British Coleoptera. The Entomologist's Monthly Magazine, 57:225-226.

Lumpkin T.A. and Plucknett D.L. 1982. Azolla as a green manure: use and management in crop production. Azolla as a green manure: use and management in crop production. Westview Press Boulder, Colorado, 230 p.

Madeira P.T., Hill M.P., Dray F.A.J., Coetzee J.A., Paterson I.D. and Tippinga P.W. 2016. Molecular identification of Azolla invasions in Africa: The Azolla specialist, Stenopelmus rufinasus proves to be an excellent taxonomist. South African Journal of Botany, 105:299-305. DOI: 10.1016/j.sajb.2016.03.007

Manzek E. 1927. Stcnopclmus rufinasus Gyll., ein fur Deutschland neuer Kafer. Entomologische Blätter, 23:189-191

McConnachie A.J., Hill M.P. and Byrne M.J. 2004. Field assessment of a frond-feeding weevil, a successful biological control agent of red waterfern, Azolla filiculoides, in southern Africa. Biological Control, 26:326-331 . DOI: 10.1016/j.biocontrol.2003.08.010

O'Keeffe J.H. 1986. Ecological research on South African rivers – a preliminary synthesis. South African

National Scientific Programmes Report, 121:1-121.

Parys K.A., Tewari S. and Johnson S.J. 2015. Adults of the waterfern weevil, Stenopelmus rufinasus Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), feed on a non-host plant, Salvinia minima Baker, in Louisiana. The Coleopterists Bulletin, 69(2): 316-318. DOI:10.1649/0010-065x-69.2.316

Pereira A.L. and Vasconcelos V. ۲۰۱٤. Classification and phylogeny of the cyanobiont Anabaena azollae Strasburger: an answered question? International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 64:1830-1840. DOI 10.1099/ijs.0-0.059238

Rao H.S. 1936. The structure and Life-history of Azolla pinnata R. Brown. With remarks on the fossil history of the Hydropteridae. Proceedings of the Indian Academy of Science, 2:175-200.

Richerson P.J. and Grigarick A.A. 1967. The Life History of Stenopelmus rufinasus (Coleoptera: Curculionidae). Annals of the Entomological Society of America, 60(2): 351-354. DOI:10.1093/aesa/60.2.351

Sadeghi R., Zarkami R., Sabetraftar K. and Van Damme P. 2014a. Analysis of environmental factors determining distribution pattern of Azolla filiculoides (Lam.) azollaceae in Anzali wetland, northern Iran. Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences, 79(1): 199-205.

Sadeghi R., Zarkami R., Sabetraftar K. and Van Damme P. 2014b. Habitat suitability modelling in auto-ecology analysis of Azolla filiculoides (Lam.) azollaceae in Selkeh wildlife refuge (Iran). Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences, 79(1): 193-198.

Wagner G.M. 1997. Azolla: A Review of Its Biology and Utilization. Botanical Review, 63(1): 1-26.

Webster T.M.U., Laing L.V., Florance H. and Santos E.M. 2014. Effects of Glyphosate and its Formulation, Roundup, on Reproduction in Zebrafish (Danio rerio). Environmental Science and Technology,1279. DOI: 10.1021/es404258h

Zaller J.G., Weber M., Maderthaner M. and Székács A. 2021. Effects of glyphosate-based herbicides and their active ingredients on earthworms, water infiltration and glyphosate leaching are influenced by soil properties. Environmental Sciences Europe, 33 :51. DOI: 10.1186/s-12302-021-00492-0

پیش‌بینی عبور دمای هوا از آستانه‌ی سازش‌پذیری انسان
در جنوب غربی آسیا در آینده

Jeremy S. Pal & Elfatih A. B. Eltahir .Future temperature in southwest Asia projected to exceed a threshold for human adaptability.
Nature Climate Change | Vol 6 | February 2016

ترجمه: وداد فامورزاده
vedad.famourzadeh@gmail.com
نامه علوم پایه شماره ۶، تابستان ۱۴۰۱

چکیده

بدن انسان می‌تواند از طریق تعرق و در نتیجه خنک شدن تبخیری، با مقادیر مفرط دمای حباب خشک (که به صورت معمول به آن صرفاً دما گفته می‌شود) انطباق پیدا کند به شرط آنکه دمای حباب مرطوب (که یک سنجه‌ی ترکیبی از دما و رطوبت است) پایین‌تر از آستانه‌ی ۳۵ درجه‌ی سلسیوس باقی بماند (Sherwood et al. 2011). این آستانه محدوده‌ی قابلیت بقاء برای یک فرد سالم و ورزیده را در شرایط بدون تهویه‌ی مطبوع در فضای بیرونی تعیین می‌کند درحالی که این محدوده عملاً برای بیشتر افراد مقدار پایین‌تری است. ما با استفاده از مجموعه‌ای از مدل‌سازی‌های اقلیمی منطقه‌ای با وضوح بالا پیش‌بینی می‌کنیم که بسیار محتمل است که در منطقه‌ی اطراف خلیج فارس با اتکا به سناریوهای «کارهای به سبک معمول» (Business as usual) که میزان تراکم‌های آینده‌ی گازهای گلخانه‌ای را پیشبینی می‌کنند، مقادیر مفرط دمای حباب مرطوب به آستانه‌ی بحرانی برسد و حتی از این آستانه عبور کند. نتایج ما میدان حرارتی منطقه‌ای مشخصی را نشان می‌دهد که، در صورت عدم کاهش قابل ملاحظه‌ی انتشار گازهای گلخانه‌ای، بسیار محتمل است که در آینده تغییرات اقلیمی در آنجا شدیداً بر امکان بقای انسانی بخصوص در برخی نقاط گرم اثر بگذارد.

ساختار صفحات زمین‌شناختیِ اطرف و زیر خلیج فارس در جنوب غربی آسیا، که معمولاً به آن خاورمیانه می‌گویند، یکی از منابع اصلی نفت و گاز است که به صورت محلی و جهانی مصرف می‌شود، و ضمناً سهم زیادی در انتشار دی‌اکسید کربن در گذشته و حال دارد (Boden et al. 2013). در این مقاله، نشان خواهیم داد که برخی مراکز جمعیتی در این منطقه به دلیل نتایج تراکم گازهای گلخانه‌ای با ریشه‌ی انسانی، احتمالاً تا پایان همین قرن چنان ترازهای دمایی را تجربه خواهند کرد که برای انسان غیر قابل تحمل خواهد بود.

پنجمین گزارش ارزیابی هیئت بین‌الدول تغییرات اقلیمی (IPCC) شواهد محکم و قابل توجهی ارائه می‌کند مبنی بر اینکه افزایش تراکم گازهای گلخانه‌ای با ریشه‌ی انسانی مسئول بیشتر گرمایش زمین در دهه‌های اخیر است (IPCC 2013: The Physical Science Basis). با وجود اینکه مشاهدات و مدل‌سازی‌ها تا اندازه‌ی زیادی از فرضیه‌ی تغییرات اقلیمی پشتیبانی می‌کنند، پژوهش‌های بیشتری برای بهبود فهم اثرات تغییرات اقلیمی در مقیاس منطقه‌ای و محلی نیاز است. برخی از محدودیت‌های مهم برای کسب دقت در مورد پیش‌بینی‌های مدل‌سازی تغییرات اقلیمی از این اثرات، از کمبود وضوح کافیِ مورد نیاز برای تحلیل فرایندهای منطقه‌ای و برای فهم اثرات اجتماعی آنها و همچنین از تحلیل ناکافی فرایندهای فیزیکی با اهمیت منطقه‌ای ناشی می شود (Bindoff, N. L. 2013; Hewitson, B. C. et al. 2014). برای بررسی خطراتی که گرما و رطوبتِ مفرط سلامت انسانی را در جنوب غربی آسیا تهدید می‌کند، ما مدل‌سازی اقلیمی منطقه‌ای (RCM) در شبکه‌ای شطرنجی را به کار بردیم که فاصله‌ی نقاط در آن ۲۵ کیلومتر است و مخصوص به این منطقه تنظیم شده است؛ همچنین مدل‌سازی ما تحت اشراف به مدل‌سازی مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای(GCM) صورت گرفته که به هیئت بین‌الدول تغییرات اقلیمی (IPCC) تعلق دارند و گزینش آنها به صورت هدفمند بر اساس عملکرد صورت گرفته است (Marcella, M. P. & Eltahir 2008; 2010; 2011) (به روش‌های تکمیلی رجوع کنید). با انجام مدل‌سازی‌های مدل اقلیمی منطقه‌ای با وضوح بالا، ما تقریباً یک شبکه‌ی ۳۰ نقطه‌ای برای هر یک از نقاط مدل اقلیمی جهانی را تحلیل می‌کنیم تا تصویر دقیق‌تری از توپوگرافی و خطوط ساحلی و رخدادهای مفرط اقلیمی و فرایندهای فیزیکی ارائه دهیم.

ما هم دمای حباب خشک (T) و هم دمای حباب مرطوب (TW)، به ویژه بیشینه‌ی روزانه‌ی آنها را که در مدت ۶ ساعت میانگین‌گیری شده است و به ترتیب با T_max و TW_max نشان داده می‌شود بررسی کردیم. در حالی که عامه‌ی مردم به راحتی مفهوم دما را می‌فهمند، مفهوم دمای حباب مرطوب عموماً درست استفاده و فهم نمی‌شود. زمانی که بخشی از هوا را توسط آبی که تا مرز اشباع تبخیر می‌شود با فشار ثابت به صورت ثابتی خنک کنیم دمای حباب مرطوب به دست می‌آید (Rogers, R. R. & Yau. 1989). این دما ترکیبی است از دما و رطوبت.

مانند تمام گونه‌های زنده، بقای انسان تا اندازه‌ی زیادی به کارکرد دمای محیط زیست بستگی دارد. دمای ۳۵°C مقدار آستانه‌ی دمای حباب مرطوب است که تحمل بیش از شش ساعت در معرض دمایی بیش از این آستانه قرار گرفتن احتمالاً حتی برای آماده‌ترین انسان‌ها ممکن نباشد و منجر به گرمازدگی شود. در اقلیم فعلی به ندرت دمای حباب مرطوب بالاتر از ۳۱ درجه می‌رود (منبع ۱). با وجود اینکه برای بررسی اثرات تغییرات اقلیمی بر تنش گرمایی از دماهای حباب خشک و شاخص‌های ترکیبی تجربی دماها و رطوبت دیگری استفاده شده است (Dunne, et al. 2013; Diffenbaugh, et al. 2007 Parsons. 2006; Luber et Al. 2008; Fischer et al. 2010 et al) ، دمای حباب مرطوب رابطه‌ای فیزیکی با دمای مرکزی بدن انسان به دست می‌دهد.

