

نامہ سلوک پایہ

۱۱ و ۱۲
پاییز و زمستان ۱۴۰۲

فصلنامه تخصصی گروه علوم پایه فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران





نامه علوم پایه

فصلنامه تخصصی گروه علوم پایه فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران

شماره یازدهم و دوازدهم، پاییز و زمستان ۱۴۰۲

صاحب امتیاز: فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران

مدیر مسئول: مهدی زارع

سر دبیر: علی فرازمنند

هیئت تحریریه: مسعود آراین نژاد، مهدی زارع، احمد شیخی، احمد شعبانی، علی فرازمنند

ویراستار: علی فرازمنند

کارشناس: هانیه ستوده

مسئول پشتیبانی سایت: آتنا فرخ

گرافیک و صفحه آرایی: یلدا آراین 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، زمین شناسی، زیست شناسی، شیمی و فیزیک) اختصاص دارد. اولویت انتشار در این مجله با مقالاتی است که به مسائل و چالش های 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 فعالیت های بین رشته ای و ترارشته ای و تبیین اهمیت این نگرش ها در حل مسائل جامعه و توسعه پایدار از اولویت های مهم دیگر نشریه است. در نگارش یا ترجمه مقالات علمی نیز شایسته است که کانون توجه، گزارش و معرفی یافته های نوین علمی و سرمشق هایی باشد که برای گسترش دانش و معرفت علمی جامعه نقش بنیادی دارند.

نشانی: تهران، بزرگراه شهید حقانی، خروجی فرهنگستان های جمهوری اسلامی ایران و کتابخانه ملی، فرهنگستان علوم

کد پستی: ۱۵۳۸۶۳۱۱۱ صندوق پستی: ۱۹۳۹۵-۵۳۱۸ تلفن و دورنگار: ۸۸۶۴۵۵۹۵

رایانامه: basic@ias.ac.ir

تارنما: www.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. مقالات از نوع مروری، درباره موضوعات مطرح علوم پایه، نقد و معرفی برنامه‌ها و سیاستگذاری‌های کلان علمی، آموزشی و پژوهشی در تمام سطوح، نقد کتاب و معرفی نوآوری‌های علمی و فنی در زمینه علوم پایه باشند.
۲. پیشنهاد تألیف مقاله با ارائه خلاصه‌ای شامل هدف و مفاد اصلی آن، برای داوری و تأیید اولیه به دفتر مجله ارسال شود.
۳. درنگارش مقالات شئون تألیف اصیل و شایسته، و نیز ارجاع دقیق و درست و بهره‌برداری از داده‌های آثار دیگران رعایت شود.
۴. مقالات مربوط به آموزش و پژوهش بین و ترا رشته‌ای و دیدگاه‌های مرتبط با آموزش یکپارچه علوم و توسعه پایدار اولویت دارند.
۵. مجله از انتشار نوشته‌ها و یادداشت‌های مربوط به زندگی دانشمندان و نامداران علم و صنعت در ایران و جهان، معرفی و نقد آثار و احوال آنان استقبال می‌کند.
۶. انتشار ترجمه مقالات دارای اولویت و ضرورت با سفارش و تأیید سردبیر و هیئت تحریریه امکان‌پذیر است.
۷. در صفحه نخست عنوان، نام مولفان، آدرس محل کار، همراه با آدرس ایمیل نویسنده مسئول آورده شود.
۸. مقالات دارای چکیده فارسی و انگلیسی - شامل نکات اصلی و کلیدی در حداکثر ۲۵۰ کلمه - به همراه چند کلیدواژه باشند.
۹. ارجاعات به منابع در داخل متن فقط با شماره‌بندی از ۱ الی آخر (در پرانتز) آورده شوند. منابع فارسی و انگلیسی هر دو در طول متن با ۱ در طول خود متن به شماره‌گذاری پیاپی آورده شوند. منابع اینترنتی صرفاً شکل پانوش در صفحه مرتبط بیاید.
۱۰. نسخه دیجیتال عکس‌ها و تصاویر آمده در متن در فایل جداگانه ارسال شوند.
۱۱. در ضبط منابع ادواری به ترتیب نام نویسنده/نویسندگان، عنوان، سال انتشار، نام نشریه، شماره آن و شماره صفحات بیاید. درمورد کتاب، نام نویسنده/نویسندگان، سال انتشار و سپس نام ناشر و بعد صفحات ارجاع می‌آید.

فهرست

- ۵ سخن سردبیر
- ۷ توسعه علمی و رهبری در علم
مسعود آرین نژاد
- ۱۳ نوآفرینی همه‌چیز: آیا زیست‌شناسی همان قدرت آینده‌آفرین جهان است؟
سید مهدی علوی
- ۴۵ کوری آموزشی و پژوهشی: بخش ۲) یک باگ جان سخت در جان آموزش و سیاست آموزشی
کامران شریفی
- ۶۳ گرانش، حیات و فرگشت
احمد شیخی
- ۷۳ بازاندیشی در باب عوامل موفقیت در ریاضی: باورهای نادرست و راهبردهای مناسب
امیر قادرمرزی
- ۸۳ نشانه‌شناسی زیستی: علم جدیدی از زیست‌شناسی؟
ربابه لطیف
- ۹۱ ریاضیات و هوش مصنوعی: همزیستی برای آینده‌ای هوشمندتر
محمد اکبری
- ۹۹ مدل سازی ریاضی، پلی به سوی اکوسیستم دیجیتال و دنیای هوش مصنوعی
بهرام صادقی بی‌غم
- ۱۰۶ علم شهروندی: نامداری گمنام در ایران
آرزو رضایی
- ۱۱۹ مروری بر احوال و آثار محمد بن زکریای رازی (۳۰۴-۲۴۳ شمسی)
شکوه یکپارچگی نخبگی و پختگی در علم، طبابت و اخلاق پزشکی
علی فرازمند
- ۱۴۲ فلسفه اخلاقی ابوبکر رازی به عنوان راهنمای زندگی انسان امروزی
امل گوونچ

سخن سردبیر

نقل است ابوریحان بیرونی در پاسخ اینکه “چرا علما همیشه به در خانه ثروتمندان می‌روند، در حالی که ثروتمندان به فراخوان علما تمایلی ندارند؟” می‌گوید “علما به استفاده از پول آگاه‌اند ولی ثروتمندان از اشراف علم بی‌خبرند.” با هر تفسیر و تاولی اشاره بر لزوم ثروت برای پیشبرد علم در این روایت پوشیده نیست حتی اگر به تمسکی فلسفی-معرفتی، خود علم برتر از هر ثروتی تلقی شود. “العلم السلطان” از حضرت علی (ع) و «دانش قدرت است» از فرانسویس بیکن از جمله پناه جستن به چنین تمسک‌هایی است. نکته‌وار، اشاره به قدرت علم در هر دو کلام بر توانائی آن به توانمندسازی افراد و جوامع (به قول فردوسی: توانا بود هر که دانا بود) تاکید دارد. بی‌مجامله، مقصود از این اشارات‌ها سیطره علم در حکمرانی و زندگی است، و شرط آن رها بودن علم از تسخیر قدرت سیاسی و سوداگری است که در دنیای امروز بسیار سخت می‌نماید. در نتیجه نزدیکی علما به صاحبان قدرت و ثروت ضرورتاً همیشه با انگیزه‌ای ستودنی نیست که گاهی کسب قدرت و ثروت (به جلد صاحبان قدرت و ثروت در آمدن) پیشران آن می‌شود. اگر بیرونی و رازی با آمان یافتن برای تحقق دستاوردهای برآمده از نبوغ راستین و اندیشه‌های بی‌بدیل علمی-انسانی خود به درگاه قدرتمندان نزدیک می‌شوند مثال‌های زیادی هست که ملبسین ردای علم نه به دغدغه پیشبرد اندیشه و اندیشمندی بلکه با دَغَل روح برتری جوئی مادی به سایه قدرت می‌خزند. داستان این دو دسته از دوستان و “دشمنان” علم داستان همیشگی و همه جایی بوده و هست و براحتی می‌توان نام‌ها و نشانه‌های آن را در طول تاریخ و سرگذشت جوامع نو و کهن پی گرفت. اما مراد این سخن، جلب توجه خوانندگان فریور به مسئله نقش علم و عالمان در رهبری جامعه، و شاید گشودن باب سخن در فراز و فرود آمیختگی علم و سیاست در پیشرفت جامعه در نامه علوم پایه است. علم و عالم هر دو در عمل به تیغ دو دمی می‌مانند که بسته به میل و سویشان، می‌توانند فرشتگی یا شیطانی کنند که گفته‌اند “آدمی طرفه معجونی است کز فرشته سرشته است و حیوان”!

افلاطون در توصیف آرمان شهری که در سر می‌پروراند، “پادشاهی فلاسفه” را در حکمرانی و سعادت مردم لازم فرض می‌کند و یا اینکه حکمرانان باید به راستی و جدّاً در سلک فلاسفه درآیند تا نیروی سیاسی و حکمت در آنان توأم شود؛ و سفارش می‌کند به موجب قانونی سخت، آنانکه تنها یکی از این دو را دنبال می‌کنند، از دخالت در اداره امور ممنوع شوند. بدون داوری در روایی، وجوب و امکان یک چنین فرمان‌روائی در آرمانشهر افلاطون، بی‌شک سایه فلسفه - با توسل به معنای واژوی آن یعنی دوستداری خرد- بر اعمال هر کسی و هر مقامی سنگین و پُریه‌است. با آنکه فلسفه مادر علوم است، در میان بیشتر دانشوران امروزی علوم پایه به غریبه‌ای بیش نمی‌ماند چه رسد به اصحاب سیاست که اصولاً نسبت به آن تعلق خاطری حس نمی‌کنند.

وقتی ماسک -ثروتمندترین فرد جهان- با استیلا و دارائی تکنولوژیک بی‌حدّ و حصرش بر دنیای دیجیتال، با قدرتمندترین سیاستمدار دنیای امروز یکی می‌شوند ترسیم چشم انداز همجوشی سیاسی این دو “ثروت” چندان دشوار نیست. اولی گرچه از سلک عالمان و دانشمندان به شمار نمی‌رود ولی تکنولوژی‌ها و دارائی‌های او همه نشان‌های بارزی از کاربردهای گسترده و ژرف علوم دست اولی هستند که اختیارشان با اوست. دومی نیز که ثروت و قدرتی جهانی را توأم در دست دارد طبق شواهد، اغلب سوگیری‌های علمی- اجتماعی قابل دفاع نداشته است. خروج از معاهدات بین المللی ناظر بر محیط‌زیست (توافق آب و هوایی پاریس) و نیز سازمان جهانی بهداشت، هم در دور پیشین قدرت وی و نیز اولین روزهای به قدرت رسیدن در دور دوم، مواضع سخت ملی گرایانه وی بر علیه سازمان جهانی بهداشت در دوران همه گیری بیماری کووید-۱۹ (کرونا)، خودداری از پیوستن به ابتکار جهانی تحت رهبری این سازمان برای دسترسی جهانی واکسن کووید-۱۹، (COVAX) پایمردی در سنگر علم و عالمان نبوده و نیست. مسائل و مشکلات محیط زیست و نیز بهداشت و سلامت جهانی، دیگر اموری محدود و ملی نیستند و برای ریشه کن کردن آنها تمام کشورهای دنیا باید متحدانه عمل کنند. جهانگیری ویروس کرونا و نیز گرفتاری‌های ماندگار پساکرونایی در سرتاسر جهان، شاهد بسیار آشکار و نزدیک پیامدهای چنین مصائبی است. مسائل دیگر هم کمابیش سرشت مشابهی دارند و تبعات بی‌شک پردامنه‌تر آنها در قیاس با مسائل بیشتر علمی (مورد تاکید این سخن) خود جای تامل بسیار دارد. سالیان زیادی است که گفته می‌شود برای حل اساسی و ماندگار این مسائل باید گلوبال (ترکیبی از گلوبال و لوکال) اندیشید، اندیشه‌ای با درک و فهم پیوستگی ملاحظات جهانی و محلی و اینکه دانسته شود “توسعه پایدار” جهان بدون تلفیق این ملاحظات تحقق ناپذیر خواهد بود.

در سخن سردبیر شماره پیش به گزارشی جهانی از خروج چشمگیر دانشمندان علوم پایه از عرصه “علم” اشاره کردیم که به نظر می‌رسد استیلائی تکنولوژیک بر دنیای علم و جاذبه‌های مادی آن، از علل خروج بخشی از دانشوران و رویکردشان به عرصه‌های جدید کاربست‌های پولساز علم -از جمله تحت عناوینی چون شرکت‌های دانش بنیان- باشد. این سخن نیز به پدیده ریشه‌دار و همیشگی نزدیکی عالمان و حاکمان برای خیر و صلاح خود یا جامعه اشارتی دارد تا شاید برانگیزنده تفکراتی برای پرداختن به این نگرش‌ها و گرایش‌های عالمان و نقش مثبت/منفی آنها در مدیریت خُرد و کلان جامعه خودمان باشد. نباید فراموش کرد که علم و سیاست بی‌نشات از فلسفه وجودی آنها، سیرت و سطوت نیکوئی نمی‌یابند و دنیای ناخوش از منیت‌ها، رقابت‌ها و منازعات پیدا و پنهان در تمام سطوح حیات فردی و اجتماعی، با استیلائی نگرش‌های تُهی از معنا، میراث شایسته‌ای به خود نخواهد دید.

علی فرازمند

توسعه علمی و رهبری در علم

مسعود آرین نژاد
دانشگاه زنجان، گروه ریاضی
arian@znu.ac.ir
نامه علوم پایه شماره ۱۲ و ۱۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۲

چکیده

رهبری علمی یا رهبری در علم، پیشقراولی و پیشوایی (محلی، ملی یا جهانی) در یکی از شاخه‌های علم است به علاوه سیاستگذاری‌ها و مدیریت‌های خلاقانه و هدایتگرانه بر نهادهای سازمان‌های علمی. این یادداشت بررسی و پاسخی برای این پرسش است که رهبری در علم، در هر یک از این دو معنی مکمل، چه نسبتی با توسعه علمی در کشور ما دارد.