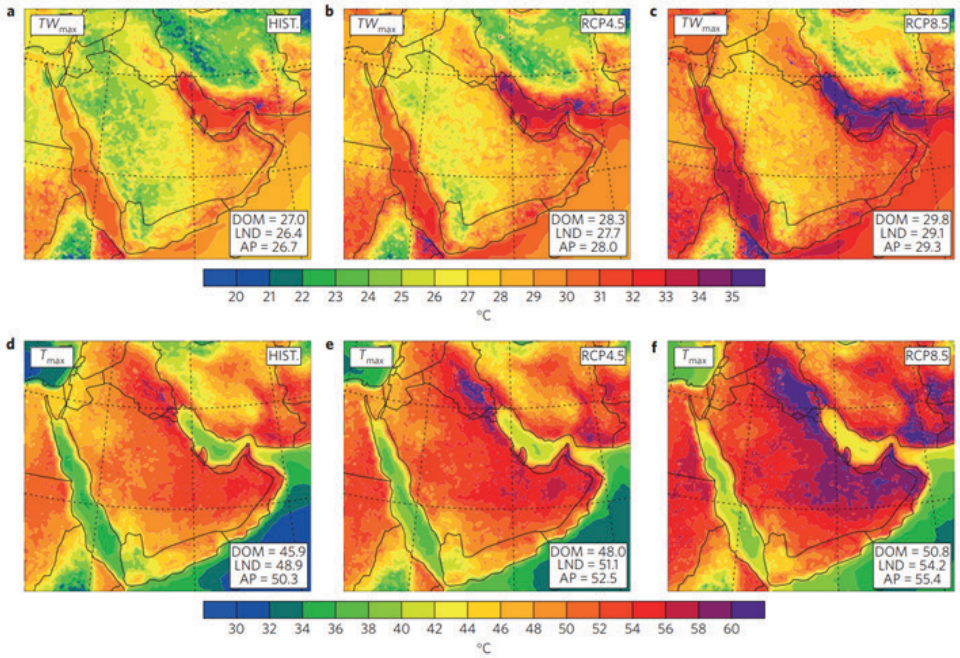
ما برای دماهای شدیداً بالا به صورت قراردادی دمای ۶۰°C را که نزدیک به بالاترین دمایی است که بر روی زمین گزارش شده است انتخاب می‌کنیم (El Fadli et al. 2013 Cerveny et al. 2007). در شرایط دمای خشک، بدن انسان در صورتی که زیر نور خورشید باشد و به خوبی آب‌رسانی نشود حتی در دماهایی زیر ۶۰°C هم در خطر بالای حمله‌ی گرمازدگی قرار می‌گیرد. علاوه بر این، وقتی که دما به چنین مقدارهای شدیداً بالایی نزدیک می‌شود، بیشتر ماشین‌آلاتی که برای اقلیم کنونی ساخته شده‌اند درست کار نخواهند کرد. برای مثال، هواپیما نمی‌تواند هنگام برخاستن از زمین یا نشستن روی زمین عملکرد درستی داشته باشد، و یا خطوط آهن در دماهای شدیداً بالا ، حتی در دمایی حدود ۴۰°C تاب بر می‌دارند.

اگر شرایط اقلیمی با همین روند فعلی (۱۹۷۶–۲۰۰۵) و با همین تراکم‌های انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) سنتی باشد (Meinshausen et al. 2011)، میانگین تجمعی بزرگترین بیشینه‌ی دمای حباب مرطوب در خلیج فارس و مناطق ساحلیِ اطرفش از ۳۱°C فراتر می‌رود (شکل ۱). این مناطق در نواحی با عرض جغرافیایی کم و نزدیک به سطح دریا هستند که امکان دماهای بالا و رطوبت بالای نزدیک ساحل‌ها را فراهم می‌آورند. مناطق صحرایی داخلی، به دلیل هوای خشک‌تر، مقادیر پایین‌تر دمای حباب خشک و دمای حباب مرطوب را دارا هستند. با وجودی اینکه دما در بسیاری مکان‌ها به آستانه‌ی ۳۵°C می‌رسد در هیچ جای این منطقه از آن عبور نمی‌کند. در عوض، میانگین گروه بیشترین دما در برخی مناطق بیابانی داخلی و نواحی ساحلی از ۵۰°C فراتر می‌رود اما در خلیج فارس و دریای سرخ مقادیر نسبتاً پایینی را شاهد هستیم. این شرایط شدید گرمایی در مناطقی با عرض جغرافیاییِ نسبتاً پایین که کنار دریا قرار گرفته‌اند با شرایط پیش‌بینی‌شده‌ی گرمایی در جنوب اروپا و سواحل مدیترانه هم‌خوان است.

مقادیر بالای دمای بیشینه‌ی حباب مرطوب در دریای سرخ و خلیج فارس به دلیل ترکیبی از فرایندهای فیزیکی است. اول اینکه، کل منطقه، به دلیل فرونشست [هوا] در طول تابستان همراه با برخاستنِ جریان حرکت هوا بر فراز مناطق توفندی به سمت شرق، شرایط هوایی تقریباً صافی دارد. دلیل اینکه چرا دمای بیشینه‌ی حباب مرطوبِ سطحیِ بالاتر در این منطقه نمی‌تواند باعث ایجاد حرکت همرفتی عمیق شود را اینگونه توضیح داده‌اند که فرونشست پیوسته‌ی منطقه‌ای، که شامل کاهش دیاباتیک و آدیاباتیک (بی‌دررو) هم می‌شود، مانع همرفت عمیق است(Rodwell et. 1996 al). فرونشست هوا بر فراز این منطقه منجر به فقدان ابرها و ورودی بالای اشعه‌ی خورشیدی می‌شود. دوم اینکه، بر خلاف بیابان‌های اطرف، سپیدایِ سطحی (surface albedo)دریای سرخ و خلیج فارس نسبتاً پایین است و این به جذب قوی اشعه‌ی خورشیدی و افزایش تمام جریان گرمایی می‌انجامد. سوم اینکه، نرخ تبخیر بالا موجب افزایش بخار آب و گرمای ذخیره شده در سطح می‌شود. لایه‌ی مرزی نسبتاً نازک بر فراز این آب‌ها باعث تمرکز بخار آب و گرما در نزدیکی زمین می‌شود. تمام این عوامل باهم باعث بیشینه شدن تمامیت جریان گرما تا به سرحد یک لایه‌ی مرزی نسبتاً نازک، و در نتیجه بیشینه شدن دمای حباب مرطوب در نزدیکی سطح این دریاها می‌شود. در نتیجه مکان‌های ساحلی اطراف این آب‌ها مستعد دمای حباب مرطوب بالا از طریق جابه‌جایی هوایی (برای مثال چرخش نسیم و باد دریا) می‌شود.

برای پیش‌بینی اثرات تغییرات اقلیمی در پایان قرن (بین ۲۰۷۱ تا ۲۱۰۰)، دو سناریو برای تراکم انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اساس خطسیرهای تراکم نمایشگر هیئت بین‌الدول تغییرات اقلیمی در نظر گرفتیم: خط سیرِ RCP۴,۵ (2011 .Thomson et al) و خطسیرِ RCP۸,۵ (Riahi et al. 2011).

خطسیرِ RCP۸٫۵ نشان‌دهنده‌ی یک سناریوی متکی به «کارها به سبک معمول» است، در حالی که مفروض خط-سیرِ RCP۴٫۵ کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. بر اساس خطسیرِ RCP۸٫۵ مناطقی که ویژگی دمای بیشینه‌ی حباب مرطوبِ بالاتر از ۳۱°C را دارا هستند چنان افزایش می یابد که بیشتر مناطق ساحلی جنوب غربی آسیا در مجاورت دریای سرخ و خلیج فارس را هم شامل می‌شود (شکل ۱). علاوه بر این، مناطق بسیاری در خلیج فارس و سواحل اطرافش از آستانه‌ی مذکور عبور خواهند کرد.



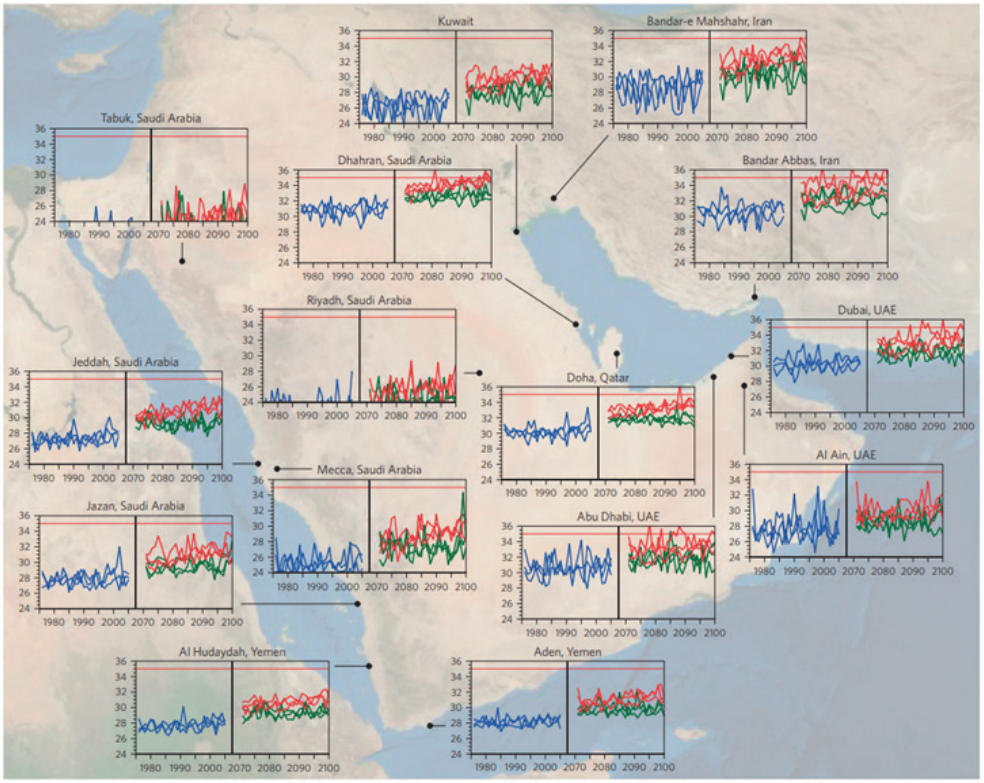
شکل ۱: توزیع فضایی دمای حباب مرطوب مفرط و دمای مفرط. میانگین گروه در سی سال آینده TW_max در تصویر (a-c) و بیشینه‌ی دما در تصویر (d-f)، دماها برای هر سناریوی انتشار گازهای گلخانه‌ای: تاریخی در (a,d) و خطسیر RCP۴٫۵ در (b,e) و خطسیر RCP۸٫۵ در (c-f). در هر تصویر به میانگین‌های منطقه بدون در نظر گرفتن مناطق حائل (DOM)، سرزمین بدون در نظر گرفتن مناطق حائل (LND) و شبه جزیره‌ی عربستان (AP) اشاره شده است. مقایر TW_max و T_max بیشینه‌ی مقادیر روزانه است که در یک پنجره‌ی شش ساعته متوسط‌گیری شده‌اند.

مقدار بیشینه‌ی سالانه‌ی دمای حباب مرطوب در مکان‌های مختلف اطراف خلیج فارس به صورت یکنواختی افزایش پیدا می‌کند (شکل ۲). تا انتهای قرن، دمای بیشینه‌ی سالانه‌ی حباب مرطوب در ابوظبی، دبی، دوحه، ظهران، و بندرعباس به تعداد دفعات زیادی در طول ۳۰ سال از ۳۵°C عبور خواهد کرد، و روزهایی که گرمای آنها امروز ۵ درصد از روزهای تابستان شامل می‌شوند تقریباً تبدیل به یک روز معمولی در تابستان می‌شوند (شکل ۳). در طول تابستان بادهای گرم شمال غربی (ریح الشمال) به‌طورمتناوب از ترکیه و عراق به سمت خلیج فارس می‌وزند و رطوبت را جذب می‌کنند و دمای حباب مرطوب را با خود به بیشتر شهرهای خلیج فارس حمل می‌کنند. استثناهای اصلی عبارتند از شهر کویت و بندر ماهشهر، چون به دلیل موقعیت جغرافیای‌شان در شمال خلیج فارس از چنین شرایط دماهای حباب مرطوب مفرط در امان می‌مانند.

دماهای بیشینه‌ی شدیداً بالا که از ۴۵°C می‌گذرد در تابستان در بیشتر شهرهای با عرض جغرافیای پایین تبدیل به یک امر معمول می‌شود (شکل ۸ و ۹ تکمیلی). با وجودی که شهر کویت از رخدادهای دمای حباب مرطوبِ شدیداً بالا در امان خواهد بود، پیش‌بینی می‌شود دمای بیشینه‌ی سالانه در این شهر در برخی سال‌ها از ۶۰°C عبور کند. در مورد العین هم که از ساحل خلیج فارس جدا است، به دلیل عرض جغرافیایی پایین‌اش پیش‌بینی می‌شود که دمای بیشینه‌ی سالانه از ۶۰°C عبور کند. دوحه به صورت تکینه‌ای در موقعیتی جغرافیایی قرار گرفته است که هوای خشک و گرم را از داخل صحرا در غرب‌اش و هوای مرطوب گرم را از خلیج فارس دریافت می‌کند و در نتیجه، هم در برابر دماهای حباب خشک آسیب‌پذیر است و هم در برابر دماهای حباب مرطوب مفرط. پیش‌بینی می‌شود که سواحل دریای سرخ در مقایسه با خلیج فارس شرایط معتدل‌تر اما هنوز نسبتاً سختی داشته باشند. برای مثال، در جده و نزدیک‌اش مکه پیش‌بینی می‌شود که دمای بیشینه‌ی حباب مرطوب به ترتیب به مقادیر بالای

۳۳°C و ۳۲°C برسد (شکل ۲)، در حالی که دمای بیشینه‌ی سالانه از ۵۵°C عبور خواهد کرد. این شرایط مفرط، زمانی که زائران مسلمان (حدود دو میلیون نفر) در فضای باز بیرونی از طلوع تا غروب در نزدیکی مکه به نیایش می‌پردازند، پی‌آمدهای سختی برای مراسم حج مسلمانان خواهد داشت. زمان دقیق مراسم حج بر اساس تقویم قمری تنظیم می‌شود و در نتیجه می‌تواند برای چندین سال متوالی در تابستان رخ دهد. زمانی که حج در طول تابستان باشد، این مراسم، که شرکت در آن برای مسلمانان واجب است، در فضای بیرون احتمالاً برای سلامت انسان‌ها، به ویژه برای زائران متعدد سالخورده خطرساز خواهد شد.

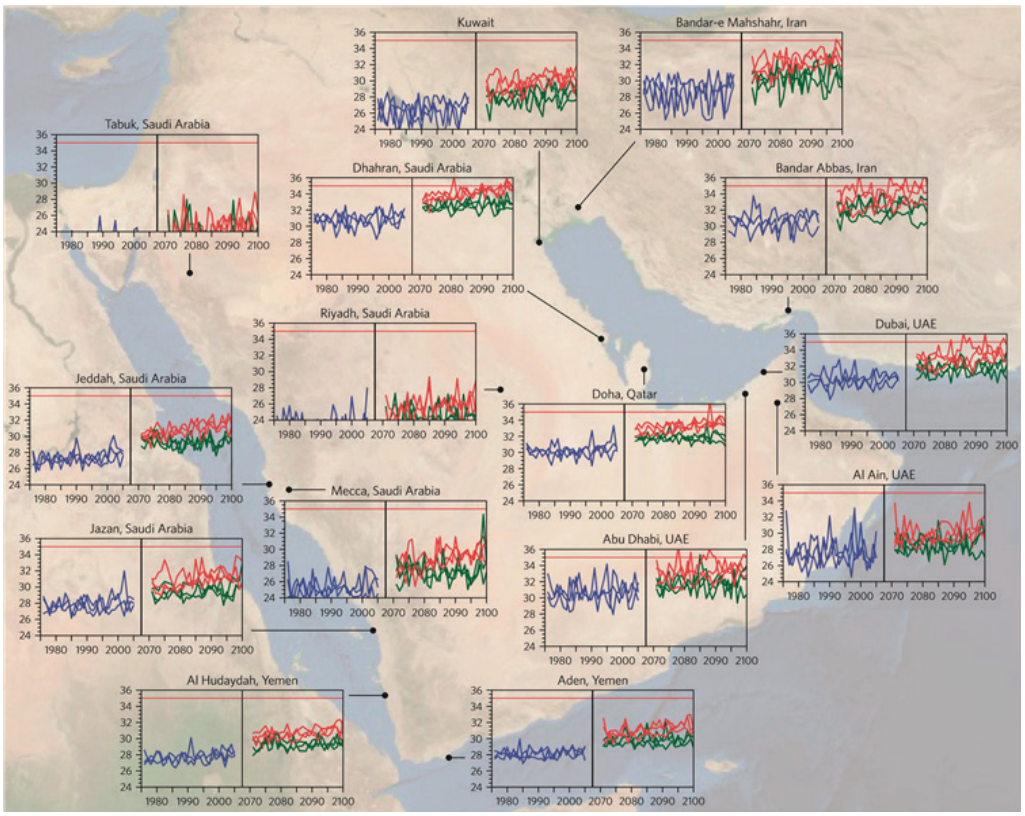
در حالی که جمعیت در جنوب غربی آسیا سریعاً در حال افزایش است(World Population Prospects: Working Paper No. ESA/P/WP.235 ۲۰۱۴) ، شهرها احتمالاً گسترش خواهند یافت و شهرهای جدیدی پدیدار خواهند شد. افزایش دمای بیشینه‌ی سالانه که نتیجه‌ی تغییرات اقلیمی است محیط زیست صحرایی خشن حاضر را خشن‌تر خواهد کرد، در حالی که افزایش بیشینه‌ی سالانه‌ی دمای حباب مرطوب احتمالاً توسعه در خط ساحلی را محدود خواهد کرد. حمایت از کاهش کربن جهانی، که خواست سناریوی RCP۴,۵ است، توسط کشورهای آسیای جنوب غربی سود قابل توجه‌ی برای آنها خواهد داشت . چنین تلاش‌هایی اگر در مقیاس جهانی به کار بسته شود به معنای کاهش قابل توجه شدت اثرات پیش‌بینی شده است چون در آن صورت دمای بیشینه‌ی حباب مرطوب در هیچ یکی از مکان‌های بررسی شده به آستانه‌ی ۳۵°C نخواهد رسید. دمای بیشینه از ۵۵°C نخواهد گذشت، به استثناء برخی مکان‌ها که دماهای کنونی هم تا همین جا بالا است (شکل ۸ تکمیلی). در این سناریو در اطراف جده و مکه، که مراسم حج انجام می‌شود، دمای حباب مرطوبِ بیشینه تنها دو درجه‌ی سلسیوس گرم‌تر از درجه‌ی آب و هوای کنونی خواهد بود.



شکل ۲: توالی زمانی بیشینه‌ی دمای حبابِ مرطوب برای هر عضو از مجموعه و سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای. خطوط آبی و سبز و قرمز به ترتیب سناریوی تاریخی (۱۹۷۶–۲۰۰۵) و RCP۴,۵ (۲۰۷۱–۲۱۰۰) و RCP۸,۵ را معرفی می‌کنند. دمای بیشینه‌ی حباب مرطوب بیشینه‌ی روزانه است که در شش ساعت میانگین‌گیری شده است. تصویر پس‌زمینه از ناسا.

با وجودی که بیشتر نفتی که در این منطقه تولید می‌شود نهایتاً سر از اتمسفر درمی‌آورد و سهم مهمی در تغییرات اقلیمی جهانی دارد، همین نفت مزایای مالی چشم‌گیری برای این منطقه داشته است. همین مزایا ظرفیت منطقه را برای انطباق یافتن با تغییرات اقلیمی بهبود بخشیده است. برای مثال، تقاضای برق برای مصرف دستگاه‌های تهویه‌ی مطبوع برای انطباق با تغییرات پیش‌بینی شده اقلیمی و جمعیتی افزایش قابل توجه‌ی در آینده خواهد داشت(Sailor et al. 2003). با وجودی که شاید انطباق فعالیت‌ها در فضای داخلی در کشورهای ثروتمند نفتی این منطقه امکان‌پذیر باشد، اما

حتـی سـاده‌ترین فعالیت‌هـا در فضـای بیرونـی احتمـالاً به شـدت تحـت تأثیـر قـرار می‌گیرنـد. در مقابـل، کشـورهای نسـبتاً فقیـر در جنـوب غربـی آسـیا بـا منابـع مالـی محـدود و تولیـد نفتـی که یـا رو بـه کاهـش اسـت یـا وجـود نـدارد احتمـالاً هـم در فضـای داخلـی و هـم در فضـای بیرونـی رنج خواهند کشـید. بـرای مثال، پیش‌بینـی می‌شـود دمـای بیشـینه‌ی حبـاب مرطـوب در مناطـق سـاحلی یمـن و در مناطـق اطـراف الحدیـده و عـدن بـه حـدود ۳۳°C در سـال‌های بـا گرمـای مفـرط برسـد. در چنین شـرایطی، تغییـرات اقلیمـی امـکان دارد به مـرگ زودهنگام افـراد ضعیف‌تر، یعنـی کـودکان و سـالخوردگان بیانجامـد. یـک تشـبیه قابل قبول از آینـده‌ی اقلیمـی بسـیاری مکان‌هـا در آسـیا جنـوب غربـی، اقلیـم امـروز در صحرای شـمال منطقـه‌ی أفار و بخـش آفریقایی دریـای سـرخ اسـت، منطقـه‌ای کـه به دلیـل اقلیم مفـرطش هیچ سـکونتگاه ثابـت انسـانی ندارد.