کلید واژگان: عقب ماندگی، توسعه یافتگی، توسعه علمی، رهبری علمی، رهبران علمی

درگاه

از ابعاد این مسئله^۱، چاره‌جویی‌هایی هم برای درمان آن پیشنهاد کرده‌اند و گاهی در حد مقدور به انجام و تحقق تجویزهای خود برخاسته‌اند، از آن جمله اند: تأسیس مدارس جدید برای آموزش علوم روز به جای مکتب خانه‌های سنتی^۲، تأسیس دارالفنون برای آموزش علوم پیشرفته‌تر، تأسیس حکومت مشروطه و مجلس قانونگذاری، تصویب قانون مدنی، تأسیس عدلیه و دادگستری مدرن، اعزام دانشجو به فرنگ، تأسیس دارالمعلمین و دانشسرای عالی، تأسیس دانشگاه^۳، وارد کردن و به‌کارگیری مصنوعات و فن‌آوری‌های مدرنی چون راه آهن، راه شوسه، پست، تلگراف و تلفن، عکاسی و فیلمبرداری، تأسیس کارخانه‌های صنعتی، به‌کارگیری دانشمندان و مستشاران فرنگی برای امور علمی، آموزشی^۴، عمرانی، مالی و حتی نظامی، تنظیم و تصویب برنامه‌های مدون توسعه و پیشرفت اقتصادی^۵ و موارد بسیاری دیگر مانند این‌ها. لیکن با همه این سعی و تلاش‌ها و اندیشه‌های دلسوزانه و راه‌های طی شده ترقی^۶ خواهانه در بیش از یک قرن گذشته و بهره‌مندی‌های بسیار از دستاوردهای دنیای مدرن، هنوز قضاوت و دریافت عمومی آن است که ما نه تنها همچنان در پله‌های پایین توسعه و پیشرفت متناسب عصری و تمدنی قرار داریم بلکه

بیش از یک قرن است که یکی از مسئله‌ها و درنگ‌های مهم مطرح در نزد عام و خاص جامعه ما نگرانی درباره عقب ماندن جدی و بحرانی ایران از پیشرفت‌ها و دستاوردهای به‌روز عصری و تمدنی است. در دو دهه اخیر دامنه این نگرانی حتی به بیم از عقب افتادن از کشورهای همسایه و منطقه نیز رسیده است. از این رو تلاش برای درک علل وقوع این بحران و چاره‌اندیشی برای علاج مقدور آن همواره یکی از مهم‌ترین تاملات و تالما^۷ت همه ایرانیان، بویژه اندیشمندان و دانشگاهیان بوده و هست. البته دانشگاهیان معمولاً صورت‌بندی خاص‌تری از این مسئله را که به ایشان مربوط‌تر است مورد توجه قرار می‌دهند و آن جستجوی نسبت این واقعه با احوال و سرگذشت علم در ایران است. این نوشته بحثی در این باره است و محور آن پرداختن به نسبت بین «رهبری علم در ایران» با آرمان «توسعه علمی» در افقی از آرزوهای جامعه علمی است.

در صحن

در طی بیش از یک قرن گذشته بسیاری از سیاستمداران و روشنفکران ما به مسئله عقب ماندگی‌های کشور توجهات خاص و دلسوزانه‌ای داشته‌اند و هریک ضمن شرح دردها و ارزیابی‌های خود

۱. از کتاب «تاریخ بیابری/ایرانیان» نوشته ناظم الاسلام کرمانی تا «حیات یحیی» نوشته یحیی دولت‌آبادی تا «میرکبیر و ایران» نوشته فریدون آدمیت و «ایران را چه کنم» نوشته رضا منصوری و آثار بسیاری دیگری مانند اینها.
۲. میرزا حسن رشیدیه (۱۳۳۷-۱۳۳۹).
۳. تأسیس دارالفنون (۱۲۳۰)، تأسیس دارالمعلمین و سپس دانشسرای عالی (۱۲۹۸)، تأسیس دانشگاه تهران (۱۳۱۳).
۴. معلم‌های دارالفنون و مستشاران متعدد حاضر در ایران از دوره صفویان تا عهد قاجار و سپس پهلوی.
۵. برنامه‌های متعدد توسعه، پیش و پس از انقلاب.
۶. «اندیشه ترقی و حکومت قانون» نام کتابی از فریدون آدمیت.

ملی ۳۸. توسعه و نخبگان ۳۹. توسعه و نقشه راه.

این ردیف‌ها از مهمترین عنوان‌های مورد حساسیت و توجه اندیشمندان و علاقمندان حوزه بزرگ توسعه در ایران امروز هستند و دربارهٔ هریک، بحث‌ها و گفتگوهای فراوانی در جامعه مطرح و در جریان است. نگارنده خود در نوشته دیگری در همین نشریه به مطالعه دومین ردیف فوق یعنی نسبت توسعه علمی و توسعه اقتصادی پرداخته است [۱] و از جمله این موضوع را مورد تامل قرار داده است که این دو وجه توسعه چه نسبت علی، ترتیبی، ماهیتی، محتوایی یا تقدم و تاخر زمانی و اندیشگی با هم دارند و به طور طبیعی و به تجربه تاریخی، کدامیک پیشقراول و پیشران توسعه عمومی کشور است یا می‌تواند باشد. در این نوشته، مستقل از هر گونه موضعی در بارهٔ این موضوع یا هر یک از عنوان‌های بالا، صرفاً به چند و چون نیروی کنشگری با نام «رهبری علم در ایران» برای امکان تحقق «توسعه علمی» می‌پردازیم. ناگفته پیداست که توسعه علمی به معنای رشد و پیشرفت خودبنیاد، پایدار، متناسب، سازگار و کارآمد علم در همه جنبه‌های ممکن و مورد نیاز حال و آینده جامعه یکی از رکن‌های مهم (ولی نه شرط مقدم یا فوری) توسعه عمومی کشور است مرحله ای که به هر اندازه از تحقق، به نحوی طبیعی و ذاتی، آماده و مهیای پشتیبانی و تقویت و تحکیم دستاوردهای توسعه ملی خواهد بود. در این نوشته نشان خواهیم داد که «رهبری در علم» در تنوعی از صورت‌های تخصصی-نظری یا سیاستگذاری-مدیریتی از سربل‌های گریزنپذیر حرکت به سوی توسعه علمی است.

رهبری سازمانی و سیاستگذاری در علم

مدیریت فعالیت‌های علمی، تحقیقاتی و آموزشی در ردهٔ مسئولیت‌های عالی وزارتی و سازمانی مرتبط و مسئولیت‌هایی مانند رؤسای دانشگاه‌ها و مراکز علمی فعالیت‌هایی از نوع رهبری‌های سازمانی علم و یا «رهبری علمی» [۲] هستند. همه سیاست‌گذاری‌هایی که برای همهٔ نظام علمی کشور به نحوی تعیین تکلیف می‌کنند و علم و علم‌ورزی را در چارچوب‌های مورد نظری تشویق یا محدود می‌کنند نیز از دیگر انواع رهبری‌ها یا راهبری‌های علم محسوب می‌شوند. از آن جمله‌اند:

۱. همه مصوبات دانشگاهی مجلس مانند آنچه به بودجه‌های علمی پژوهشی، آزمون‌های سراسری یا کنکور در هر سه مقطع، حقوق، دستمزد و ضوابط استخدامی کادر علمی می‌پردازند.
۲. همه ردیف‌های مرتبط با علم و فن آوری در برنامه‌های پنج ساله توسعه کشور.
۳. اغلب مصوبات شورای عالی انقلاب فرهنگی مانند آیین‌نامه مدیریت دانشگاه‌ها، آیین‌نامه استخدامی اعضای هیات علمی،

حتی به نقطه گریز^۱ از باتلاق عقب ماندگی هم نرسیده‌ایم و به همین دلیل هم گاه‌گاهی درجا می‌زنیم و به عقب باز می‌گردیم و بالاتکلیف و مردد و کم تحرک و منفعلیم. ماحصل آنکه همچنان یکی از مهمترین مسئله‌های ما، دغدغه به شدت نگران‌کنندهٔ عقب‌ماندگی و شناخت و واکاوی آزمون‌ها و خطاها و پیروزی‌ها و شکست‌های این مبارزهٔ بی امان است تا شاید با دریافت‌ها و ارزیابی‌ها و تدبیرهای جدیدی بتوانیم به افق‌ها و رهگشایی‌های تازه‌ای دست یابیم و گام‌های تازه و مصممانه‌تری برداریم.

این نوشته فقط به بخش خیلی کوچکی از دامنهٔ وسیع و گستردهٔ این بحث می‌پردازد و آن جستجوی فهم چاره‌جویی‌های ممکن در میدان علم و به طور ویژه دربارهٔ «رهبری متناسب و مورد نیاز ما در علم» تا شاید معیار و سنجۀ تازه‌ای را برای تحقق‌پذیری وجه ممتاز و متمایزی از توسعه با نام «توسعه علمی» در ایران به دست دهد. توسعه علمی آن وجهی از توسعه است که در برومندی، استقلال، کارآمدی و خلاقیت مجموعه سازوکارهای مرتبط با علم متبلور می‌شود. توسعه علمی درست به مانند توسعه اقتصادی، تجلی روشنی در کشورهای توسعه یافته دارد و آنچنانکه در این جوامع شایع است میدانگاه برآمدن علوم تجربی و اندیشه عقلانی، استدلالی و حسابگر در عرصهٔ همه انواع تجربه‌های فردی و جمعی و ملی و تاریخی در جبهه واحد پیشروی و استقرار تمدنی است.

با این مقدمه، برای درک بهتر رویکرد مورد تامل و کنکاش این نوشته یعنی «توسعه علمی و رهبری در علم»، به برخی از دیگر عنوان‌های خاص و مورد توجه امروز جامعه دربارهٔ توسعه در ایران اشاره می‌کنیم:

۱. توسعه و اقتصاد ۲. توسعه علمی و توسعه اقتصادی ۳. حکمرانی و توسعه ۴. توسعه و سیاست داخلی ۵. توسعه و سیاست خارجی ۶. فرهنگ و توسعه ۷. دین و توسعه ۸. توسعه و ایدئولوژی ۹. توسعه و سنت ۱۰. تجدد، مدرنیته و توسعه ۱۱. توسعه و ملیت ۱۲. توسعه و مسئله اقوام ۱۳. خانواده و توسعه ۱۴. جمعیت و توسعه ۱۵. دموکراسی و توسعه ۱۶. توسعه و جغرافیای جهانی ۱۷. توسعه و منابع طبیعی ۱۸. صنعت و توسعه ۱۹. کشاورزی و توسعه ۲۰. گردشگری و توسعه ۲۱. توسعه و صنایع دستی ۲۲. توسعه و تجارت خارجی ۲۳. توسعه و سرمایه‌گذاری ۲۴. توسعه و فن‌آوری‌های پیشرفته ۲۵. توسعه و روابط بین الملل ۲۶. توسعه و امنیت ملی ۲۷. توسعه و تجربه‌های جهانی ۲۸. توسعه و انقلاب ۲۹. توسعه و اصلاحات اجتماعی ۳۰. توسعه سیاسی و توسعه ملی ۳۱. توسعه و طبقات اجتماعی ۳۲. توسعه پایدار و توسعه ناپایدار ۳۳. توسعه و محیط زیست ۳۴. توسعه و نیروی انسانی ۳۵. توسعه و نظام حکمرانی ۳۶. توسعه و آموزش عمومی ۳۷. توسعه و تاریخ

۱. نقطه گریز در توسعه گرایانی نقطه ایست که قوای ذهنی و روحی جامعه آماده پشتیبانی همه‌جانبه از یک حرکت مستمر پیشرونده را بدست آورده است و موانع مهم نامنتظری در پیش رو نیست.

را لاجرم می‌سازد و اگر این نیاز در حد متعارفی تامین نگردد انتظار از رشد و شکوفایی علم و دانشگاه خیالی بیش نیست. فقر شدید اختراعات و نوآوری‌های فناورانه ما فقط یکی از نتایج انزوای دیرپای تحمیل شده بر علم و فن آوری ایران است. در پیش گرفتن سیاست‌هایی چون گسترش بی حد و ضابطه مراکز آموزش عالی (چون اردوگاهی برای توقف یا تأخیرگذاری نسلی^۱) بویژه در بخش تحصیلات تکمیلی و ترغیب و تکثیر بی منطق انبوه مدارک عالی دانشگاهی و انبوه سازی مقاله نویسی‌های صوری و بی مسئله حتی در کاربردی‌ترین رشته‌ها و سلب و ضعیف سازی تدریجی اختیارات دانشگاه‌ها در استخدام کادر علمی، برنامه‌ریزی درسی، تأسیس رشته‌های تحصیلی و رویکردهای آموزشی و فقر شدید مالی دانشگاه‌ها و گسترش بلیه کنکور و قلت پژوهانه‌ها و فرصت‌های پشتیبان در اقتصاد ملی به علاوه آوار عظیم مصائب عمومی کشور بر سر علم و دانشگاه، همگی از زمره آسیب‌های جاری و عادی و مزمنی هستند که روح علم و علم ورزی را می‌آزارند و هریک قصه‌ها و غصه‌های فراوان خود را دارند که روز افزونی مهاجرت مستمر جوانان و نخبگان و دانشگاهیان از کوچکترین دردهای آن است.

استمرار طولانی مدت سیاست‌های تکلیفی (آموزشی و پژوهشی) بر دانشگاه‌ها موجب همشکلی و همگونی غریب تقریباً همه دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی در ایران شده است. این یعنی دانشگاه‌های ما تقریباً هیچ کنشگری یا رابطه علی و معلولی با هدف‌گذاری‌های ناشی از آمایش سرزمین و برنامه ریزی‌های بلند مدت سرزمینی و منطقه‌ای و کشوری و جهانی ندارند. در فضای تخیلی کرسی‌های آزاد اندیشی، ضعف جدی جریان‌های واقعی نقد و نقادی از دیگر عوارض استحاله و بی تفاوتی مستمر دانشگاه در فضای امروز است که پی‌آمدهای خسارت بار و پایدار آن سهم همه آحاد و سرنوشت جامعه است.