شـکل ۳: تاریخ‌نـگارِ تابسـتان (JAS) دمـای بیشـینه‌ی حبـاب مرطـوب بـرای هـر سـناریوی انتشـار گازهـای گلخانـه‌ای؛ تاریخی (رنـگ آبـی)، RCP۴٫۵ (سـبز) و RCP۸٫۵ (قرمـز). فواصـل تاریخ‌نـگار نیـم درجه‌ی سلسـیوس اسـت و مقادیر در محـور عمودی تعـداد عبـور کردن‌هـا را نمایـش می‌دهـد. مقادیـر نوشـته شـده در هـر تصویـر آسـتانه‌هایِ احتمـالِ رخـداد کمتـر از ۵ درصـد و کمتـر از ۵۰ درصـد را نشـان می‌دهـد. دمـای بیشـینه‌ی حبـاب مرطـوب بیشـینه‌ی روزانـه اسـت کـه در پنجره‌ای شـش سـاعته میانگین‌گیـری شـده اسـت. تصویـر پس‌زمینـه از ناسـا

منابع

Bindoff, N. L. et al. in Climate Change 2013: The Physical Science Basis (eds Stocker, T. F. et al.) Ch. 10 ,867–952 (IPCC, Cambridge Univ. Press, 2013). Marcella, M. P. & Eltahir, E. A. B. Effects of mineral aerosols on the summertime climate of southwest Asia: Incorporating subgrid variability in a dust emission scheme. J. Geophys. Res. 115, D18203(2010).

Boden, T. A., Marland, G. & Andres, R. J. (eds) Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO_2 Emissions (Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy, 2013).

Cerveny, R. S., Lawrimore, J., Edwards, R. & Landsea, C. Extreme weatherrecords. Bull. Am. Meteorol. Soc. 88 ,853–860 (2007).

Diffenbaugh, N. S., Pal, J. S., Giorgi, F. & Gao, X. Heat stress intensification inthe Mediterranean climate change hotspot. Geophys. Res. Lett. 34, L11706(2007).

Dunne, J. P., Stouffer, R. J. & John, J. G. Reductions in labour capacity from heatstress under climate warming. Nature Clim. Change3, 563–566(2013).

El Fadli, K. I. et al. World Meteorological Organization assessment of the purported world record 58°C temperature extreme at El Azizia, Libya (13 September 1922). Bull. Am. Meteorol. Soc94, 199–204(2013).

Fischer, E. M. & Schar, C. Consistent geographical patterns of changes inhigh-impact European heatwaves. Nature Geosci. 3, 398–403(2010).

Hewitson, B. C. et al. in Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability (eds Barros, V. R. et al.) Ch. 21 (IPCC, Cambridge Univ. Press, 2014).

IPCC Climate Change 2013: The Physical Science Basis (eds Stocker, T. F. et al.) (Cambridge Univ. Press, 2013).

Rogers, R. R. & Yau, M. K. A Short Course in Cloud Physics (Pergamon, 1989).

Luber, G. & McGeehin, M. Climate change and extreme heat events. Am. J. Prev. Med. 35, 429–435(2008).

Marcella, M. P. & Eltahir, E. A. B. Modeling the hydroclimatology of Kuwait: The role of subcloud evaporation in semiarid climates. J. Clim. 21, 2976–2989(2008).

Marcella, M. P. & Eltahir, E. A. B. The hydroclimatology of Kuwait: Explaining the variability of rainfall at seasonal and interannual time scales. J. Hydrometeorol. 9, 1095–1105(2008).

Marcella, M. P. & Eltahir, E. A. B. Modeling the summertime climate of Southwest Asia: The role of land surface processes in shaping the climate of semiarid regions. J. Clim. 25, 704–719(2011).

Meinshausen, M. et al. The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. Climatic Change109 , 213–241(2011).

Parsons, K. Heat stress standard ISO 7243 and its global application.Ind. Health44, 367389(2006).

Riahi, K. et al. RCP 8.5—A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. Climatic Change 109, 33–57(2011).

Rodwell, M. J. & Hoskins, B. J. Monsoons and the dynamics of deserts. Q. J. R. Meteorol. Soc.122,1385–1404 (1996).

Sailor, D. Air conditioning market saturation and long-term response ofresidential cooling energy demand to climate change. Energy 28, 941–951(2010).

Sherwood, S. C. & Huber, M. An adaptability limit to climate change due to heat stress. Proc. Natl Acad. Sci. USA107, 9552–9555(2010).

Thomson, A. et al. RCP4.5: A pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. Climatic Change ,109 77–94(2011).

World Population Prospects: The 2012 Revision, Methodology of the United Nations Population Estimates and Projections Working Paper No. ESA/P/WP.235 (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2014).

زمین‌لرزه‌ی ترکیه – سوریه: آنچه دانشمندان می‌دانند

TURKEY–SYRIA EARTHQUAKE REVEALS BUILDING DANGER
Structures in the region have always been vulnerable, but war has made things worse
Miryam Naddaf. Nature | Vol 614 | 16 February 2023
ترجمه: وداد فامورزاده
vedad.famourzadeh@gmail.com
نامه علوم پایه شماره ۶، تابستان ۱۴۰۱



شکل ۱: زمین‌لرزه ساختمان‌ها را در شهر جندیرس، نزدیک به عفرین، سوریه تخریب کرد. عکس از رامی السعید، آژانس فوتو پرس

ساختمان‌های ترکیه و سوریه در برابر زمین‌لرزه آسیب‌پذیرند، اما جنگ همه چیز را بدتر کرده است.

زلزله‌ای ۷/۸ ریشتری جنوب شرقی ترکیه و بخش‌هایی از سوریه را در ساعات آغازین صبح ششم فوریه لرزاند. می‌دانیم که تا کنون [زمان انتشار این گزارش] حداقل ۵۰۰۰ نفرجان خود را از دست داده‌اند و هزارن نفر زخمی شده‌اند. ۹ ساعت بعد به دنبال زلزله‌ی اول، زلزله‌ی دیگری با شدت ۷/۵ ریشتر و غیر از آن همچنین بیش از ۲۰۰ پس‌لرزه زمین را لرزاند.

زمین‌لرزه و پس‌لرزه‌هایش ساختمان‌ها را با خاک یکسان کرد و باعث شد که نیروهای امداد برای نجات افراد گرفتار در میان آوار بتُن‌ها مشغول کاوش شوند. انتظار می‌رود که آمار کشته‌شدگان بسیار افزایش یابد. مجله‌ی نیچر با چهار پژوهشگر درباره‌ی فعالیت زلزله‌ای زمین در منطقه و آنچه در چند روز آینده رخ خواهد داد صحبت کرده است.

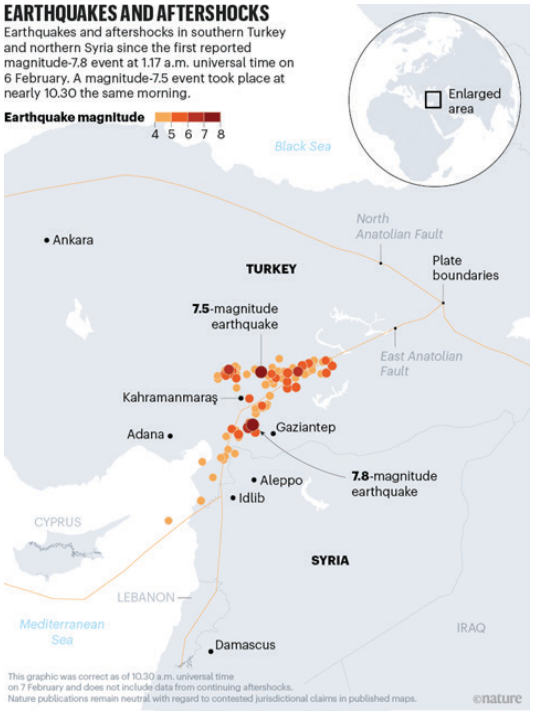
ترکیه یک منطقه‌ی فعال زمین‌لرزه است

بیشتر ترکیه بین دو گسل بزرگ در صفحه‌ی تکتونیک آناتولی واقع شده است:گسل آناتولی شمالی و گسل آناتولی شرقی. دیوید روتِری، دانشمند زمین‌شناس در دانشگاه اوپن در میلون کیینز بریتانیا، می‌گوید که صفحه‌ی تکتونیکی که عربستان را دربر می‌گیرد و شامل سوریه نیز می‌شود به سمت شمال حرکت می‌کند و به کناره‌ی اوراسیا برخورد می‌کند، و ترکیه را به سمت غرب فشار می‌دهد. او اضافه می‌کند که :«ترکیه هر سال حدود دو سانتی‌متر به سمت غرب حرکت می‌کند،و نیمی از طول این گسل با زمین‌لرزه‌ها فعال می‌شود».

سیحان پسکولچو، زلزله‌شناس و مدیر بنیاد زلزله ترکیه در استانبول، می‌گوید که مردم ترکیه به خوبی از آسیب‌پذیری در برابر زلزله‌ها آگاهی دارند. او که هفته‌ی گذشته از شهرهای آدنا، طرسوس، مرسین و مناطق غربی ترکیه بازدید کرد و

کارگاه‌هایی درباره‌ی آگاهی‌بخشی زلزله برگزار کرد، می‌گوید: «این زلزله غافلگیرکننده نبود».

کانون زلزله‌ی اصلی در ۲۶ کیلومتری شرق شهر نورداغی در استان غازی‌عینتاب، در عمق ۱۷/۹ کیلومتری قرار داشت. زلزله‌ی ۷/۵ ریشتری در جایی حدود چهار کیلومتری جنوب شرق اکینزو در استان قهرمان‌مرعش رخ داد (تصویر زلزله‌ها و پس‌لرزه‌ها را ببینید).



شکل ۲: زمین‌لرزه‌ها و پس‌لرزه‌ها در جنوب ترکیه و شمال سوریه از زمان اولین زلزله با شدت ۷/۸ ریشتر در ساعت ۱:۱۷ صبح به وقت گرینویچ در ششم فوریه. زلزله‌ی ۷/۵ ریشتر در نزدیکی ساعت ۱۰:۳۰ همان صبح رخ داد.

جنگ ساختمان‌های آسیب‌پذیر را ناپایدارتر کرده است

علت مرگ و میر در زمین‌لرزه‌ها اغلب فرو ریختن آجرها و دیوارها است. بر اساس پیمایش زمین‌شناختی ایالات متحده‌ی آمریکا، بسیاری از افرادی که در ترکیه از زمین‌لرزه تأثیر پذیرفته‌اند در سازه‌هایی با دیوارهای آجریِ تقویت‌نشده و چهارچوب‌های بتُنی کم ارتفاع زندگی می‌کنند که احتمال خرابی بسیار بالایی در اثر زمین‌لرزه دارند.

در مطالعه‌ای که ماه مارس گذشته در مجله‌ی مهندسی زمین‌لرزه و دینامیک خاک منتشر شد، اَرزو اَرسلان کِلام از دانشگاه فنی خاور میانه در آنکارا، و همکارانش نشان دادند که مرکز شهر غازی‌عینتاب می‌تواند با زمین‌لرزه‌ای ۶/۵ ریشتری دچار تخریب متوسط تا شدیدی شود؛ دلیلش هم این است که بیشتر ساختمان‌های موجود در سازه‌های آجری کم ارتفاعی ساخته شده‌اند که بسیار نزدیک به یکدیگر قرار دارند. زمین‌لرزه‌ای به شدت ۷/۴ ریشتر ۱۱ کیلومتری جنوب شرقی ازمیت ترکیه را در سال ۱۹۹۹ لرزاند و بیش از ۱۷۰۰۰ نفر کشته داد و بیش از ۲۵۰۰۰۰ نفر را بی‌خانمان کرد. پس از این واقعه‌ی اسفبار، دولت ترکیه قوانین جدید ساختمان و نظام بیمه ساختمان اجباری را تصویب کرد. ولی مصطفی اِردیک، مهندس عمران از دانشگاه بغازیچی استانبول، می‌گوید که بسیاری از ساختمان‌هایی که تحت تأثیر زمین‌لرزه‌ی این هفته قرار گرفتند پیش از سال ۲۰۰۰ ساخته شده بودند.

همه چیز در سوریه ،جایی که بیش از ۱۱ سال جنگ اجرای قانونی استانداردهای ساختمان‌سازی را غیرممکن کرده، بدتر است. زمین‌لرزه‌ای که مناطق شمال غربی سوریه را لرزاند باعث فروریختن ساختمان‌ها در حلب و ادلب شد. برخی ساختمان‌های تخریب‌شده در اثر جنگ با مواد کم کیفیتی بازسازی شده بودند که به قول روتری «از هر مصالح ساختمانی که در دسترس بوده است» گرد آورده شده بودند. او اضافه می‌کند: «آنها احتمالاً نسبت به ساختمان‌هایی که با هزینه‌های بالاتر ساخته شده بودند راحت‌تر فرو بریزند».

پس از این چه خواهد شد؟

پژوهشگران می‌گویند که مردم لازم است خود را حتی برای زمین‌لرزه‌ها و پس‌لرزه‌های بیشتر و همچنین آب و هوایی که رو به وخیم‌تر شدن است آماده کنند. ایلان کِلمان، که در کالج دانشگاهی لندن درباره‌ی رخدادهای فاجعه‌بار و سلامت مطالعه می‌کند، می‌گوید: «امکان اینکه پس‌لرزه‌های بزرگی حتی تخریب بیشتری را در هفته‌ها و ماه‌های آینده باعث شود وجود دارد».

او اضافه می‌کند که: «پیش‌بینی آب و هوای شبانه برای این منطقه از سقوط دما به دمای زیر صفر خبر می‌دهد. این امر به این معنی است که افرادی که زیر آوار گیر افتاده‌اند، و شایدبتوان آنها را نجات داد، ممکن است از یخزدگی بمیرند. پس این خطرات و آسیب‌ها ادامه خواهند داشت».

منابع

1. Sanderson, T., Hisner, R., Donovan-Banfield, I.,Peacock, T. & Ruis, C. Preprint at medRxiv https://doi.org/. 10.1101/2023.01.26 23284998 (2023)
2. Rosenke, K. et al. Nature Commun. 2295 (2021).
3. Butler, C. C. et al. Lancet 281-293 (2023).

خلاصه‌ای از نامه ارسالی شاخه ریاضی فرهنگستان علوم به مسئولین آموزش و پرورش و شورای عالی انقلاب فرهنگی در خصوص دانشگاه فرهنگیان

از آنجا که یکی از ارکان تعلیم و تربیت در مدارس به شیوه‌های تربیت معلم وابسته است، شاخه ریاضی فرهنگستان علوم از زمانی که این وظیفه به دانشگاه فرهنگیان سپرده شده است طی سال‌ها با مسئولین ذی‌ربط این دانشگاه فرهنگیان، مسئولین وزارت آموزش و پرورش، دبیرخانه شورای عالی انقلاب فرهنگی، کمیسیون آموزش و تحقیقات مجلس شورای اسلامی جلساتی داشته است. هدف هم این بوده است تا با نگاه سازنده و تعاملی با دانشگاه فرهنگیان، پیشنهادها و راهکارهایی برای ارتقای تربیت معلمین شایسته با استفاده از همه ظرفیت‌های آموزش عالی کشور ارائه کند.

آموزش و پرورش اعلام کرده است تا سال ۱۴۰۴ به تدریج حدود ۶۰۰ هزار معلم بازنشسته خواهند شد. آنها معلمانی هستند که در دهه شصت و هفتاد به دلیل افزایش تعداد زیاد دانش‌آموز، جذب شده، اینک در شرف بازنشستگی هستند. براین اساس آموزش و پرورش اعلام می‌دارد که با توجه به سیاست‌های افزایش جمعیت، در آینده نزدیک کشور با بحران کمبود معلم روبرو می‌شود و لازم است طی چند سال آینده همین تعداد معلم تربیت شود. مشکل این است که اگر تربیت معلم منحصر به دانشگاه فرهنگیان باشد با دو چالش عمده مواجه خواهد بود:

۱- کمبود اعضای هیأت علمی به لحاظ کمی و کیفی. با توجه با اینکه اعلام شده نسبت استاد به دانشجو در این دانشگاه ۱ به ۱۰۷ است.

۲- کمبود زیرساخت‌ها و فضای کالبدی مناسب با رعایت استانداردهای محیط‌های علمی و آموزشی دانشگاهی؛ بنا بر اعلام مسئولین دانشگاه فرهنگیان حدود ۲۵٪ فضاهای موجود مناسب بهره برداری است.

بیم آن می‌رود با تفسیر بعضاً سلیقه‌ای از اساسنامه دانشگاه فرهنگیان، روش عبور از این بحران را جذب تعداد زیاد دانشجو و به تبع آن جذب تعداد زیادی هیات علمی و تنها راه تربیت معلمان را نیز صرفاً از طریق دانشگاه فرهنگیان و دانشگاه شهید رجایی ببینید. نتیجه این رویکرد توسعه بی‌رویه واحدهای دانشگاه فرهنگیان بدون توجه به کیفیت آنها و هدر دادن منابع مالی زیاد در این خصوص است، در حالی که بهترین دانشگاه‌های کشور با صندلی خالی برای پذیرش دانشجو در رشته‌های علوم پایه و علوم انسانی روبرو هستند. با رویکرد جدید خود دانشگاه فرهنگیان نیز ممکن است پس از عبور از بحران فعلی در سال‌های آتی با ظرفیت مازاد و صندلی خالی مواجه شود. به منظور جلوگیری از اتلاف سرمایه‌های انسانی و مالی و استفاده بهینه از ظرفیت‌های کلان آموزش عالی کشور در سایر دانشگاه‌ها، با توجه به نکات یادشده پیشنهادات ذیل به شورای عالی انقلاب فرهنگی ارائه شد.

۱- بر اساس مصوبه شورای عالی انقلاب فرهنگی مورخ ۱۴۰۰/۸/۲۷ و تبصره ۱ ماده واحده آن، دانشگاه‌های فرهنگیان و شهید رجایی می‌توانند علاوه بر استفاده از ظرفیت‌های پیش‌بینی شده در ماده ۲۸ اساسنامه دانشگاه فرهنگیان، از ظرفیت سایر دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی و پژوهشی کشور نیز استفاده کنند. آیین‌نامه اجرایی این مصوبه در تاریخ ۱۴۰۰/۲/۲۶ توسط آموزش و پرورش به شورای عالی انقلاب فرهنگی ارسال شده و اخیرا در سال ۱۴۰۱ نیز اصلاح شده است. در این آیین‌نامه اجرایی چنین آمده است که «برای پذیرفته‌شدگان دانشگاه‌های وابسته (دانشگاه‌های فرهنگیان و شهید رجایی) با مشارکت سایر مراکز آموزشی (دانشگاه‌های دیگر و مراکز آموزش عالی)، آموزش‌های تخصصی و موضوعی توسط مراکز آموزشی و دروس مهارتی توسط دانشگاه‌های وابسته ارائه می‌شود». یعنی طرح پذیرش «دانشجو معلم» بر اساس شاخص‌های وزارت عتف، مبنی بر گذراندن سه سال آموزش تخصصی در دانشگاه‌های دولتی و موسسات آموزش عالی و یک سال آموزش مهارت‌های تربیتی در دانشگاه فرهنگیان انجام شود.

اتفاقا در این مورد تجربه موسسات آموزش عالی در برگزاری دوره‌های کارشناسی دبیری در دهه ۱۳۶۰، که دانشجویان دروس تخصصی را در دانشکده‌های علوم پایه و دروس تربیتی را در دانشکده‌های علوم تربیتی می‌گذراندند، الگوی خوبی است.

۲- با توجه به کمبود شدید هیأت علمی در دانشگاه فرهنگیان، پذیرش دانشجو برای دوره‌های کارشناسی ارشد، با امکانات فعلی هیات علمی دانشگاه تناسب ندارد. توسعه تحصیلات تکمیلی در این دانشگاه به هیچ وجه به صرفه و صلاح کشور و آموزش و پرورش نیست زیرا نیاز آموزش و پرورش با معلمینی که دانش آموخته دروه‌های کارشناسی هستند نیز مرتفع می‌شود. سوال این خواهد بود استفاده از فارغ التحصیلان کارشناسی ارشد دانشگاه فرهنگیان با فرض استخدام در آموزش و پرورش قرار است در چه مقطعی تدریس کنند؟ آیا برای تدریس در دبستان و حتی دبیرستان، نیازی به درجه کارشناسی ارشد است؟ آیا به تحمیل هزینه اضافی ناشی از برگزاری دوره‌های کارشناسی ارشد برای معلمان فعلی یا حقوق مازادی که به دانش آموختگان با مدرک بالا پرداخت می‌شود، بدون اینکه در سطح گسترده نیار ویژه‌ای را برطرف سازند، توجه شده است؟

۳- دانشگاه فرهنگیان در تربیت دانشجویان دوره‌های کارشناسی موفق بوده است و ارائه آموزش‌های تخصصی و مهارتی با کیفیت بالا در مقطع لیسانس، با پرداخت مستمری مناسب، باید مد نظر دانشگاه قرار گیرد.