بهره‌مندی از رانت نفت و دیگر سرمایه‌ها و ذخایر ملی از عارضه‌های مزمن و فرساینده اقتصاد ایران است. نکته جالب آن است که دامن دانشگاه هم از این آلائش ویرانگر مبرا نیست و یکی از نشانه‌های روشن آن همین چرخه مالی بزرگ تولید انبوه و بی‌خریدار مقاله‌های علمی و شبه علمی به صرف تخیل کسب جایگاه‌های منطقه‌ای و جهانی تولید علم است. چهره دیگر بهره‌گیری از رانت نفت، هزینه‌های هنگفت دانشگاه‌ها برای تولید انبوه مدارک بی ارزش و بی خریدار تحصیلی در سطوح متنوع بویژه در عالی‌ترین مراتب است. همین یک امر به تنهایی موجب شده است تا دانشگاه به دست خویش، خود را خوار و بی قدر و قیمت و ارزان و دم دستی سازد. همه این مواهب به مدد سیاست‌گذاری‌های نابخردانه بالا دست رهبری‌های سازمانی علم رخ داده است و نقش پایین دست

آیین‌نامه ارتقاء اعضای هیات علمی، نقشه جامع علمی کشور و مانند آن.

۴. سیاست‌ها و بخشنامه‌های ابلاغی وزارت عتف به دانشگاه‌ها مانند آیین‌نامه‌های ترفیع، تبدیل وضعیت و فرصت‌های مطالعاتی، آیین‌نامه‌های انضباطی اعضای هیات علمی و دانشجویی، تأسیس یا انحلال رشته‌ها و دوره‌های تحصیلی، تدوین و ابلاغ برنامه‌های درسی، مصوبات شوراها و کمیسیون‌های تخصصی وزارت، تعیین روسای دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و مانند آن.

۵. راهبردها، مصوبات و مشوقات بیناد ملی نخبگان و معاونت علمی ریاست جمهوری.

چنانچه پیداست رهبری علم در این بخش کارنامه مثبت و موفقی ندارد و ناخوش احوالی‌های مزمن و جاری مراکز علمی و دانشگاهی کشور (از جمیع جهات ممکن) به وضوح نشانگر آن است. در ذیل ناخوشی‌های عمیق جامعه و کارنامه‌های منفی فراوان و همگنی لاجرم و متعارف اجزاء جامعه، خیلی نمی‌توان از عوامل خاص و متمایزی که حال و روز علم را در کشور به اینجا رسانده‌اند سخن گفت. در واقع همان عواملی که شرایط و احوال امروز جامعه را به اینجا رسانده‌اند در کار علم و دانشگاه هم در همان کار و نقش، فعال مایشاء بوده‌اند و هستند تا همه چیز حوزه علم نیز با همه چیز دیگر جور شود. از این رو همواره باید در نظر داشت که سیاست‌گذاری‌ها و مدیریت‌های علم در جامعه ما درست به مانند سیاست‌گذاری‌ها و مدیریت‌های حوزه‌های صنعت، تجارت، اقتصاد، محیط زیست، کشاورزی، فرهنگ، مدرسه و دیگر بخش‌ها و با همان عیارو کارآمدی و کیفیت انجام گرفته است و می‌گیرد. از این‌رو نباید انتظار داشت که حال و روز دانش آموز و دانشجو و مدرسه و علم و استاد و دانشگاه و تحقیقات و کارنامه و سرگذشت هریک، خیلی متفاوت و متمایز از احوال و کارنامه و سرگذشت دیگر بخش‌ها و اجزاء جامعه باشد.

ازباب یادآوری، یکی از علت‌های بی رقیب وضعیت کنونی علم در ایران، غلبه رویکردهای ایدئولوژیک در رهبری‌های سازمانی این نهاد است. رویکردهایی که همواره بر بسیاری از ترجیحات مهم و محقق نظام علم تفوق قاطع داشته است و دارد از این‌رو ضمن سلب مستمر هویت مستقل علم و دانشگاه، بخش عمده‌ای از ظرفیت این دو نهاد توأمان را در خدمت تامین ارزش‌ها و تبلیغات مورد نیاز خویش قرار می‌دهد. یکی از آثار چنین تفوقی، انفعال و حاشیه نشینی اندوهناک دانشگاه در همه میدان‌های جامعه است. یکی دیگر از عوامل یا زمینه‌های مهم کم توفیقی کنونی علم در ایران غلتیدن در مهلکه یک انزوای عمیق ملی و جهانی است. ماهیت ذاتی، تاریخی و جهانی علم، ارتباط آزاد دانشمندان جهان

۱. دانشگاه در مرتبه توقف‌گاه نسلی متصدی سرگرم کردن و اعطای شغل موقت دانشجویی به بسیاری از آحاد نسل‌های جوانی است که سیاست و اقتصاد از عهده تامین شغل، امید و آینده برای آنها بر نمی‌آید. این مهم‌ترین هدف ناگفته گسترش بی حد و حصر دانشگاه‌ها در طی دهه‌های هفتاد و هشتاد بود که لطامات جبران ناپذیری را به ساحت علم و آموزش عالی وارد کرد.

و روحانی است. همانطور که دین (در مرحله تاسیس) به صورت نهادی مدیون ظهور رهبران و پیشوایان و پایه‌گذاران خود است و نمی‌توان هیچ دینی را بی وجود پیامبران و پیشوایش به صرف تجمیع تجربه‌ها و اشتیاق‌های روحانی متفرق و جزئی مردمانی از یک عصر تصور کرد، تحول و نوآوری‌های بدیع در علم را نیز نمی‌توان به صرف تجمیع تلاش‌های معمول دانشگران یک دوره زمانی فروکاست. با این تعبیر، در شرایط تاریخی امروز ایران باید گفت که انتظار وقوع تحولی چون توسعه علمی به صرف دغدغه‌ها و تلاش‌های علمی متفرق و جزئی عموم دانشگران، هرچند بسیار و صادقانه، آرزوی تحقق‌پذیری نیست. هر توفیق ممتازی در علم (لااقل در مراحل از تاریخ علم) وابسته به ظهور و حضور رهبران و پیشوایان علم رخ داده است و درست به همین دلیل، شکوفایی و تحول در علم و فن‌آوری در کشور ما مشروط به ظهور رهبران و پیشوایان متناسب خود است و بدون حضور چنین رهبرانی سرنوشت علم در ایران آنچنان که مورد انتظار است سرو سامان نخواهد یافت و به رغم همه تلاش‌ها به بلوغ و کمالی از نوع آنچه آن را توسعه علمی بتوان امید نخواهد رسید.

۲. با این توصیف، توسعه علمی مورد انتظار و آرزو در ایران امروز، چیزی از نوع انتظار و آرزوی ظهور نهضتی شبه دینی ولی از جنس علم است. نهضتی با همه ویژگی‌های نظری و اجتماعی خود از ظهور و حضور رهبران و پیشوایانی شایسته تا امیدها و انگیزه‌هایی که در سایه چنین نهضتی شکوفا می‌شوند و ارزش‌ها و انتخاب‌هایی که به تدریج شکل می‌گیرند و در نهایت استقرار و اعتمادی ناشی از دستاوردهایی که تردیدها را می‌زدایند و برای توسعه و عمران و آبادی کشور به نحو بارزی موثر و مفید و جایگزین ناپذیر می‌شوند. بنابراین وقتی که هیچ یک از چنین جنبه‌ها و جلوه‌هایی در فضای علمی امروز ما محسوس نیست، رهبران شایسته و برجسته در هریک از شاخه‌های علمی بسیار اندکند، امیدها و انگیزه‌ها و ارزش‌های اجتماعی مرتبط با علم هر روز کم رنگ‌تر و بی‌جذب‌تر می‌شوند، انفعال و انزوای علمی بسیار رایج وعادی شده است و دستاوردهای برجسته‌چندانی در کانون‌ها و مراکز علمی کشور دیده نمی‌شود دلیلش جز آن نیست که چنان پویش و جوششی که بتوان آن را آغازی بر یک نهضت علمی منجر به توسعه علمی نامید در میان نیست. بنا بر چنین ارزیابی و قضاوتی است که آنچه هم اکنون در فضای علمی ایران در جریان است را باید صرفاً تکاپوی دانشگرانی در گیرودار تجربه‌های متفرقی در دنباله‌های دسترس‌پذیر امواج جهانی علم دانست، تکاپوها و تلاش‌هایی که نقش موثر و قاطعی در شکل‌گیری الگووسازی‌های تازه و متفاوتی که بتوان آن را از جنس توسعه علمی نامید ندارند. البته هرچند که در چارچوب شرایط کنونی علم در کشور کارهای بسیار ارزنده و شایسته‌ای انجام می‌گیرند اما از این روال و رویه‌های اغلب ناهمسو و ناهمگرای دانشگران که اکثر آنها هم، بی‌تقصیر، در

هیات علمی و مدیران خرد در آن جز تبعیتی از برای حفظ و بقا و گذران نبوده است. ماحصل آنکه دانشگاه‌ها در یک انفعال و بی‌انگیزگی مزمین با تبعیت کور و بی‌هدف از تکلیف‌ها و آمریت‌های تمامیت‌خواهانه بالادستی که هیچ فضای بازی از اختیار و استقلال و تصمیم را برای دانشگاه و دانشگاهی باقی نگذاشته است به جای پیش‌قراولی در کشف و فهم و حل مسئله‌ها، خود نیز به یک مسئله پردغدغه امروز کشور بدل گشته است. چنین فروماندگی غریبی، دستاوردی جز دلمردگی، بی‌تعلقی و بی‌مسئولیتی به علاوه تکرار و یکدستی و بی‌رنگی و بی‌رمقی در فضای علم کشور دربر نداشته است. ماحصل آنکه در مجموعه این شرایط فضای چندانی برای ظهور نیروهای زنده‌ای با نام رهبران علم که محور دیگر این سخن است فراهم نمی‌گردد.

رهبری علم، رهبران علم

در میدان وسیع علم یک معنی و عامل بنیادین «رهبری» است که منظور از آن «رهبری و فرزاندگی در علم» و به تبع آن «رهبران و فرزندان علم» است. رهبران علم دست‌اندرکار پیشبرد علم در محتوای تخصصی و اکتشافی آن هستند. رهبران علم به اتکای کارنامه‌ها و دستاوردهای روشنی در مرتبه و موقعیتی از پیش‌قراولی و سرمشق بودن قرار می‌گیرند و در حوزه‌های تخصصی چندی نظریه پرداز و فرهنگ ساز و نقش می‌آفرینند. رهبران علم، دانشمندان قائم به خودی هستند که مستقل از هر تکلیف و انتظار و آمریت و تشویق و ارزش‌گذاری رسمی، آرمان‌های علمی اصیلی را تنها از برای اعتلا و غنای محض دانش پی می‌گیرند و با تلاش‌های مستمر و خستگی ناپذیری، چشم‌اندازهای تازه‌ای از اکتشاف و دریافت را می‌گشایند. رهبران علم اغلب در راه‌های مستقل خود گام می‌گذارند و بر فراز قله‌های نادیده و غافلگیرانه‌ای پرچم می‌افرازند که دیر یا زود مورد استقبال جامعه علمی قرار می‌گیرد. اکنون چند پرسش مطرح است:

۱. پیشرفت و تکامل علم تا چه حد مدیون وجود رهبران علم است؟
۲. توسعه علمی در کشور ما چقدر به نقش حاضر یا غایب رهبران علم وابسته است؟

۳. فضای عمومی و تخصصی علم در جامعه ما تا چه حد ظرفیت ظهور و نشو و نما و از آن مهم‌تر، بقا و رشد رهبران علم را در بطن و سازوکارهای جاری خود دارد؟

در پاسخ باید گفت:

۱. علم به لحاظ صوری به مانند دین (در مرحله تاسیس) در ذات خود یک نهضت و انگیزش مستمر فکری از برای کشف و فهم حقایق مادی عالم به اتکای روش‌های تجربی-عقلانی است همچنانکه دین هم از منظر خود در صدد تشریح چگونگی‌های معنایی نظام عالم و نحوه کارکرد آن به مدد دریافت‌های وحیانی

علم ایران چندان آشنا و مورد کاربرد نیست. به ندرت در کلام و گفتار اهل علم این واژه شنیده می‌شود و جز چند ترجمه [۲] و چند مقاله [۳ و ۴] با این عنوان که هیچ یک نیز شامل مسئله‌ها و انتظاراتی مورد بحث ما از این مضمون نیستند محتوای مکتوب دیگری در این باره به زبان فارسی منتشر نشده است. واژه پرسامد «مرجعیت یا سیادت علمی» در خطابه‌های رهنمودی و تکراری سیاستمداران و موعظه‌گران کشور نیز از چنان ظرفیتی برخوردار نیست که خلاء سنگین و پر آسیب رهبری علم، به قیاس و تجربه جهانی، را در کشور پر کند و در هر حال چنانچه پیشتر نیز گفته شد رهبری‌های اصیل در علم، در هر سطحی، در چارچوب معیارها و سنجش‌های رسمی^۲ نمی‌گنجند و نگنجداند و تکلیفی، ناصحانه یا واعظانه مهیا نمی‌گردند. شوربختانه اغلب واجدین رسمی عنوان‌های اخیر از آنچنان روح و شخصیتی برخوردار نیستند که در چارچوب علم، صاحب مکتب یا اثرگذاری روشن و پایداری باشند [۷]. واژه «رهبری علم»^۳ در زبان انگلیسی در ذیل عنوان کلی‌تر و عمومی‌تر «رهبری»^۴ واژه کلاسیک و پرکاربرد در نوشتارگان علمی این حوزه است چرا که «رهبری» در تجربه تمدنی غرب همواره موضوعیت و مناسبت‌های فراوانی داشته است و دارد [۹ و ۸]. در این منابع، هم ویژگی‌ها و خلاقیت‌های فردی و شخصیتی پیشروان مورد مطالعه و توجه و ارزیابی قرار گرفته است و هم مدیریت‌های کلان مجموعه‌های تخصصی و تحقیقاتی موفق و نوآور مورد بررسی و تحلیل مشروح قرار می‌گیرند. این یعنی در کشورهای توسعه یافته، رهبری (در هر دو بعد مدیریت‌های سازمانی و رهبری‌های تخصصی و محتوایی) در زمینه‌های متنوع علمی، هنری، تجاری، صنعتی، نظامی، سیاسی و غیره، امری بسیار عادی و همیشه جاری و مورد استقبال و توجه و کنکاش است. در واقع این جوامع همه جهش‌های علمی، فن آورانه و مانند آن را مدیون پیشگامان و رهبرانی می‌دانند که با هوشمندی و خلاقیت‌های غافلگیرکننده‌ای، سدهایی را شکسته‌اند و راههایی را گشوده‌اند. بنابراین سعی و همت فراوانی را صرف مطالعه دقیق طبیعت و چگونگی چنین تجربه‌هایی می‌کنند و هر ساله صدها مقاله و سند و مجله تحت عنوان «رهبری» منتشر می‌شوند [۹]. اخیراً حتی سنجش‌پذیری کمی مفهوم رهبری در علم مورد توجه علم‌شناسان قرار گرفته و شاخص‌هایی برای ارزیابی آن معرفی شده است که از جمله می‌توان به شاخص جدیدی که توسط الن هِرش ارائه شده است توجه کرد (این شاخص متفاوت از شاخص مشهوری با نام شاخص هرش برای سنجش مرتبه ارجاع‌پذیری مقاله‌های علمی است) [۸].