۴- با توجه به افت سطح دانش دانش‌آموزان به ویژه در دروس ریاضی و فیزیک، دانشگاه فرهنگیان و تربیت دبیر شهید رجایی وظیفه خطیر و منحصر بفرد خود در آموزش معلمان – از طریق برگزاری دوره‌های کوتاه مدت آموزشی– برای ارتقاء حرفه‌ای معلمان، را باید جدی بگیرند.

۵- برای تأمین هیأت علمی دانشگاه، به‌جای تکیه بر مدرسانی که در شرف بازنشستگی هستند، از دانش‌آموختگان دانشگاه‌های دولتی استفاده شود و در صورت لزوم دوره‌های مهارتی لازم برای آنان در دانشگاه فرهنگیان فراهم شود.

۶- دانشگاه فرهنگیان و تربیت دبیر شهید رجایی دوره‌های صلاحیت حرفه‌ای برای ورود به مشاغل آموزشی و تربیتی در نظام آموزش رسمی کشور را برگزار کنند.

۷- دانشگاه فرهنگیان و شهید رجایی برای فارغ‌التحصیلان دانشگاه‌ها، موضوع ماده ۲۸، دوره یکساله مهارت آموزی را طراحی و برگزار کنند.

شاخه ریاضی فرهنگستان علوم ضمن درخواست توجه ویژه نسبت به این پیشنهادات به تداوم همکاری با دانشگاه فرهنگیان و شهید رجایی در راستای تربیت معلمان شایسته و توانمند، متعهد و اخلاق مدار تاکید دارد. همچنین به توانمند سازی کیفی دانشگاه فرهنگیان – براساس شاخص‌های وزارت عتف و مصوبات شورای عالی انقلاب فرهنگی – و عدم گسترش کمی و کالبدی را توصیه می‌کند.

بی‌شک چالش‌های مطرح شده منحصر به رشتهٔ ریاضی نیست و لذا پیشنهادهای فوق نوعا شامل سایر رشته‌های مورد نیاز آموزش و پرورش نیز می‌شود.

اعضای شاخه ریاضی فرهنگستان علوم انتظار دارند پیشنهادهای فوق که بر پایه تجربه آنها در طول عمری خدمت در عرصه آموزش عالی تهیه شده است مورد توجه جدی مسئولین دبیرخانه شورای عالی انقلاب فرهنگی، آموزش و پرورش کشور و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، و مسئولین دانشگاه فرهنگیان قرار گیرد.



بخشی از سخنرانی دکتر یوسف ثبوتی، عضو پیوسته فرهنگستان علوم در گردهمایی تغییرات اقلیمی و موزه‌های علوم و دانشگاهی

زمین در زیر بار جمعیت و مصرف

استفاده مداوم از زمین و اکوسیستم آن در وضعیتی است که گویی منبعی بی پایان از منابع و مخزن بی حد و حصری برای مصرف ما و جایی برای انباشت زباله‌های ماست. این برخورد به طبیعت به به آنجا می‌رسد که در آن دیگر این سیاره نمی‌تواند به حمایت از مردم خود ادامه دهد. علاوه بر این، از این منابع به گونه‌ای استفاده می‌شود که بسیاری از مردم کره زمین و به ویژه بسیاری از ساکنان منطقه (آسیا – اقیانوس آرام) در فقر شدید به سر می‌برند. این وضعیت ناامیدکننده به ما هشدار می‌دهد که باید به سازوکارهای توسعه پایدار توجه جدی کرد.

وضع بحرانی است و چاره در روی آوردن به قواعد توسعه پایدار است. علل فشار بر زمین کدام آند؟ بی شک افزایش جمعیت دنیا والگوی مصرف مسرفانه دوعامل اصلی هستند. استفاده بی حد و مرز از زمین و اکوسیستم آن با این حساب که منابع زمین پایان ناپذیر است و جا برای ضایعات بی حد و مرز ما وجود دارد زمین را به سوی ناتوانی می‌راند

تا انقلاب صنعتی (حدود ۱۷۵۰میلادی)، انرژی مورد نیاز از منابع سنتی مانند چوب و زیست توده‌های دیگر، نیروی حیوانات، انرژی آب و انرژی باد فراهم می‌شد. از ۱۸۶۰ به بعد، به علت توسعه صنعت، آهنگ مصرف انرژی تقریبا ۳۰ برابر افزایش یافت. منابع انرژی سنتی بتدریج جای خود را ابتدا به ذغال سنگ، در سالهای ۱۹۵۰ به نفت، و در دهه‌های بعد عمدتا به گاز طبیعی داده است.

دکتر ثبوتی خلاصه‌ای از اهداف و رهنمودهای کنفرانس ریودوژانیرو را مطرح کرد. این کنفرانس از سوی سازمان ملل با هدف تضمین تعهد سیاسی مجدد به توسعه پایدار، برای مشاهده میزان پیشرفت در جهت اهداف توافق شده و بررسی چالش‌های جدید و نوظهور در سال۲۰۱۲میلادی تشکیل شده بود. از جمله این اهداف عبارتاند از:

چالش‌های مربوط به مصرف و منابع آب

اینکه مصرف آب باید در دستور کار جهانی به جایگاهی که شایسته آن است داده شود. یافتن راه حل‌های پایدار برای مشکلات آب یک تعهد مشترک برای علم و سیاست است.

اما علم بدون مشارکت اجتماعی و اراده سیاسی نمی‌تواند بحران آب را حل کند. برای حفاظت از تنوع زیستی و خدمات اکوسیستم، نیازهای انسانی و محیطی آب باید متعادل باشد. مصالحه‌های اجتناب ناپذیر به جای لابی‌ها باید با واسطه علم انجام شود. امنیت آب دارای ابعاد متعددی از جمله اجتماعی، انسانی، اقتصادی و زیست محیطی است. بنابراین تصمیمات عمده در مورد مدیریت منابع آب باید با ورودی‌های فرابخشی گسترده گرفته شود. سازگاری با تغییرات آب و هوایی مرتبط با آب باید بخشی جدایی ناپذیر از برنامه‌های مدیریت منابع آب باشد.

چالش‌های امنیت غذایی:

امنیت غذایی اساساً با سیستم‌های اجتماعی–اقتصادی و شرایط محیطی مرتبط است. تغییرات آب و هوا و سایر عوامل کلیدی محیطی به طور قابل توجهی دستیابی به امنیت غذایی را برای همه پیچیده خواهد کرد. کاهش گرسنگی و فقر در چارچوب تغییرات ساختاری در تقاضا و عرضه ناشی از رشد جمعیت، رشد درآمد و تغییرات محیطی ضروری است. رویکرد سیستمی غذایی ناظر بر فعالیت‌های تولید، پردازش، خرده‌فروشی و مصرف مواد غذایی.

تحول در حکمرانی و نهادها برای حفظ سیاره تحت فشار:

نهادهای اقتصادی بین‌المللی باید انتقال به یک اقتصاد پایدار را پیش ببرند، از جمله با سیستم‌های هماهنگ چندجانبه و زیست محیطی.

نیاز به چارچوب‌های نظارتی بین‌المللی جدید یا تقویت‌شده در حوزه‌های مختلفی از جمله فناوری‌های نوظهور، آب، غذا و انرژی.

حکمرانی جهانی برای آمادگی زندگی در جهانی که رو به گرمتر شدن دارد.

حفظ تنوع زیستی و اکوسیستم برای سیاره تحت فشار.

تقویت مسئولیت پذیری و مشروعیت:

مکانیسم‌های جدید پاسخگویی، از جمله افشای اجباری داده‌های قابل دسترس، قابل درک و مقایسه در مورد عملکرد پایداری دولت و شرکت مورد نیاز است. حقوق مشاوره قوی‌تری برای نمایندگان جامعه مدنی در نهادهای بین دولتی معرفی شوند.

Gulf are likely to approach and exceed this critical threshold under the business-as-usual scenario of future greenhouse gas concentrations. Our results expose a specific regional hotspot where climate change, in the absence of significant mitigation, is likely to severely impact human habitability in the future.

TURKEY–SYRIA EARTHQUAKE REVEALS BUILDING DANGER
Structures in the region have always been vulnerable, but war has made things worse

Miryam Naddaf

Translated by vedad Famourzadeh

International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES),
and Associate Member, and Head, Geology Division, Academy of Sciences of the I.R.Iran.

vedad.famourzadeh@gmail.com

Abstract

A magnitude- 7.8 earthquake hit southeastern Turkey and parts of Syria in the early hours of the morning of 6 February. As Nature went to press, at least 34,000 people were known to have lost their lives, with thousands more injured. The quake was followed by a magnitude-7.5 event some 9 hours later, as well as more than 200 aftershocks. The earthquake and its aftershocks have flattened buildings and sent rescuers digging through concrete debris to find survivors. Nature spoke to four researchers about the seismic activity in the region and building standards in both countries.

Unbridled Growth of Water Fern (Azolla filiculoides, Lam.) in Anzali Wetland; The Tragedy of Introducing an Invasive Species to One of The Most Important Water Bodies in Iran

Ali Reza Radkhah[1]*, Soheil Eagderi[1], Hadi Poorbagher[1], Esmaeil Sadeghinejad Masouleh[2]

[1] Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
[2] Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar-e Anzali, Iran

alirezaradkhah@ut.ac.ir

Abstract

In the present study, one of the most important environmental problems and examples of biological invasion in Iran, which has destroyed Anzali wetland for many years, has been investigated. Water fern (Azolla filiculoides) is an exotic and invasive species that has been introduced to Anzali Wetland. In this study, various mechanisms to control Azolla are discussed. Studies have shown that in addition to mechanical, chemical and biological methods, prevention is still considered as the primary approach. Among the various methods, mechanical and biological methods have been considered due to the less environmental effects they have on the ecosystem. If it seems that the fastest solution is to use mechanical methods in the field of combating the spread of Azolla in Anzali wetland, however, this method is not very suitable due to the possibility of plant fragmentation and the possibility of plant regrowth. Among the control methods, the use of biological approaches can be helpful if it is adopted by experts and researchers considering all aspects. This is confirmed by case studies and experiences from other countries, including the biological control of Azolla in South Africa over the past years.