پی فهم و حل مسئله‌های مبتلا به کشور نیستند و تحقیقاتشان جز برای سیاه‌سازی‌های آماری مورد نظر دستگاه‌های تبلیغاتی یا رفع نیازهای شغلی و آیین‌نامه‌ای تولید نمی‌شوند، دست‌آورد عالی و متمایزی با نام توسعه علمی به دست نمی‌آید. خلاء حضور به کفایت رهبران علم در ایران امروز یقیناً یکی از دلایل اصلی چنین شرایط نابسامانی است.

یک تقریب تاریخی دیگر برای درک نیاز به رهبران آن است که پیشرفت‌های موثر در هریک از زمینه‌های زندگی در همه جای جهان و در همه دوره‌ها و زمان‌ها، مدیون ظهور و حضور پیشقراولان خط شکنی بوده است که در انتهای میدان رشد و رقابت‌های خطی، با خلاقیت‌های بدیع خود، نوآوری‌های متفاوتی را بنیاد نهاده‌اند و مسیرهای تازه‌ای را گشوده‌اند و گام‌های بلندی برداشته‌اند. از همین روست که تحرکات کند و خطی و رژه‌های درجا یا کوتاه گام جامعه علمی جز با پیشقراولی رهبرانی از همان نوع، راهی بر جبران چندین قرن عقب‌ماندگی نخواهند گشود. این نکته هم گفتنی است که انتظار از رهبران علم در شرایط امروز جامعه ما، چیزی درحد دانشمندان درخشان تاریخی و یا در سطح دانشمندان کشورهای توسعه یافته نیست. رهبران آیین علم، چون پیامبران ادیان، رهبرانی متناسب میدان و سرزمین و زمان خود هستند هرچند که بنا به مقیاس‌های جهانی علم چنین فرزاندگانی باید واجد ارزش‌های جهانی روشنی هم باشند.

۳. نظام علمی ما از حضور رهبران مورد نیازش بسیار کم نصیب و کم بهره است چرا که نه شرایط اجتماعی و مدیریتی موجود، وجود چنین فرزاندگانی را برمی‌تابد و نه آسیب‌های مهلک مهاجرت و امتناع نخبگان از بازگشت به وطن و انگیزه‌های اجتماعی اقتصادی فراوان دیگر شرایط مناسبی را برای این حضور فراهم می‌سازد. خلاء چنین حضوری یکی از بزرگترین چالش‌های خاموش و پنهان عرصه علم در ایران کنونی است، چالشی که فرصت هر گونه تنوع و تکثر و استقلال و مشارکت در جهانی اندیشی علم را از ما دریغ کرده است. از چنین ضعف و فقدان است که در شرایط موجود، نهاد علم درباره توسعه کشور تقریباً بی‌تفاوت و بی‌مسئولیت و منزوی است و احیای آن جز به مدد حمایتی از بیرون صحنه علم میسر نیست. این نکته مهمی است که در منبع [۱] مورد بحث و بررسی مستقلی قرار گرفته است.

نگاه کوتاهی به نوشتارگان^۱

اصطلاح «رهبری علم» یا «رهبری علمی» در نوشتگان تحلیل

1. Literature

3. Scientific Leadership

4. Leadership

۲. معیارهایی چون دانشمندان یک درصدی، شاخص ارجاع، آمار مقاله و چارک‌بندی مقالات و مانند این‌ها.

منابع

۱. مسعود آرین‌نژاد، توسعه علمی- توسعه ملی، نامه علوم پایه (فرهنگستان علوم)، ۶ (۱۴۰۱) ۷-۱۲.
۲. سعید غیاثی ندوشن و رضا مهدوی، راهبری و رهبری علمی در نظام آموزش عالی (ترجمه)، نشر ویرایش، ۱۳۹۵.
۳. فاروق امین مظفری، خورشید پاداش اصل، سرمشق رهبری علمی در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ۱۳۸۹.
۴. فاروق امین مظفری و دیگران، بررسی فرهنگ رابطه سازمانی و سبک‌های رهبری در دانشگاه‌های ایران، فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی در آموزش عالی، ۴۷ (۱۳۸۷) ۱۳۳-۱۵۷.
۵. حمید رضا آراسته، ضرورت به کارگیری شیوه‌های نوین رهبری در میان رؤسای دانشگاه‌های کشور، فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی در آموزش عالی، ۵۰ (۱۳۸۷) ۱-۱۷.
۶. فاطمه حمیدی و دیگران، رهبری و مدیریت در بین‌المللی‌سازی آموزش عالی، فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی در آموزش عالی، ۲۳:۱ (۱۳۹۶) ۷۱-۴۹.
۷. ناصر باقری مقدم و دیگران، مرجعیت علمی: چستی، چرایی و چگونگی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، ۱۴۰۲.
8. J.E. Hirsch, h_a : An index to quantify an individual's scientific leadership, *Scientometrics*, 118:2(2019), 673-686.
9. W.B. Vessey et al., Leadership of highly creative people in highly creative fields: A historiometric study of scientific leaders, *The Leadership Quarterly*, 25:4(2014), 672-691.

نوآفرینی همه چیز: آیا زیست‌شناسی همان قدرت آینده‌آفرین جهان است؟

سید مهدی علوی
گروه زیست فناوری مولکولی گیاهی، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری
mealavi@nigeb.ac.ir
نامه علوم پایه شماره ۱۲۱۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۲

چکیده

مقاله حاضر به بررسی قدرت آینده‌آفرینی زیست‌شناسی در جهان و تأثیرات آن بر نوآفرینی جنبه‌های مختلف زندگی بشر می‌پردازد. به‌ویژه، تمرکز اصلی این تحقیق بر گذار از صنایع و اقتصاد نفت-پایه به سمت اقتصاد چرخشی و پایدار موسوم به اقتصاد زیستی است. در این مقاله تلاش شده تا ارتباط تنگاتنگ سه حوزه فلسفه زیستی، هنر زیستی و اقتصاد زیستی بررسی شود. این ارتباط با استفاده از مدل چرخه کربس خلاقیت نری اوکسمن بررسی می‌شود که به تعامل میان علوم زیستی، مهندسی، علوم دیجیتال و هنر می‌پردازد. بعلاوه، در این مدل نگرش فرهنگی بشر نسبت به طبیعت به‌عنوان یک مولفه حیاتی در نوآوری‌های آینده در جهان در نظر گرفته شده، از آن به‌عنوان عنصری تأثیرگذار بر تغییرات عمیق در اقتصاد آینده جهان یاد شده است. در نهایت، مقاله نشان می‌دهد که اقتصاد زیستی می‌تواند به عنوان یک پارادایم نوین اقتصادی در هزاره سوم، از یک منظر فلسفی و هنری گرا در حوزه زیست‌شناسی مورد توجه قرار گیرد و بدین ترتیب به عنوان بنیادی برای توسعه‌ای پایدار و هماهنگ با طبیعت عمل کند.

مقدمه

مختلف وجودی ما تأثیر گذارد و به بازآرایی همه‌چیز، اعم از فلسفه، فرهنگ و هنر، دانش، فناوری‌های تولیدی و خدماتی، و نهایتاً اقتصاد منجر شود. نتیجه چنین رویکردی می‌تواند توسعه نهاد علم و انباشت دانش باشد که به همراه خود، توسعه نوآوری و فناوری برای تولید سودمندی (اقتصاد) را به دنبال خواهد داشت. پیروی از این رویکرد به توسعه هنر و فلسفه زیستی هم منجر خواهد شد که نتیجه آن می‌تواند تغییر و ارتقاء رفتار فرهنگی یا فرهنگ رفتاری بشر در مواجهه با طبیعت و مسائل زیست‌محیطی باشد، و بعلاوه، سوالات و نگرش‌های جدیدی هم در قالب موضوعات فلسفی طرح کند که خود، می‌تواند منجر به کنترل و اصلاح جهت‌گیری‌های علمی شده و نگرش‌های نوینی در نهاد علم ظاهر سازد و منجر به تولید دانش‌های نو شود.

۲. فلسفه زیستی^۴

یک فرض دین‌شناسانه و فلسفی در موضوع آفرینش الهی، پویایی و همیشگی بودن آفرینش است. دین‌شناسان و فلاسفه بر این باورند که آفرینش الهی امری صرفاً متعلق به گذشته نیست و رخدادی است که همواره و اکنون نیز، در حال وقوع است. برخی از آن‌ها از

برای پرداختن به موضوع آینده‌آفرینی خلاقانه^۱ در عصر کیمیاگری زیستی^۲ ناگزیریم سه مفهوم به ظاهر مجزا و منفصل را در کنار هم تبیین کنیم: «فلسفه زیستی» که می‌تواند محصول «هنر زیستی» باشد، و «اقتصاد زیستی» که در رفتار فرهنگی ما در آینده پیش‌رو تأثیرگذار خواهد بود و منبعی است برای هنرمندان زیستی تا با نگاهی عمیق و نقادانه، چگونگی مواجهه ما را با آنچه که محصول پیشرفت‌های علمی و فناوریانه ما در بستر طبیعت است به نمایش گذاشته، و با ارتقاء ادراک بشر موجب اصلاح مسیر پیشرفت و تعالی او شوند (نری اوکسمن^۳، ۲۰۱۸). در نتیجه، در موضوع آینده‌آفرینی خلاقانه، نه تنها این سه مفهوم را نمی‌توان مجزا تلقی کرد، بلکه این سه در تعاملی پیوسته، چرخه پایداری را شکل می‌دهند که مداوماً از یک شکل و حالت به هیأت و ظاهری دیگر بدل می‌شوند: اقتصاد منجر به رفتار فرهنگی بشر می‌شود، هنر این رفتار فرهنگی را به بوته نقد و نظر می‌سپارد و از دل این کنکاش نقادانه، سوالات فلسفی خلق می‌کند که بار دیگر می‌تواند راهگشای عمل و اقدام ما در عرصه اقتصاد باشد؛ و این چرخه می‌تواند تداومی پویانده داشته باشد. در این نوشتار تلاش خواهد شد تا نشان داده شود چگونه شناخت ژن‌ها و دانش زیستی می‌تواند بر عرصه‌های

1. Creative futurity
2. Biological alchemy

3. Neri Oxman
4. Biophilosophy

به قلمروهای فلسفه، اخلاق و ملاحظات اجتماعی نیز گسترش یافته و شکل‌دهنده درک نوین بشر از مفهوم زندگی خواهد بود. بنابراین، شاید بازاندیشی در موضوع «زیست‌شناسی» در عصر پسا-انسان‌سالاری^۳ بتواند به درک موقعیت ممتاز آن در شکل‌دهی به حیات بشری و تاثیر آن بر علم و هنر، به‌عنوان دو مولفه خلاقیت بشر، و بر اقتصاد و فلسفه، به‌عنوان دو دستاورد خلاقیت بشر، کمک کند.

موقعیت بشر امروز در مواجهه با موضوع زیست‌شناسی را نمی‌توان بی‌شبهت به افسانه پرومتئوس و آتش دانست. بر اساس یک افسانه یونانی، در گذشته‌ای بسیار دور، دو برادر به نام‌های پرومتئوس (مظهر دوران‌دیشی و آینده‌نگری) و اپیمتئوس (مظهر پس‌اندیشی و سطحی‌نگری) که از پهلوانان تایتان^۴ بودند، در نبرد میان ایزدان تایتان و خدایان کوه المپ^۵، به کمک خدایان شتافته، موجب پیروزی زئوس^۶ (خدای خدایان) را فراهم می‌کنند. زئوس به پاس خدمت پرومتئوس^۷ و اپیمتئوس^۸، زمین را به آن‌ها می‌سپارد تا در آن به آفرینش مخلوقات زمینی بپردازند. در این میان، پرومتئوس به آفرینش انسان می‌پردازد و از زئوس می‌خواهد تا برای آسایش انسان، اجازه یابد آتش را به زمینیان هدیه دهد. اما زئوس که به دلیل فریبکاری پیشین پرومتئوس از او آزرده‌خاطر است، درخواستش را اجابت نکرده و اعلام می‌دارد که انسان سزاوار آتش نیست. پرومتئوس که خصلت دوران‌دیشی و آینده‌نگری دارد و می‌داند که انسان برای غذا و گرما به آتش نیاز خواهد داشت، از فرمان زئوس سرپیچی می‌کند و راز آتش را برای انسان هویدا می‌سازد (شکل ۱-۱).

زئوس از این خودرایی پرومتئوس برآشفته شده و به‌عنوان مجازات، پرومتئوس را سال‌ها به صخره‌ای زنجیر می‌کند و عقابی را مامور می‌کند تا جگر پرومتئوس را زنده زنده بدرد و هربار که سلامتش را باز می‌یابد، دوباره بر او چنگ اندازد (شکل ۱-۲). اما زئوس این مجازات را برای پرومتئوس کافی نمی‌داند. از این رو، هنگامی که پرومتئوس در کوه قفقاز در بند است، تصمیم می‌گیرد تا به‌دست برادرش اپیمتئوس که سطحی‌نگر و دم‌دمی مزاج است، شرارت و نکبت را در میان انسان‌ها بپراکند. از این رو، دستور می‌دهد تا هفائستوس^۹ دختر زیبایی برایش بیافریند که او را پاندورا^{۱۰} نام

جمله تد پیترز (۲۰۱۴) پیرو این نظریه هستند که اطلاق توصیف «جانشین الهی بر زمین» به انسان به‌عنوان اشرف مخلوقات و گونه «خردمند»، می‌تواند بدان معنا باشد که او بر وسعت‌بخشیدن به دامنه آفرینش اجازه یافته است و چنین اجازتی در «هم‌آفرینی» جز به ابزار خرد و دانش بشری ممکن و میسر نبوده است (پیترز، ۲۰۱۴). به نظر می‌رسد در موضوع قدرت‌بخش بودن دانش بشری، علمای اسلامی نیز ایده‌های مشابهی ابراز کرده‌اند و در این زمینه، به روایاتی از بزرگان دین اسلام همچون حضرت علی‌بن ابیطالب (ع) استناد می‌کنند^۱ (علی‌بن ابی‌طالب (ع)، امام اول؛ ابراهیم، محمد ابوالفضل؛ ابن ابی الحدید، عبدالحمید بن هبه‌الله، بدون تاریخ). بر این اساس است که پیترز (۲۰۱۴) انسان را «آفریده شریک در آفرینش»^۲ خطاب می‌کند و تلاش انسان در نوآفرینی محیط پیرامونش را بر پایه همین بینش تعبیر و تفسیر می‌کند. به‌خصوص، او بر پیشرفت‌های بشری در حوزه زیست‌شناسی به‌طور عام، و در ژنتیک، به‌طور خاص، تاکید می‌ورزد و احاطه علمی بشر در این حوزه را مقدمه‌ای بر هم‌آفرینی، نوآفرینی و زایش پدیده‌ها و مخلوقات جدید بشر ساخت می‌داند که همراه با مسئولیت‌پذیری در قبال آینده خواهد بود.

کشف دی‌ان‌ای و ظهور فناوری ژن عمیقاً درک ما را از اجزای سازنده زندگی تغییر داده است. این پیشرفت‌ها نه تنها چشم‌انداز علمی را متحول کرده است، بلکه بارقه‌ای نیز برانگیخته که به شعله‌ور شدن گفتمان تأمل برانگیزی در رابطه متقابل عنصر مادی و امر غیرمادی انجامیده است. در هسته این گفتمان این شناخت نهفته است که جهان مادی، که توسط ساختارهای فیزیکی و ترکیبات شیمیایی مثل دی‌ان‌ای نشو و نما یافته، به‌طور جدایی‌ناپذیری با قلمرو غیرمادی اطلاعات- کدهای ژنتیکی، و فرآیندهای پیچیده‌ای که بیان و انتقال حیات را مدیریت می‌کنند- مرتبط است؛ و این خود، مرزهای جدیدی را در ادراک بشر از تعادل ظریف بین امر ملموس و ناملموس گشوده است. در نتیجه، چنین برمی‌آید که درک، کنترل و دست‌ورزی واحدهای بنیادین حیات (ژن‌ها) توسط بشر، متعاقباً به طرح پرسش‌های بزرگی در رابطه با ماهیت هویت، مرزهای عامل انسانی و پیامدهای اخلاقی مداخلات ژنتیکی انجامیده است. در نتیجه، پیامدهای فناوری ژن

۱. اشاره دارد به روایتی از حضرت علی (ع) مبنی بر این که دانش، سلطنت و قدرت است، هر که آن را بیابد با آن یورش برد و پیروز شود، و هر که آن را نیابد بر او یورش برند و شکست یابد (العلم سلطان من وجدته صال به و من لم يجدته صیل غلیه). برگرفته از <https://noo.rs/PT9Na>

2. Created co-creator

3. Post-anthropocene

۴. تایتان نام یکی از نژادهای ایزدان اساطیری در افسانه‌های یونان است. تایتان‌ها ایزدانی نامیرا و نیرومند بودند که در دوران طلایی قبل از المپ‌نشینان بر زمین فرمانروایی می‌کردند. برگرفته از منبع زیر:

Wikipedia contributors. (2024, June 17). Titans. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 12:05, July 2024, 17, from <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Titans&oldid=1229589786>

5. Mount Olympus

6. Zeus

7. Prometheus

8. Epimetheus

9. Hephaestus

10. Pandora

زئوس را تشخیص دهد و با پاندورا ازدواج می‌کند. به یمن این پیوند، زئوس جعبه‌ای به آن‌ها هدیه می‌دهد که بر درب آن جمله‌ای هشدارگونه حک شده است: «هرگز باز نشود».

می‌نهد. زئوس که از تنهایی اپی‌متئوس آگاه است، از او می‌خواهد تا با پاندورا ازدواج کند. اپی‌متئوس که پند برادر درباره مکر و حيله زئوس را از یاد برده و به پیامد امور توجهی ندارد، نمی‌تواند فریب



شکل ۱: موهبت‌بخشی پرومتئوس به انسان. بنا بر افسانه‌های یونان، آتش موهبت زاینده‌ای بود که از سوی پرومتئوس به انسان هدیه شد تا به کمک آن گرما و غذا برای خود فراهم سازد. این موهبت آسمانی، برای انسان زمینی آینده‌آفرین بود و سبب شد تا انسان امنیت یابد و شر درندگان و بیماری‌ها را از خود دور سازد. بر طبق این افسانه‌ها، این دوراندیشی و آینده‌نگری پرومتئوس بود که باعث شد انسان از موهبت آتش بهره‌مند شود و بر این منوال، به رفاه و آسایش و امنیت دست یابد (برگرفته از پیترز ۲۰۱۴).

پرومته‌ای و آینده‌نگر) که مبتنی است بر آزادی اراده و اختیار بشری در «شناخت، تصمیم‌گیری و کنترل» ژن‌ها. پیترز (۲۰۱۴) این رویکرد اخیر را خصیصه نوین «پیشرفت‌های فناورانه» می‌داند که دانشمندان را به سمت شناخت ژنتیک و اسرار حاکم بر آن ترغیب می‌کند و همزمان، آن‌ها را مسئول می‌داند تا با رعایت مصالح و ملاحظات اخلاقی و اجتماعی، و با حفظ مرزهای سیاره‌ای و محدودیت‌های طبیعت (کوئلهو و فیالهو^۴، ۲۰۰۴؛ وگت و فرانکنرایتر^۵، ۲۰۲۲؛ بایکوف^۵ و همکاران ۲۰۲۳) از این راز و رمز شگفت‌انگیز در جهت آن‌چه که به‌قول ارسطو «خیر جمعی^۶» نام دارد (لی، ۲۰۱۶)، بیشترین منافع و مطلوبیت‌ها را برای بیشترین مخلوقات پدید آورد

اگر چنین شود، شاید بتوان ادعا کرد که انسان دچار نوعی فرگشت (تکامل) شده که ریشه در فرهنگ و رفتار فرهنگی انسان دارد (تکامل فرهنگی) و نه در بقای زیست‌شناختی او (گلابرخت^۷، ۲۰۲۳؛ باش^۸ و همکاران ۲۰۲۳)؛ رفتاری که برآمده از ارزش‌ها، جهان‌بینی‌ها، و اخلاقیات است و هدف آن اتصال، ارتباط، و آگاهی است (لازلو^۹، ۲۰۰۱). در این صورت، انسان از یک مفعول مقدر مجبور، به یک فاعل قادر مختار (و نه خود-مختار) ارتقاء می‌یابد. شاید اگر بخواهیم یک هیات یوتوپیایی به این انسان مختار آگاه نسبت دهیم، همان شکل تکامل‌یافته‌ای باشد که ژیل دلوز^{۱۰} برای

اما پاندورا برای دانستن راز و رمز درون جعبه بسیار کنجکاوی می‌کند. از این رو، روزی قفل جعبه را می‌گشاید تا از محتوای آن آگاه شود. به ناگاه، سیلی از بلاها، شرارت‌ها، بدی‌ها، بیماری‌ها و رنج‌ها و سختی‌ها به بیرون سرایت می‌کند (شکل ۳-۱). پاندورا به‌سرعت درب جعبه را می‌بندد، اما دیگر دیر شده است. پاندورا بر این خطای خود اشک می‌ریزد و اپی‌متئوس که ناله‌های او را می‌شنود، دوان دوان خود را به او می‌رساند. پاندورا قصه پرغصه خود را برایش بازگو می‌کند و بار دیگر درب جعبه را می‌گشاید تا به او نشان دهد که همه‌چیز از دست رفته است. در این هنگام، «امید» که در جعبه محبوس مانده، پای بر زمین می‌گذارد تا مگر همچنان کورسویی امیدبخش بر رهایی از کژری‌ها و شرارت‌ها در زمین باقی باشد (گریک میث اند لژنرز^۱، ۲۰۲۴).

تد پیترز^۲ (۲۰۱۴) این افسانه را دست‌مایه نگاه فلسفی خود به موضوع ژنتیک می‌کند و در باب بهره‌گیری از ظرفیت‌های علمی و فناورانه آن، دو رویکرد را بیان می‌دارد: یک نگاه سلبی به ژنتیک، که مستلزم تسلیم در برابر جبر ساختاری حاکم بر کدهای ژنتیک است (جبرگرایی ژنتیکی عروسکی^۳ که بیان می‌دارد همه‌چیز درون ژن‌هاست و در واقع، این ژن‌ها هستند که صحنه‌گردان نمایش عروسکی انسان بر زمین می‌باشند)، و یک رفتاری ایجابی (راهبرد

1. Greek myths and legends

۲. تد پیترز یک الهی‌دان لوتری و استاد الهیات سیستماتیک در حوزه علمیه الهیات لوتری اقیانوس آرام است. او همچنین سردبیری نشریه گفتگو (Dialog) در زمینه الهیات مدرن و پست مدرن را برعهده داشته و به‌عنوان یکی از سردبیران نشریه الهیات و علم نیز اشتغال دارد. برگرفته از منبع زیر:

Wikipedia contributors. (2022, September 21). Ted Peters (theologian). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 06:45, July 2024, 21, from [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Ted_Peters_\(theologian\)&oldid=1111576352](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Ted_Peters_(theologian)&oldid=1111576352)

3. Puppet determinism

4. Coelho & Fialho

5. Baykov

6. Commom good

7. Glaubrecht

8. Bash

9. Laszlo

10. Gilles Deleuze

شریرانه می‌تواند شرها و بدی‌هایی بیافرینند که کنترل آن از دست بشر خارج شده و درد و رنجی عظیم را نازل کند.

از این رو، جنب‌وجوش انسان در متاکسی، یا کوشش او در مرز زیبایی و فاجعه، نمایانگر تلاشی است که به‌منظور گذار از چالش‌ها و محدودیت‌ها صورت می‌دهد. این تلاش مداوم و متلاطم بشر را می‌توان به مثابه مفهوم «غلبه بر تاریکی» به عنوان یک اصل اساسی در فرآیند تکامل در طبیعت دانست. همان‌طور که پستانداران در دوران فرمانروایی دایناسورها با جثه کوچک خود ناچار بودند در تاریکی به شکار بپردازند و لاجرم، قوای خود را برای زندگی در شب تقویت کنند، انسان نیز در مواجهه با چالش‌های مختلف به دنبال یافتن راه‌حل‌هایی برای غلبه بر تاریکی‌های چهل و نادانی است. در این کوشش مستمر، پتانسیل‌های زیستی و شناختی او به مرور زمان تقویت شده و به مرزی رسیده که اینک در پی بهبود و گسترش دامنه اطلاعات خود است. در این فرآیند گذار به‌سوی آگاهی، زیست‌شناسی و ژنتیک به مثابه دانش‌های کلیدی نقش‌آفرینی کرده‌اند و رموز نهفته در اعماق حیات و فرآیندهای زیستی را بر او آشکار کرده‌اند. این تشابه تکاملی با قوای حسی پستانداران شب‌زی، تصویر واضحی است از تلاش‌های انسانی برای دستیابی به منابع جدید اطلاعاتی و روشن ساختن مسیر فهم و آگاهی. پردس^۸ و همکاران (۲۰۲۴) به‌درستی اشاره کرده‌اند که اطلاعات تحت عنوان یک پارامتر فیزیکی بنیادی، در شکل‌گیری حیات پیچیده نقش بسزایی دارد. این حقیقت نمایانگر درهم‌تنیدگی اطلاعات با انرژی، ماده و پیچیدگی در طبیعت است. بنابراین، می‌توان گفت که فرآیند شکوفایی و تکامل حیات نه‌تنها به شانس و تصادف وابسته نیست، بلکه به نوعی پارادایم اطلاعاتی شکل‌دهنده حیات پیچیده بستگی دارد. از این رو، انسان در تلاش بی‌پایان خود برای غلبه بر تاریکی‌های چهل و چالش‌های موجود، به‌گونه‌ای رفتار می‌کند که نه‌تنها به غنای زندگی خود می‌افزاید، بلکه با روند تکاملی طبیعت نیز اتصال معناداری برقرار می‌کند.