Keywords: Azolla, Anzali wetland, Biological control, Waterfern weevil, Environmental impacts

Future Temperature in Southwest Asia Projected to Exceed a Threshold for Human Adaptability

Jeremy S. Pal & Elfatih A. B. Eltahir

Translated by vedad Famourzadeh

International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), and Associate Member, and Head, Geology Division, Academy of Sciences of the I.R.Iran.

vedad.famourzadeh@gmail.com

Abstract

A human body may be able to adapt to extremes of dry-bulb temperature (commonly referred to as simply temperature) through perspiration and associated evaporative cooling provided that the wet-bulb temperature (a combined measure of temperature and humidity or degree of 'mugginess') remains below a threshold of 35 ° C. (ref. 1). This threshold defines a limit of survivability for a fit human under well-ventilated outdoor conditions and is lower for most people. We project using an ensemble of high-resolution regional climate model simulations that extremes of wet-bulb temperature in the region around the Arabian

leader in having the premium type of clino zeolites with %80 purity, and enjoys a single-digit rank in the world for having high quality zeolites. Iran›s analsim type zeolites deposits have a single-digit ranking in the world quantity and quality-wise. Moreover, citing foreign sources, the studies and the synthesis of synthetic zeolites, as well as the synthesis of synthetic zeolites from natural ones have resulted in improving Iran›s scientific status to single-digit ranking in the world.

Keywords: Iran, deposits, position, strategic, zeolite, analsim, branding

SARS-CoV-2 Infection and Persistence in the Human Body and Brain at Autopsy

Sydney R. Stein, Sabrina C. Ramelli , Alison Grazioli et al.

Translated by Shakiba Darvishalipour

Department of Biotechnology, Faculty of New Sciences and Technology, Semnan University

Darvishalipour@semnan.ac.ir

Abstract

Coronavirus disease 2019 (COVID-19) is known to cause multi-organ dysfunction3–1 during acute infection with severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2), with some patients experiencing prolonged symptoms, termed post-acute sequelae of SARS-CoV-2 (refs. 4,5). However, the burden of infection outside the respiratory tract and time to viral clearance are not well characterized, particularly in the brain14–3,6. Here we carried out complete autopsies on 44 patients who died with COVID-19, with extensive sampling of the central nervous system in 11 of these patients, to map and quantify the distribution, replication and cell-type specifcity of SARS-CoV-2 across the human body, including the brain, from acute infection to more than seven months following symptom onset. We show that SARS-CoV-2 is widely distributed, predominantly among patients who died with severe COVID-19, and that virus replication is present in multiple respiratory and non-respiratory tissues, including the brain, early in infection. Further, we detected persistent SARS-CoV-2 RNA in multiple anatomic sites, including throughout the brain, as late as 230 days following symptom onset in one case. Despite extensive distribution of SARS-CoV-2 RNA throughout the body, we observed little evidence of infammation or direct viral cytopathology outside the respiratory tract. Our data indicate that in some patients SARS-CoV-2 can cause systemic infection and persist in the body for months.

Keywords: Autopsy, SARS-CoV-2, Persistence SARS-CoV-2 infection, COVID-19

Thinking 'The End of Times': The Significance of Bioart|BioArt for Art|Education

Mansour Ghorbani, mozhgan Salehi Yazdi

Plant Molecular Biotechnology Department
National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology (NIGEB), Tehran, Iran.

m-ghorbani@sbu.ac.ir

Abstract

Iran is important in terms of non-metallic mineral resources in the world. Iran is ranked among the top ten countries in some sources of non-metallic minerals such as fluorspar, industrial soils (kaolinite), feldspar, silica and celestine. Iran›s non-metallic mineral reserves are significant. Iran is one of the largest holders of feldspar reserves in the world. So far, based on the limited discoveries made in Iran, barite reserves are about %13 and garnet, fluorspar and celestine reserves are about %1 of the total world reserves. The share of Iran›s non-metallic mineral production compared to the world in recent years includes 25 percent of celestine, 8.5 percent of feldspar, 4 percent of kaolinite, 2.6 percent of barite, 2.3 percent of bentonite, and about 1 to 2 percent of fluorspar, aluminum silicates, and talc. In terms of exports of non-metallic minerals, including bentonite, Iran ranks 10th, aluminum silicates 11th, feldspar 12th, and fluorspar 13th in the world. Considering the amount of resources and reserves of non-metallic minerals in Iran, their production and export can increase with the development of extraction and processing. Therefore, in addition to meeting its needs, Iran can be one of the top exporters of these products and minimize its imports of these products.

Keywords: non-metallic minerals, industrial minerals, industrial stones of Iran, non-metallic resources of Iran, non-metallic resources of the world

An Analytical View on Worldwide Statistics of 74 Types of Iran's Minerals Focusing on Zeolites as a Strategic Mineral (Identified Deposit Quantified, Variety, Production, and Branding)

Majid Pourmoghaddam

Top Researcher of the Ministry of Industry, Mine, and Trade (MIMT)
Isfahan University of Technology- National University of Armenia.

Dr.pourmoghaddam@yahoo.com

Abstract

The geographical position of Iran as one of the rare regions of the geopolitical position of the world has caused Iran to be, among the huge energy fields of the Persian Gulf and the Caspian Sea, in the heart of %75 of the total energy reserves of the world.
According to the Wall Street Journal, Iran ranks fifth in the world in terms of the richest countries having natural deposits. With %7 of mineral deposits in %4 of the world›s soil, Iran ranks first with the total oil and gas deposits. In accordance with Hallgarten End Institute (London Company), a great mining power, known as Iran, has emerged with more than 40 mineral products, and over 20 kinds of metals or the related metal products processed. Possessing 60 billion tons of definite and probable mineral deposits, Iran ranks the tenth in the world, the first in the Middle East, and the third in Asia. In addition, with 74 kinds of minerals, 42 of which are nonmetal minerals, and 11 metal minerals, and the rest building materials and different kinds of salt, Iran ranks the fourteenth or the fifteenth. Zeolite as a strategic mineral constitutes one seventy-fourth of the diverse minerals in the country. Based on the universal reference, Economic Zeolite, Iran is the

the negative attitude that most people have towards the negative effects and pathogenicity of microbes, these living organisms have countless benefits in preserving the ecosystem and the environment, including balancing biogeochemical cycles and breaking down various wastes, agriculture, including soil fertility and pest control. plant, in the field of health and medicine, including the production of antibiotics and anti-cancer metabolites, in the field of health and nutrition, including probiotics and the production of vitamins and food supplements, in the field of industry, including the production of chemical and industrial materials, including biofuels, enzymes, plastics and They have biodegradable polymers. Therefore, using them correctly can contribute to sustainable development. Also, the use of microorganisms plays a prominent role in modern biological technologies and scientific research, and a large part of the information obtained in various fields such as genetics and biochemistry has been obtained with studies on microorganisms. Considering the key role of microorganisms in the balance of biogeochemical cycles, in this review, the role and application of microorganisms in some of the most important cycles and their importance in contributing to sustainable development have been briefly discussed.

Keywords: microorganisms, biogeochemical cycles, ecosystem, environment, sustainable development

Thinking 'The End of Times': The Significance of Bioart|BioArt for Art|Education

Seyed Mehdi Alavi

Plant Molecular Biotechnology Department
National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology (NIGEB), Tehran, Iran.

mealavi@yahoo.com

Abstract

Jan Jagodzinski (born in 1948) is a professor in the Department of Secondary Education at the University of Alberta. He collaborates with the Association for Psychoanalysis, Culture and Society and the Journal for Lacanian Studies. He is also the editor-in-chief of the Journal of Social Theory in Art Education. So far, he has edited 15 books and tries to redraw educational models in the face of expanding technological interfaces, in order to find a new foundation for teaching visual arts. By examining Lacanian psychoanalysis, feminism, and linguistics, among other methods, he focuses on the influence of these tools on the aesthetics, gender, and fantasy life of children, which is reflected in education and training. In his last book published in 2020 by Springer International Publications, he dedicated a chapter to bio-art interpretation. In this section, Jagodzinski beautifully explains all the structural aspects of bio-art and highlights its importance in the post-human era, which will be dominated by the recombinant species of human, in-human and non-human. This article is a translation of the eleventh chapter of the mentioned book:
Jagodzinski, J. (2020). Thinking 'The End of Times': The Significance of Bioart|BioArt for Art|Education. In: Pedagogical Explorations in a Posthuman Age. Palgrave Studies in Educational Futures. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48618-1_11

and investors emphasize the productivity of Research in society and industry and increasing the yield of investment in research. Despite Iran›s good rank (based on publications) in the field of wealth-creating sciences, that is, science and engineering, and its standing among 15 leading countries, the share of science-based knowledge in the Gross National Product is not promising. Therefore, a review of all elements of scientific centers, universities, research institutes and research centers, including the organizational structure, activities and missions, educational-research programs, the way of accepting students and postdoctoral training, up to the regulations and regulations of their promotion is a requirement. Following the papers on pathology of universities in back issues, in current article, along with reviewing the pathology of the current state of research institutes, in order to improve their productivity, three approaches have been outlined and described in detail.

Keywords: Research Institute, University, Government, Society and Industry, Research and Technology, Approach, Productivity, Gross Domestic Product (GDP)

Global Science and National Ccomparisons: Beyond Bibliometrics and Scientometrics

Translated by Atabak Roohiaminjan, Ali Farazmand

Faculty of Biology, University of Tehran.
Biology Branch of the Iran Academy of Sciences.

afarazmand@ut.ac.ir

Abstract

In the last three decades, a networked global system has emerged in the natural-science-based disciplines, sustained by collegial epistemic relations in universities. Nationally ordered and funded science has expanded alongside the global science system. The common global pool of papers, defined by bibliometric collections, nevertheless excludes large components of knowledge. In the global system, four tendencies are apparent: (1) rapid growth of papers, (2) diversification of scientific capacity to many more countries, (3) expansion of networked international and national collaboration as measured by co-authorship, (4) growing multi-polarity of capacity, outputs and quality, with the rise of China and several middle-sized national systems outside the Euro-American bloc. The paper critiques the interpretation of global science dominant in scientometrics, in which positivist data analyses are applied to performative national comparisons. It argues for a historical-synthetic explanation of the global system that combines data and theorisation, and accounts for relations of power.