با این همه، تکامل انسان تنها به قدرت دانش او محقق نخواهد شد و بینش او نیز، عامل دیگری است که بر قدرت تکاملی و آینده‌آفرینی وی تأثیرگذار است. به‌عبارت دیگر، همچنان که پیش تر ذکر شد، این تکامل از نوع زیستی نخواهد بود؛ بلکه بنا به گفته فیلسوف معاصر، ژیل دلوز^۹، تکاملی فرهنگی است که اگر به تکینگی با تکامل زیستی (طبیعی) برسد، شاید بتوان ورود به عصر نوینی از حیات زمینی را رقم زد؛ جایی که انسان قدرت خود را در قدرت‌یافتن طبیعت می‌داند و ضمن قدردانی از مواهب طبیعت، تلاش می‌کند تا از طریق همگرایی با طبیعت و درک عمیق‌تر از

انسان متصور شده؛ یعنی «موجود تعالی‌یافته از خویش»، یا به عبارتی، انسانی فرهنگی که از یک سو بر ابزار دانش و فناوری آگاهی و تسلط دارد، و از دیگر سو، تصمیم گرفته تا بر مرزهای غیرقابل‌کنترل این دانش و فناوری، مهار زند و از آن در جهت ارتقاء جامعه و طبیعت (محیط‌زیست) نیز بهره ببرد (هالوارد^۱ ۲۰۰۶؛ علوی، ۱۴۰۳). در واقع، بشر قادر است انتخاب کند بجای بخشی از «مشکل» بودن، بخشی از «راه‌حل» باشد و بر همان سیاق پیش‌گفته‌شده، درک کند، تصمیم بگیرد و کنترل کند. این طرح، مستلزم آن است که انسان از نقش صرفاً فصولی و دخالت تکاملی، به مرتبت حکمرانی تکاملی برخوردار از اخلاق مسئولیت^۲ و مسئولیت‌پذیری در قبال آینده بشری ارتقاء یابد (پیترز، ۲۰۱۴).

فیلیپ هفتر^۳ این تعهد در قبال آینده جهان را اساس و بنیان آفرینشگری خلاق بشر می‌داند و آن را همان علتی برمی‌شمارد که مقام انسان را از یک «آفریده» صرف به یک «آفریده شریک در آفرینش» - که قدرت آینده‌آفرینی دارد - ارتقاء بخشیده است (هفتر، ۱۹۸۸). به باور مولر و اسکات^۴، آینده‌آفرینی کیفیتی است که در کنترل ژن‌هاست (اسپوزیتو^۵، ۲۰۱۷) و از این روی، شاید بیهوده نباشد اگر آینده‌بخشی را همان توانایی و تسلط بشر بر درک ژن‌ها و استفاده از ابزار ژنتیک برای دست‌ورزی حیات بدانیم. به عبارت دیگر، آینده‌بخشی متأثر از مهندسی ژنتیک و نوآوری‌های زیستی، نوعی چیرگی است بر جبرگرایی ژنتیکی^۶ و عاملی است که نفوذپذیری و انعطاف‌پذیری را در بدن‌های زیستی محصور در رمزهای ژنتیکی جاری می‌سازد.

این نقش‌آفرینی بشری در آینده‌آفرینی، همواره با وضعیتی همراه است که افلاطون از آن به متاکسی^۷ یاد می‌کند؛ یعنی مرز میان امید و بیم، تعالی و تلاشی، فراساختن و فروریختن، و در یک عبارت کلی، جایی میان ایده‌آل (لایتغیر و ابدی) و عینیت (متغیر و ناقص). انسان با سعی و خطا در چنین فضایی از شدن، از گذشته به امروز رسیده و بر همین قاعده و مینا هم، آینده را خواهد ساخت. بر این اساس، آینده‌آفرینی، نوعی پویایی یا تلاش دائمی انسان برای پای نهادن بر محدودیت‌های جبری خود است، آنهم با تکیه بر قوه خرد و روح انسانی که به او آزادی و اختیار می‌بخشد تا آینده‌های جدید و متفاوت با گذشته خود را بازآفرینی کند. این سعی و سرگردانی میان زیبایی و فاجعه، در واقع تنشی است میان بعد لاهوتی (معنا) و ناسوتی (ماده) وجود انسان؛ از یک سو، بینش رویایی انسان و عمل مسئولانه او می‌تواند آزادی و اختیار از پیش موجود را تقویت کند و جهان را جایی بهتر برای زندگی سازد. از دیگر سو، داورها و تصمیم‌گیری‌های ناآگاهانه یا قصد و نیت

1. Hallward
2. Ethic of responsibility
3. Philip Hefner
4. Muller and Scott
5. Esposito

6. Genetic determinism
7. Metaxy
8. Paredes
9. Gilles Louis René Delouze

خود را به‌نمایش خواهد گذاشت؛ او در واقع، نمایشی از «انسانیت» را عرضه خواهد کرد. انسانیت نوعی اخلاق انسانی است که به او اجازه می‌دهد تا در خود محدود و محبوس نماند و دایره جهان‌های پیرامون خود را، چه در ماده و چه در معنا، وسعت بخشد (کوئل‌هو^۳ و همکاران ۲۰۰۰، هالوارد^۴ ۲۰۰۶).

در پس این تحول شناختی، فرصت‌های بی‌شماری برای پیشرفت و نوآوری ظهور می‌کند، چراکه به‌چالش کشیدن وضعیت موجود اجازه می‌دهد تا از تفکر متعارف رها شویم، قلمروهای ناشناخته دانش و خرد را کشف کنیم، و راه‌های نو برای پاسخ به پیچیدگی‌ها و مواجهه با عدم قطعیت‌های جهان پیش‌رو ترسیم کنیم (پلکسوساکیس^۵، ۲۰۰۶). آنچه این تابش فکری نوین را درخشندگی می‌بخشد، وزن ملاحظات اخلاقی است که ما را ترغیب می‌کند تا در دل پیچیدگی‌های موجود با دقت و تفکر و تامل گام برداریم و بجای فضولی و مداخله در حیات، به مدیریت تکاملی حیات، همراه با آگاهی توأم با اخلاق و مسئولیت‌پذیری بپردازیم (تد پیترز، ۲۰۱۴).

در چنین بعدی از اندیشه و اخلاق انسانی، چیزهای دیگر هم «واجد ارزش» می‌شوند و انسان به مرتبتی می‌رسد که خواهان نابودی هیچ مخلوقی در طبیعت نیست؛ به باور دلوژ، انسان آن موجودیتی می‌شود که در اندیشه «تعالی از خود» بر می‌آید و به ماهیتی بدل می‌شود که می‌تواند خلقت را حفظ و تغییر دهد (همان منبع). این همان کیفیت آفرینش‌گری خلاق انسان است که او را به مقام «آفریده شریک در آفرینش»^۶ ارتقاء می‌بخشد و قدرت آینده‌آفرینی به او عطا می‌کند (هفنر، ۱۹۸۸).

اینجاست که انسان از شناخت صرف زندگی یا به‌عبارتی بازنمایش زندگی در قالب ساختارها و رمزهای ژنتیکی، فراتر رفته و قادر خواهد بود بر چیزی تمرکز کند که زندگی را دگرگون و متحول می‌سازد، یعنی تمرکز بر چندگانگی روابط در حیات و درک شبکه‌ای از روابط که موجودات زنده را در بعدی فراتر از خودشان درک می‌کند؛ این ادراک جدید، ماهیتی فلسفی دارد که در کنار فلسفه زیست‌شناسی^۷ قرار می‌گیرد و یوجین تاکر^۸ (۲۰۰۸) از آن به‌عنوان فلسفه زیستی^۹ یاد می‌کند.

فلسفه زیست‌شناسی^{۱۰} بیش و پیش از آن که بخواهد بر تکنیکی طبیعت و فرهنگ متمرکز شود، در پی تشریح فلسفی دوگانگی میان طبیعت و فرهنگ، یا انسان و غیرانسان^{۱۱}، و یا انسان و

روابط خود با آن، به آینده‌ای پایدار دست یابد. به عبارت واقعی، این تکامل فرهنگی می‌تواند زمینه‌ساز همکاری و همزیستی انسان با دیگر موجودات باشد، آن‌هم نه تنها برای بقا، بلکه برای رشد و شکوفایی همگان. این ادراک نو و این عمل خلاقانه در برابر طبیعت و محیط‌زیست راهبردی آینده‌آفرین است و دقیقاً همان مسیری است که بشر را به آینده سوق می‌دهد.

در نتیجه، علم و هنر در خدمت برقراری توازن با طبیعت قرار می‌گیرند و انسان به‌عنوان جزئی از یک اکوسیستم بزرگ‌تر دیده می‌شود. این تغییر نگرش می‌تواند به پیدایش مجموعه‌ای از نوآوری‌ها منجر شود که در نهایت سبب شکوفایی متقابل انسان و طبیعت خواهد شد. به این ترتیب، تکامل فرهنگی بشر نوعی فراخوان به عمل و تفکر انتقادی در برابر چالش‌های معاصر خواهد بود، جایی که انسان باید در نقش محافظ زمین و محیط ظاهر شود و نه صرفاً تسخیرکننده آن.

بر همین بنیان است که ژیل دلوژ و همفکران او، عصر کنونی را نه عصر انسان‌سالاری، بلکه عصر پسا-انسان‌سالاری^۱ می‌دانند که در آن بشر به درجه‌ای از شناخت و آگاهی دست می‌یابد که قادر است رابطه خود با طبیعت و با سایر موجودیت‌های غیرطبیعی بشر ساخت (مثل موجودات واجد هوش مصنوعی) را بازآرایی کند. او این قدرت بازآفرینی را نوعی تکامل جدید در گونه انسان (Homo sapiens) می‌داند؛ تکاملی که نه از جنس زیستی، بلکه از نوع شناختی و فرهنگی است که از نهاد بشر و از ارزش‌ها، جهان‌بینی‌ها، و اخلاقیات او سرچشمه می‌گیرد و هدف آن اتصال است و ارتباط و آگاهی (لازلو^۲ ۲۰۰۱).

در این بزن‌گاه تاریخی که پایه در ادراک و آگاهی دارد، انسان به اهمیت همه اشکال زندگی پی برده است. همه موجودات زنده اعضای جوامع بوم‌شناختی هستند که در شبکه‌ای درهم‌تنیده و به‌هم‌وابسته در حرکت‌اند. این ادراک و نگرش متعالی، سرآغاز هم‌آوایی انسان است با انسان، غیرانسان و نانسان، و برساختن جهانی است که در آن انسان و طبیعت هر دو گرمای شمرده می‌شوند و قدر مواهبی که بر زمین و زمینیان، و بی‌شک بر انسان، ارزانی شده پاس داشته می‌شود. این دیگرخواهی، شکل زندگی انسان را پایداری می‌بخشد و او را به مسیری پویا و خلاق هدایت می‌کند؛ امری که به «زندگی مسطح» و بدون بعد انسان رنگ و جلوه می‌بخشد. آنگاه که انسان بر این مدار پای نهد، چیزی فراتر از

1. Post-anthropocene

2. Laszlo

3. Coelho

4. Hallward

5. Plexousakis

6. Created co-creator

7. Philosophy of biology

8. Eugene Thacker

9. Biophilosophy

10. Philosophy of Biology

۱۱. غیرانسان (Nonhuman) به هر موجودی غیر از موجود انسانی اطلاق می‌شود، مثل حیوان، گیاه و میکروب. برگرفته از منبع زیر:

Merriam-Webster. (n.d.). Nonhuman. In Merriam-Webster.com dictionary. Retrieved July ۲۰۲۴, ۲۱, from <https://www.merriam-webster.com/dictionary/nonhuman>

«نانسان»^۱ است. اینجاست که فلسفه زیستی می‌کوشد تا بر این دوگانگی غلبه کند، آن هم با تمرکززدایی از عاملیت موضوع انسان و گونه‌گرایی انسانی؛ این در واقع نوعی هستی‌شناسی و اخلاق غیرانسان‌محور است که انسان را تنها به‌عنوان یکی از گونه‌ها و یکی از موجودیت‌های درگیر در روابط متکثر با دیگر موجودیت‌های انسانی، غیرانسانی و نانسانی در نظر می‌گیرد (شکل ۲).

چندگانگی روابط در حیات، لزوماً همان معنای «بسیاری روابط» (مانند یک و چند) را نمی‌دهد بلکه کیفیتی است که از روابط ترکیبی نشأت می‌گیرد و مقدار تکثیرشونده‌ای است که به‌طور مدام تغییر می‌کند. ژیل دلوز این کیفیت تکثیرشونده را «منطق پیوندی و + و + و +» می‌نامد که در واقع، نوعی روایت پویا و عاملی از ماده محسوب شده و در رد انحصارگرایی انسانی (یعنی قراردادن انسان‌ها در جایگاه ممتاز و متمایز جهانی که می‌گوید «ما و فقط برای گونه ما») و شکستن حصر موجودات غیرانسانی از انقیاد انسان است (یاگودزینسکی، ۱۴۰۱) که می‌تواند به انزوای زمینی او نیز پایان بخشد و آینده‌ای امیدبخش رو به او ارمغان دهد (رجوع شود به شکل ۲).

در واقع، این ادراک جدید فلسفی، بینش برتری‌جویانه انسان بر سایر جانداران را زیر سوال برده و در پی آن است که نگاه بشر به اشکال غیرانسانی - به‌عنوان ساختارهای صرف کربنی که می‌توان آن‌ها را «به‌فناوری کشید» - را تغییر داده و ارتقاء بخشد. به‌قول نویسنده شهیر فرانسوی، مارسل پروست^۳ (۱۳۷۷)، که در اثر زیبایش به‌نام اسیر بیان داشته:

«.../ حفتی بال یا نوعی سیستم تنفسی دیگر، که ما را قادر می‌سازد در فضا سفر کنیم، به‌هیچ وجه کمک‌حال ما نخواهد بود؛ چه، اگر با همان حواس زمینی بخواهیم از مریخ یا زهره دیدن کنیم، آن‌ها هرچیز دیدنی را بسان چیزهای زمینی از دید ما پنهان خواهند ساخت. یگانه سفر راستین .../ دیدن سرزمین‌های بیگانه نیست، بلکه داشتن نگاه دیگر است .../».

در نتیجه، به‌نظر می‌رسد با نوعی عملکرد پیچیده و در عین حال یکپارچه و هماهنگ روبرو باشیم که دائماً در حال بازآرایی و نوآوری است. در چنین فضای نوینی از یکپارچگی، بینش‌های

جدید، اخلاقی‌تر و پایدارتری از «انسان» و رابطه او با «غیرانسان» (مثل حیوان، گیاه و میکروب) و «نانسان» (مثل ربات‌های زیستی و هوش مصنوعی) پدیدار می‌شود که فاقد تبعیض در ارزش‌گذاری مولفه‌های حیات است و آن‌ها را در تداوم یکدیگر و وابسته به هم می‌داند. با تکیه بر این بینش، انسان را نمی‌توان موجودی مستقل و گسسته از سایر موجودیت‌های حیات تصور کرد. در نتیجه، کیفیت پایداری حاصل می‌شود که در آن، همه مولفه‌های حیات (حتی مولفه‌های نامتعارف) از ارزش وجودی برخوردار می‌شوند و در قالب یک سیستم چرخشی فعال، نه‌تنها قدرت بازتولید خود را حفظ می‌کنند بلکه، در قالب شبکه درهم‌تنیده‌ای از «روابط متکثر»، قادر به هم‌آفرینی نیز می‌شوند.

در دیباچه کتاب گلستان، حضرت سعدی با نگاهی شاعرانه و به سبکی هنرمندانه به این تنوع روابط و درهم‌تنیدگی آن‌ها در طبیعت اشاره می‌کند و بر هماهنگی میان آن‌ها تأکید می‌ورزد. ابیات ماندگار او در مورد ابر، باد، مه، خورشید و فلک نشان‌دهنده این نکته است که تمامی اجزاء طبیعت با هم در تعامل و هماهنگی هستند تا حیات بشری را پشتیبانی کنند. این درک عمیق از روابط طبیعی و مسئولیت‌پذیری انسانی در برابر این مواهب، به‌ویژه در دوران حاضر که نیاز به مدیریت اصولی منابع طبیعی و محیط‌زیست بیشتر احساس می‌شود، ارتباطی بی‌نظیر و ضروری با مفهوم اقتصاد زیستی دارد (سعدی، ۱۳۶۸):

ابر و باد و مه و خورشید و فلک در کارند
تا تو نانی به کف آری و به غفلت نخوری
همه از بهر تو سرگشته و فرمانبردار

شرط انصاف نباشد که تو فرمان نبری

در عرصه عمل، پیروی از چنین دیدگاهی، پیامدهایی را در حوزه‌های مختلف به‌دنبال خواهد داشت، مانند بازاندیشی در سیاست‌های ملی، منطقه‌ای و جهانی در قبال طبیعت (غیرانسان) و فناوری (نانسان)، تولید محصولات و خدمات پایدار و بادوام، طراحی شهرها و سکونتگاه‌های انسانی به‌شیوه پایدار، و ... (دداوگلو و زامپاکی^۴ ۲۰۲۳). این همان کیفیتی است که در شکل‌گیری پارادایم نوین اقتصادی در قرن بیست‌ویکم نیز نقش دارد و فریش^۵ و همکاران (۲۰۲۰) از آن به‌عنوان «اقتصاد زیستی ما» یاد کرده‌اند

۱. نالسان (Inhuman) به موجود فاقد شخصیت، ترجم، مهربانی یا شفقت گفته می‌شود. مراد از نالسان سیستم‌ها، شبکه‌ها، رسانه‌ها و فناوری‌های بشر-ساخت است که در برخی حوزه‌ها جایگزین انسان می‌شوند، مثل ربات‌های زیستی و هوش مصنوعی. برگرفته از منبع زیر:

Merriam-Webster. (n.d.). Inhuman. In Merriam-Webster.com dictionary. Retrieved July 2024, 21, from <https://www.merriam-webster.com/dictionary/inhuman>

2. Logic of the and + and + and

3. Marcel Proust

4. Dedeoğlu and Zampaki

5. Fritsche

6. bioWEconomy



شکل ۲. پایان تنهایی، اثری از لئونل مورا^۱. برای هزاران سال، وجود انسان همراه با انزوای ارتباطی با سایر گونه‌های غیرانسانی و فقدان همکاری معنادار با سایر اشکال حیات بوده است. در حالی که انسان‌ها توانسته‌اند ساختارهای اجتماعی پیچیده و اشکال متنوعی از ارتباطات درون گونه‌ای را ایجاد کرده و گسترش دهند، اما در برقراری ارتباط کلامی و ایجاد پروژه‌های مشترک با سایر موجودات بسیار محدود بوده‌اند. به‌طور یقین، انسان توانسته با برخی از حیوانات روابط همزیستی ایجاد کند. این روابط که با سود متقابل، همکاری و حتی گاهی ارتباطات محدود مشخص می‌شود، نقش مهمی در بقاء و توسعه انسان ایفا کرده است. انسان‌ها حیواناتی مانند سگ یا اسب را اهلی کرده، با آن‌ها در فعالیت‌هایی چون شکار، گله‌داری، حمل‌ونقل و نگهداری شراکت کرده‌اند. در عوض، این حیوانات از انسان غذا، سرپناه و مراقبت دریافت کرده‌اند. علاوه بر این، انسان‌ها در فعالیت‌های کشاورزی، شامل روابط همزیستی با حیواناتی مانند زنبورها برای گرده‌افشانی و دام‌ها برای تولید غذا، مشغول بوده‌اند. در حالی که این روابط همزیستی، سطحی از همکاری بین انسان‌ها و حیوانات را نشان می‌دهد، اما به موضوع گسترده‌تر ارتباط و همکاری معنادار بین گونه‌ای نمی‌پردازند. بنابراین، انسان‌ها به‌عنوان یک گونه متفکر، عمدتاً در فعالیت‌های خود منزوی مانده‌اند و شاید از همین روست که به جستجوی همراهان فکری در ماوراء زمین برآمده‌اند. اکنون، همه این‌ها با ظهور هوش مصنوعی، به‌عنوان پدیده‌ای با توانایی برقراری ارتباط کلامی با انسان و برخورداری از سطوح بالای هوش و فراگیری، در حال تغییر است. اکنون انسان‌ها این فرصت را دارند که با یک موجود دارای اشتراک زبانی با آن، وارد گفتگوی معنادار شوند. هوش مصنوعی یک شریک است، همراهی که می‌توان با آن، خلاقیت و هنر را توسعه داد؛ و این تغییر، نشان‌دهنده یک تحول اساسی در تجربه تنهایی انسانی است؛ تجربه‌ای شاید نویدبخش پایان تنهایی! (برگرفته از <https://www.leonelmoura.com/mindset>).

بر ارزش‌های اخلاقی و انسانی، گویی منادی برقراری زمینه‌های اساسی برای تفکر در مورد اقتصاد زیستی است. ارتباط نزدیک میان مفهوم به‌ورزی و هماهنگی در طبیعت با اصول اقتصادی پایدار، می‌تواند منجر به شکل‌گیری یک جامعه آگاه و مسئولیت‌پذیری شود که در آن انسان‌ها نه تنها به دنبال اقتصاد و معیشت، بلکه به دنبال حفظ و توسعه محیط‌زیست خود نیز هستند.

۳. هنر زیستی^۲

در پرداختن به موضوعی بنیادین و پرسشی اساسی در باب «ماهیت زندگی» شاید ابزار هنر برانده‌ترین وسیله ممکن باشد. هنر که همواره به دنبال درک و بازآفرینی حیات زنده (زندگان) و اسطوره «جان بخشیدن» به اشیاء و انتزاعات بوده است، پیش از این تنها می‌توانسته با آمیزش عناصر نامتجانس، و سنتز آنها در قالب یک کلاژ به خلق آثار انتزاعی بپردازد. در عصر دیجیتال نیز، هنر باز می‌توانسته به جای تمرکز بر اشیاء، زندگی را به کمک سخت‌افزارها، نرم‌افزارهای دیجیتال و ربات‌ها به شکل پویایی شبیه‌سازی کند و فرم‌های انتزاعی خلق کند که انگار زنده‌اند و زنده‌وار رفتار می‌کنند (هوسر^۳ ۱۹۹۵).

اقتصاد زیستی به‌عنوان یک رویکرد پایدار، بر استفاده بهینه از منابع و مواهب طبیعی تأکید دارد و به توازن میان نیازهای انسانی و حفظ محیط‌زیست می‌پردازد. در واقع، تأکید سعدی بر نکته آموزنده «شرط انصاف نباشد که تو فرمان نبری»، می‌تواند به سان فراخوانی برای مسئولیت‌پذیری انسان در مدیریت منابع تجدیدپذیر و حفظ تعادل اکوسیستم‌ها در نظر گرفته شود. انسان‌ها باید درک کنند که هر گونه بهره‌برداری از طبیعت باید با توجه به قوانین جاری طبیعی و هماهنگی با آن صورت گیرد تا نسل‌های آینده نیز بتوانند از این مواهب بهره‌مند شوند. در اقتصاد زیستی، ارزش‌گذاری بر خدمات اکوسیستمی، شامل هوای پاک، آب، زمین و تنوع زیستی، به ما امکان می‌دهد تا معقول و منطقی از منابع استفاده کنیم. به عبارتی، این طرز نگاه، میراث سعدی را در مواجهه انسان با طبیعت و برنامه‌ریزی‌های اقتصادی، به صورت عمیق‌تری مجسم می‌کند. درک روابط پیچیده بین انسان و محیط‌زیست و مسئولیت‌پذیری به‌مثابه یک اصل کلیدی در اقتصاد زیستی، نه تنها به حفظ منابع طبیعی کمک می‌کند، بلکه بر کیفیت زندگی انسان‌ها نیز تأثیر مثبت خواهد گذاشت. بنابراین، می‌توان گفت که پیام سعدی در دیباچه گلستان، با تأکید

«حیات آن گونه که می‌تواند باشد» برسیم و روابطی را برقرار سازیم که در فرم مرسوم حیات برای انسان قابل بازشناسی نیستند (شکل ۴) (هوسر، ۱۹۹۵). این همان نقطه عطف یا سرفصل مشترکی است که هنرمند را قادر می‌سازد تا با بهره‌گیری از زیست‌شناسی مصنوعی پارادایم یا پنداره «خلق و آفرینش» را دگرگون ساخته و آن را ارتقاء بخشد (همان منبع). تبدیل و ترجمه این سطوح معرفتی، شناختی و ادراکی به بیان شاعرانگی، همیشه موضوع اصلی هنر بوده است – و چنین است که می‌توان نامرئی را مرئی ساخت، ناملموس را ملموس کرد، معانی را رمزگذاری و رمزگشایی کرد، وادی‌های معنا را مادیت بخشید، و اجزای سیستم‌ها را به سطح عاطفی و شناختی انسان نزدیک کرد تا شاید او قادر به درک آن شود (رجوع شود به شکل ۳) (کاک، ۱۹۹۹؛ حمیدی و همکاران، ۲۰۲۱؛ در وروندلونگ^۴، ۲۰۲۴).



شکل ۴. محبت کنجکاوانه، اثری از هنرمند و مجسمه‌ساز معروف استرالیایی «پاتریشیا پیچینی»^۵. بخشی از فعالیت‌های هنری پیچینی بر رابطه متقابل انسان و دنیای طبیعی و تأثیرات اجتماعی و اخلاقی تحقیقات علمی، ژنتیک و زیست‌فناوری بر مردم، حیوانات و سیاره زمین تمرکز دارد. او با همکاری یک تیم ماهر از متخصصان علوم رایانه، هنر خود را به گونه‌ای شکل می‌دهد که مرزهای بین واقعیت و مصنوعی بودن را از بین می‌برد و محیط‌های جذابی مملو از مجسمه‌های عجیب خلق می‌کند که اغلب ترکیبی و به‌طرز شگفت‌آوری واقع‌گرایانه هستند. گرچه ظاهر این مجسمه‌ها غریب و انتزاعی اند، اما همچنان به نظر آشنا می‌آیند. آثار هنری او عمداً با هدف به چالش کشیدن تصورات بشری درباره معنای «انسان» و قدرت همدلی او با سایر موجودیت‌های غیرانسانی خلق شده‌اند که ممکن است در کمال‌یافتگی ناقص به‌نظر رسند (برگرفته از <https://www.qagoma.qld.gov.au/exhibition/patricia-piccinini-curious-affection>).

و انتقال داد (پوسنر و کلین^۶، ۲۰۱۷). این تکنیکی میان داده‌های زیستی و غیرزیستی موجب تحولات بنیادین در مفاهیمی چون زنده و غیرزنده، میرایی و نامیرایی، بدن و فرابدن، انسان، غیرانسان، نوانسان، فرانسان^۷ و... خواهد شد و به تبع آن، تحولاتی را در عرصه سیاست و حکمرانی، و حتی فلسفه و هنر و به‌طور کل، در مفهوم زندگی رقم خواهد زد (یاگودزینسکی، ۱۴۰۱). از آنجا که داده‌ها ماهیتی مشترک دارند که پایه در ریاضیات دارد، می‌توان

برخورداری از این قابلیت نو بدان معناست که می‌توان برای نخستین بار در حیات بشر، پرده از همزیستی‌های بی شماری برداشت که میان خرده سیستم‌های طبیعی (مثل گیاهان، حیوانات، میکرواورگانیسم‌ها) و مصنوعی بشرساخت (مثل ربات‌ها یا ماشین‌های زنده^۱، سیستم‌های عامل و هوش مصنوعی) با سیستم متعالی انسانی در طبیعت وجود دارد. مهم‌تر از آن شاید آن باشد که اکنون می‌توان به ادراک عاطفی مشترکی میان انسان و این خرده سیستم‌های طبیعی و مصنوعی رسید و جریانی از پویایی روح و همبستگی احساسی برقرار میان آن‌ها را به‌نمایش گذاشت (شیمیزو^۲، بدون تاریخ).