The Role of Microorganisms in Sustainable Development
The Role of Microorganisms in The Balance of Biogeochemical Cycles and The Continuation of Life on The Planet

Farshad Darvishi*, Azam Ali Asghari, Bahare Attaran

Faculty of Biology, University of Alzahra.

f.darvishi@gmail.com

Abstract

Microorganisms are microscopic organisms that are found everywhere and have a significant impact on their surroundings, and many ecosystem processes are affected by the presence of microorganisms. Despite

production and consumption of oil, gas and rapid urbanization. Changes in weather patterns can put life at risk. Heat is one of the deadliest weather phenomena. As ocean temperatures rise, hurricanes become stronger and wetter, which can cause direct and indirect deaths. Dry conditions lead to more forest fires, which pose many health risks. More frequent flooding can lead to the spread of water-borne diseases, injuries, and chemical hazards. As mosquitoes and ticks expand their geographic range, they can transmit diseases to new locations. The Indian Ocean Monsoon phenomenon, which was mainly limited to coastal areas, now, in 2022, affects areas as far as northern India (Himalayas) and northern Iran (Alborz) and has caused loss of life, damage to food resources, and as a result has threatened the health of more people.

Keywords: Climate change, Global Warming, Iran, Alborz, Monsoon, Carbone Dioxide.

Warning: Caspian Sea Pollution Crisis

Mehdi zare

International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES),
and Associate Member, and Head, Geology Division, Academy of Sciences of the I.R.Iran.

mzare@iiees.ac.ir

Abstract

Water pollution and decreased oxygen levels endangered more than 400 aquatic species, including sturgeon, that is caused by annual release of more than one billion cubic meters of industrial, chemical, and domestic wastewater into the Caspian Sea. Fishing, once a traditional economic sector, is now facing an alarming decline in stocks. The environmental degradation of the Caspian Sea can be aggravated by climate changes as well as increasing economic developments in the Caspian Sea countries. Climate change can increase temperatures and decrease rainfall in the region. The continuation of aggressive urban, industrial and agricultural development in coastal areas - which is associated with more consumption and diversion of water - causes a decrease in water flow and a potential increase in the concentration of nutrients entering the river into the sea.

The Need to Appraisal the Organizational Structure/ Function of Research Institutes To Increase Their Productivity and Efficiency in Society and Industry

Ahmad Shaabani

The chemistry branch of The Academy of Sciences of the Islamic Republic of Iran and The World Academy of Sciences (TWAS). Faculty of Chemistry, Shahid Beheshti University.

a-shaabani@sbu.ac.ir

Abstract

The needs of today and the future of society are very complex and the difficulty of their issues is increasing consistently. These complexities are often knowledge-based and can be designed and solved with the powerful tools of science and advanced techniques. Universities and research institutes are the driving force, the driving force and the main house of science and technology, and therefore the position and social responsibility of these centers, especially research institutes, is becoming more vital. Globally, governments

Abstract of Contents

Scientific Development, National Development
On the Occasion of International Year of Basic Sciences for Sustainable Development

Masoud Ariannejad

Department of Mathematics, University of Zanjan, Zanjan, Iran

arian@znu.ac.ir

Abstract

A brief overview of the relationship between the two themes of national development and scientific development and the role and position of basic sciences in this relation is of interest in this note. The other topic is studying and analyzing the main criticisms of three societal fronts about the merits and demerits of academic systems in development approaches.

Future Temperature in Southwest Asia Projected to Exceed a Threshold for Human Adaptability

Mehdi Zare

International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), and Associate Member, and Head, Geology Division, Academy of Sciences of the I.R.Iran.

mzare@iiees.ac.ir

Abstract

The amount of carbon dioxide in the atmosphere has increased by %25 from 1958 to 2020 and by %40 after the industrial revolution. The average global temperature is expected to rise to 2 ° C (in some estimates 3 ° C) or more in the next few decades. These changes will affect all areas of the earth. In the coming decades, Iran will face an increase of at least 2.6 ° C in the average temperature and a %35 decrease in rainfall. In terms of greenhouse gas emissions, Iran is responsible for most emissions in the Middle East and the seventh country in the world. Iran›s high share in greenhouse gas emissions depends on the significant

Nāme-ye-Oloom-e Pāye

Quarterly Review of Basic Sciences

The Academy of Sciences (Islamic Republic of Iran)

Director in Charge: Zare, Mehdi
Editor in Chief: Farazmand, Ali

Editorial Board:

Ariannejad, Masoud. Professor, Mathematics, University of Zanjan, Zanjan, Iran
Farazmand, Ali. Professor (retired), Genetics, University of Tehran, Tehran, Iran
Rafii-Tabar, Hashem. Professor, Theoretical and Computational Nano-Science, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
Shaabani, Ahmad. Professor, Chemistry, University of Shahid Beheshti, Tehran, Iran
Zare Mehdi. Professor, Geology, International Institute of Earthquake Engineering & Seismology, Tehran, Iran

Editor: Farazmand, Ali
Executive Management: Sotoudeh, Hanieh
Layout & Graphics: Ariannamazi, Yalda

Nāme-ye-Oloom-e Pāye, the quarterly Journal of Iran's **Academy of Sciences** focuses on publishing articles on fundamental sciences topics, including biology, chemistry, geology, mathematics and physics, with the priority given to studies dealing with main educational and research issues on these fields. The journal aims at promoting the communication between basic science authorities with scholars of other academic fields and the public. Articles with integrative, inter-, multi-, and trans-disciplinary views in science education and research with respect to sustainable development are also considered with primacy. The journal welcomes manuscripts highlighting broad aspects of basic sciences' formal and informal education, concerned with the advancement .of scientific knowledge and attitude in the society

---

Mailing Address: The Academy of Sciences, Shahid Haqani Highway, Tehran, Iran,
ZIP code: 1538633111, **P O Box:** 19395-5318, **Tele Fax:** 88645595

Website: **www.ias.ac.ir**

Email: **basic@ias.ac.ir**

ISSN 2783-3666

ایران شگفت انگیز!



زیبِ روی جلد این شماره نامه علوم پایه تصاویری از چند معدن و خاک ایران است. در ردیف بالا سمت چپ نمایی از معدن مس سونگون ورزقان در آذربایجان شرقی و در سمت راست معدن سرب و روی انگوران شهر ماه نشان در غرب زنجان دیده می‌شود؛ در ردیف میانی تپه‌های رنگارنگ آلاداغ در ۱۵ کیلومتری شهر تبریز و جزیره زیبای هرمز نقش بسته اند؛ در ردیف پائین هم تصاویری از معدن آهن در گل گهر سیرجان و سنگ ساختمانی مرمریت درحوالی شهرستان چگنی استان لرستان را می‌بینیم. از این دست معادن در گوشه و کنار کشور بسیار داریم و اینها فقط نمونه‌هایی از این ذخایر ارزشمند هستند. براستی که ایران از لحاظ منابع طبیعی و گوناگونی آنها دنیای شگفتی‌هاست. با حدود ۷۰ نوع ماده معدنی و قریب ۴۰ میلیارد تن ذخایر کشف شده و وجود نزدیک به ۵۰ میلیارد تن ذخایر بالقوه دیگر کشور ما رتبه ۱۵ قدرت معدنی جهان (آمار سال ۲۰۱۴) و از نظر تنوع این منابع رتبه دهم جهان را دارد. حدود هفت درصد از کل ذخایر معدنی جهان در ایران جای گرفته است. برآورد شده است که از نظر ذخایر سنگ‌های ساختمانی، ایران در مرتبه سوم جهانی است. در این شماره دو مقاله به جزئیات این دارایی عظیم پرداخته‌اند و ظرفیت بالقوه ایران را در کشف، استخراج و صادرات کانی‌های فلزی و غیرفلزی ترسیم کرده‌اند. تنوع و فراوانی این منابع در ایران، با توجه به فقر این منابع در میان کشورهای همسایه، موقعیت یگانه‌ای برای اکتشاف و تجارت این کانی‌ها در ایران فراهم می‌کند. غنا و تنوع منابع در ایران منحصر به مواد معدنی نیست و تنوع زیستی (گیاهان و جانوران)، تنوع فرهنگی، قومی و زبانی نیز گوشه‌های دیگری از میراث ارزشمند این کشور را تشکیل می‌دهند. با آنکه از نظر وسعت پوشش گیاهی فقیر است، ایران از نظر تنوع زیستی (گیاهی و جانوری) و ذخائر ژنتیکی موجودات زنده رتبه پنجم جهان را دارد. علت تنوع نیز خیلی ساده به تنوع آب و هوایی در مناطق مختلف بستگی داشته و دارد. وجود تنوع آب و هوایی و به تبع آن برقرای تنوع زیستی در ایران زمینه بسیار قدرتمندی برای بهره‌مندی از منابع غذائی و کشاورزی گوناگون فراهم کرده است و قطعا ایران یکی از معدود کشورهای دارای قابلیت بالای تولید محصولات زراعی اصلی، مواد گیاهان دارویی، میوه‌جات و غیره به شمار می‌رود.

تنوع فرهنگی، قومی، دینی و زبانی از دارایی‌های بالقوه ارزشمند دیگر ایران و ایرانیان است. وجود این گوناگونی‌ها نیز اتفاقا مثل منابع معدنی و زیستی فوق الاشاره قدمت دیرینه دارد. این سابقه کهن از تنوع فرهنگی، قومی، ژنتیکی و زبانی– مثل دنیای زنده که با انواع بسیار گوناگون گیاهان و جانوران در همزیستی مرئی و نامرئی یک ارکستر تماشائی هارمونیک را به نمایش می‌گذارد– موجب شده که بخش‌های متمایز این مرزوبوم، چون پیکر واحدی متشکل از اندام‌های متفاوت وابسته، با قدرت به حیات یکپارچه خود ادامه دهند. اگر توسعه پایدار از نظر منابع زیستی و طبیعی، با نگاه بوم شناختی، تنها درسایه حفظ این تنوع و قدرشناسی آن تحقق می‌یابد پیشرفت پایدار در سطح جامعه شناختی هم به درک شکوه یک همزیستی مسالمت آمیز و درهم تنیده تنوعات قومی در یک فرهنگ مشترک بستگی دارد. همان طور که در سطح طبیعت مداخله‌های انسانی بدون توجه به سازوکارهای بوم شناختی عاملِ تخریبِ زیستِ پایدار منابع طبیعی است چشم بستن به لزوم همزیستی هویت‌های متنوع نیز سرچشمه از هم گسیختگی و آشفتگی جوامع انسانی است. بی شک راز بقا و توسعه‌ی پایدار، تلاش در حفظ یا بازگشت به یک همزیستی بوم شناسانه میان انسان و طبیعت و درک متقابل و همدردی در روابط انسانی است. اینها دو بال اصلی دستیابی به اهداف توسعه پایدارند و هر جامعه آرزومند این توسعه باید با تقویت هر دو بال به تمرین و اوج پروازی شکوهمند دست یازد.

نامه علوم پایه

فصلنامه تخصصی گروه علوم پایه فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران

ISSN 2783-3666