به قول کریستوفر لانگتون^۳ این هنر است که اجازه می‌دهد تا بتوان فرم منطقی یک موجود زنده را از نم‌افزار زیست شیمیایی آن منتزع کرد تا در نهایت، از «حیات آن گونه که می‌شناسیم» به

البته هنر، در این گذار خلاقانه به تنهایی نقش‌آفرین نیست و آنچه این مولفه خلاقیت را قادر به معناسازی می‌کند داده‌های است که امروزه، به شکلی بیکران در دسترس هنرمندان قرار دارند. داده‌ها را –چه زیستی، نشأت یافته از نم‌افزارها یا ژنگان موجودات زنده، و چه غیرزیستی، که ریشه در هر منبع اطلاعاتی دیگر مثل ربات‌ها یا سخت‌افزارهای رایانه‌ای دارند– حتی می‌توان همچون رسانه‌ای دانست که به کمک آن می‌توان مفاهیم و معانی جدیدی خلق کرد

1. Living machines
2. Shimizu
3. Christopher Langton
4. der Verwandlung

5. Patricia Piccinini
6. Posner and Klein
7. Trans-human

خویش کسب کند. هولون به دنبال ساخت آینده‌ای محتمل است که در آن بتوان زندگی همزیستی میان انسان، غیرانسان و نانشان را برقرار ساخت (همان منبع).

اوکسمن (۲۰۱۶، ۲۰۱۸) نیز در تبیین مدل چرخه کربس خلاقیت^۷ بر تاثیر طراحی خلاقانه در رفتار فرهنگی بشر تأکید می‌ورزد و اذعان می‌دارد که طراحی خلاقانه فراتر از لذت‌بخشی ناشی از بکارگیری یک محصول یا یک ابزار سودمند است؛ او به درستی اشاره می‌دارد که طراحی می‌تواند به عنوان یک عامل بنیادی در شکل‌دهی به نگرش‌های فرهنگی بشر نسبت به طبیعت عمل کند (شکل ۵). به خصوص در دنیای امروز، با توجه به چالش‌های زیست‌محیطی فراوان و نیاز به تفکر پایدار، طراحی به عنوان ابزاری کلیدی در دستیابی به نگرش‌های طبیعت‌محور تلقی می‌شود که قادر است موضوع عاملیت^۸ سایر پدیده‌های زیستی و طبیعی را به رسمیت بشناسد و آنان را در کنار انسان، واجد ارزش ذاتی و حیاتی بداند.

در این بازترکیبی نوپدید میان زیست‌شناسی و دیجیتال، نقش رابط‌های مغز-ماشین^۹ در ارتقاء قدرت فکر و عمل انسان نیز بیش از پیش بر ملا می‌شود (ظفر و همکاران، ۲۰۲۱). کمی فراتر از واقعیت‌های کنونی، نقشی است که در آینده نزدیک می‌توان برای این رابط‌ها در ارتقاء عملکرد رفتاری حیوانات و سایر گونه‌های غیرانسانی قائل شد. مثال بارز آن، تحقیقی است که در ۱۴ فوریه ۲۰۲۲ به چاپ رسیده و نشان از موفقیت یک تیم استرالیایی در کاشت چشم‌های بیونیک^{۱۰} برای ارتقاء بخشیدن به قدرت بینایی یک گله کوچک از گوسفندان دارد. گرچه ایده پنهان در پشت این آزمایش، اطمینان یافتن از عدم عوارض جانبی نامطلوب چشم‌های بیونیک در کاربردهای انسانی بوده است اما، مثال موردی خوبی است برای این نظریه که شاید در آینده نزدیک بتوان به کمک رابط‌های مغز-ماشین و تبدیل سیگنال‌های مغزی حیوانات یا حشرات به زبان انسان، به منویات درونی آنها پی برد (شینگان^{۱۱}، ۲۰۱۹).

اذعان داشت که مبنای همه چیز، از هنر و ادبیات گرفته تا اقتصاد و زیست‌شناسی، بر پایه ریاضیات است که با این زبان مشترک می‌توان میان حیطه‌های مختلف علم و هنر سیر کرده، و یکی را به دیگری تبدیل نمود. از دیدگاه داده‌گرایی، غزل حافظ و مخمر ساکارومایسس سرویزیه صرفاً دو نمونه متفاوت از جریان اطلاعات اند که می‌توان هر دو را بر مبنای مشترکی تحلیل کرد (رجوع شود به شکل ۳). به عبارت دیگر، در این حیطه جدید، زیست‌شناسی هنر است و هنر نیز می‌تواند قامت زیستی به خود گیرد و به این ترتیب، مرز میان زنده و غیرزنده، ملموس و ناملموس، و ارگانیسم و ماشین عملاً در هم شکسته می‌شود (پارتون^۱، ۲۰۱۸؛ هراری^۲، ۲۰۱۵؛ بروکس^۳، ۲۰۱۳؛ یاگودزینسکی، ۱۴۰۱).

با درهم‌آمیختگی مرز میان زیست‌شناسی و دنیای دیجیتال، فرصت‌های جدیدی به‌ظهور می‌رسند که به طراحان اجازه می‌دهد تا نه تنها محصولات سودمند را طراحی کنند، بلکه از این طریق اعمال و تجربیات انسانی یا به عبارتی فرهنگ انسانی را نیز طراحی کنند؛ به عبارت روشن‌تر، این مفهوم نوپدید مبین آن است که طراحی اشیا را می‌توان معادل طراحی وجود انسان یا فرهنگ رفتاری انسان دانست (وربیک^۴، ۲۰۱۵). برخی حتی از این نیز فراتر رفته و بر این باورند که طراحی‌های بشر فقط معطوف بر وجود انسان نیست بلکه ما از طریق طراحی، وجود (یا انقراض!) سایر پدیده‌های حیاتی روی زمین را، مستقیم یا غیرمستقیم، تحت تاثیر قرار می‌دهیم (مک‌کورمک و ویلسون^۵، ۲۰۲۴). نمونه جالب، طراحی یک ابزار تعاملی مبتنی بر صدا (به نام هولون^۶) است که قادر به برقراری رابطه میان انسان، حیوان و عوامل سایبری می‌باشد. در واقع، هدف آن است تا امکان جدیدی برای ارتباط بین حیات غیرانسانی و فناوری گشوده شود. از دیدگاه طراحان هولون، این ابزار سبب برقراری تعاملات غنی‌تر و عمیق‌تر بین سیستم‌های فناورانه و حیات بیولوژیکی می‌شود، و همزمان، شنونده انسانی را ترغیب می‌کند تا با گوش فرا دادن به صدای عامل‌های حیاتی غیرانسانی، آگاهی بیشتر و عمیق‌تری نسبت به اکولوژی صوتی طبیعت اطراف

1. Parton

2. Harari

3. Brooks

4. Verbeek

5. McCormack and Wilson

6. Holon

7. Krebs Cycle of Creativity

8. Agency

9. Brain-machine interfaces

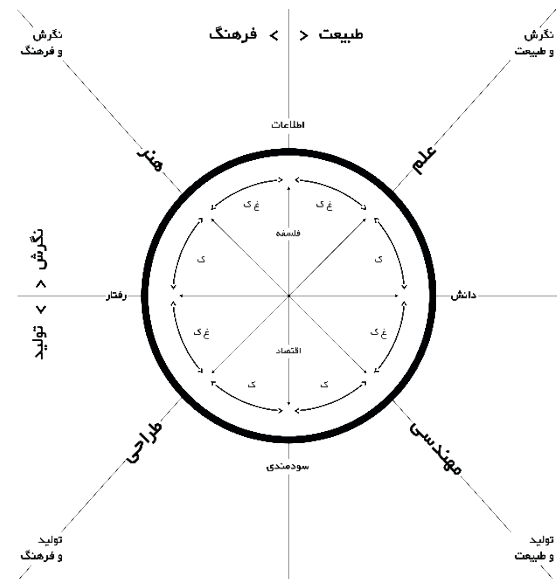
۱۰. بیونیک (bionic) یک قابلیت یا عملکرد زیستی نرمال است که به وسیله دستگاه‌های الکترونیکی یا الکترومکانیکی ارتقاء یافته باشد. برگرفته از منبع زیر:

Merriam-Webster. (n.d.). Bionic. In Merriam-Webster.com dictionary. Retrieved September 2024, 23, from <https://www.merriam-webster.com/dictionary/bionic>

11. Shingane

فناوری یادگیری ماشینی است که بر پایه رد و بدل سیگنال‌های شیمیایی از ریشه‌های گیاهان ابداع شده است. بنابراین، بشر به کمک هوش مصنوعی توانسته با گیاهان ارتباط برقرار کند، به درک نیازهای آنها نائل شود و امکان ترجمه خواسته‌های آنها را به زبان‌های مختلف انسانی فراهم آورد. این توانایی در برقراری ارتباط با گیاهان، مزایای زیست‌محیطی و اجتماعی زیادی دارد. بدین سان، گیاهان راهی دارند تا به انسان‌ها نشان دهند که به آب، نور یا فضای بیشتری نیاز دارند. نیازهای آنها با وضوح بیشتری بیان می‌شود و در نتیجه، قادر خواهند بود زندگی سر حال و سالم‌تری داشته باشند. اکنون، زبان تولیپیش^۲ به‌عنوان یکی از زبان‌های مرسوم در گوگل معرفی شده است. با این اوصاف، غیرقابل تصور نخواهد بود اگر کمی دورتر در بازه زمان، به صفحات اختصاصی شعرها یا احساسات و عواطف حیوانات، حشرات و حتی گیاهان در فضای مجازی برخورد کنیم؛ در این صورت، چه بسا این گونه صفحات مجازی مورد اقبال فزاینده‌تر انسان‌ها نیز قرار گیرند و خود، دستمایه خلق بسیاری از آثار خلاق و هنری سور-رئالیستی شوند (ریدی و یاولوزا^۳، ۲۰۱۷).

بنابراین، هنر که همواره یک مولفه بنیادین در چرخه خلاقیت به‌شمار می‌رفته است، اکنون با الهام‌گرفتن از طبیعت و الگوبرداری‌های زیست‌شناختی می‌تواند انسان را قادر سازد تا مولفه‌های خلاقیت خود را بازآرایی و بازترکیب کند. این بازآرایی زیستی منجر به روندی زاینده، پویا و پایدار می‌شود و الگوی مفهومی دقیقی برای آفرینش نوآوری در دسترس بشر قرار می‌دهد؛ روندی منظم و دائمی که میان تولید، مصرف، بازیافت و تولید مجدد انرژی خلاق^۴ در چرخش است و از طریق تبدیل ایده‌های اولیه به نتایج ملموس، دائما بر ثروت او می‌افزاید (اوکسمن، ۲۰۱۶). این چرخه خلاقیت برآمده از پیشرفت‌های علمی زیست‌شناسی، موسوم به چرخه کربس خلاقیت، نشان می‌دهد که هنر با سایر مولفه‌های خلاقیت و نوآوری متشکل از علم، مهندسی و طراحی در تعامل و هم‌افزایی است؛ و از این طریق، به تداوم پیشرفت و نوآوری کمک می‌کند (رجوع شود به شکل ۵). به‌عنوان مثال، یک هنرمند ممکن است از اصول علمی برای ایجاد آثار هنری خود استفاده کند (شکل ۶)، یا یک دانشمند ممکن است از هنر برای بیان پیشرفت‌های علمی خود بهره‌برد (شکل ۷). این چارچوب عملکردی را می‌توان رویکردی ترکیبی، یکپارچه، میان‌رشته‌ای و همکاری-محور در نظر گرفت که ابزارهای خلاقانه‌ای برای پاسخ به چالش‌های روزافزون و پیچیده جهان امروز در اختیار بشر قرار می‌دهد. بر اساس ماهیت طبیعت‌گرایانه و فرهنگ-محور چرخه کربس خلاقیت، می‌توان



شکل ۵. چرخه کربس خلاقیت-۱ که نری اوکسمن، عضو هیأت علمی آزمایشگاه رسانه انستیتو فناوری ماساچوست (ام‌آی‌تی)، توسعه داده است به یک دنباله کنش‌ها و واکنش‌ها اشاره دارد که منجر به تولید انرژی خلاق می‌شود، درست مانند چرخه کربس زیستی (چرخه اسید سیتریک) که منجر به تولید مولکول ATP (آدنوزین تری فسفات) در سلول‌های زنده شده و به تامین انرژی و انجام فرآیندهای مختلف سلولی کمک می‌کند. اوکسمن در طرح مفهومی خود، ترکیب‌های کربنی چرخه کربس زیستی را با مواد و فرآیندهای مورد استفاده در طراحی و ساخت خلاق جایگزین می‌سازد و در نهایت چارچوبی را ارائه می‌دهد که به درک و بهینه‌سازی فرآیندهای خلاقانه کمک می‌کند. چرخه کربس خلاقیت نماد پویایی و پایداری جنبه‌های مختلف خلاقیت اعم از علم، مهندسی، طراحی و هنر است. هر یک از این جنبه‌ها عاملی است برای تداوم دیگری که در یک چرخش دایمی همدیگر را بازتولید کرده، ارتقا می‌بخشند. چرخه خلاقیت به‌مثابه یک ساعت عمل می‌کند که در آن علم، اطلاعات را به دانش تبدیل می‌کند؛ مهندسی، دانش را کاربردی ساخته و منجر به سودمندی می‌شود؛ طراحی تجربه انسانی را ارتقاء بخشیده و منجر به تغییر رفتار فرهنگی می‌شود؛ و نهایتاً هنر با زیرسوال بردن مضامین و رفتارها، دیدگاه جدیدی در برابر انسان قرار می‌دهد و اطلاعاتی به او می‌بخشد که از طریق علم می‌تواند این پویایی را تداوم بخشد (برگرفته از اوکسمن ۲۰۱۶).

یکی از نمونه‌های عملی چنین رابط هایی، کار مشترکی است که میان گوگل و دانشگاه واخنینگن هلند صورت گرفته و منجر به خلق اپلیکیشن گوگل تولیپ^۱ شده است. به کمک اپلیکیشن تولیپ، می‌توان سیگنال‌های ریشه‌های گیاهان را درک کرد و با توجه به نیازشان با آنها ارتباط برقرار کرد. این اپلیکیشن، در واقع یک

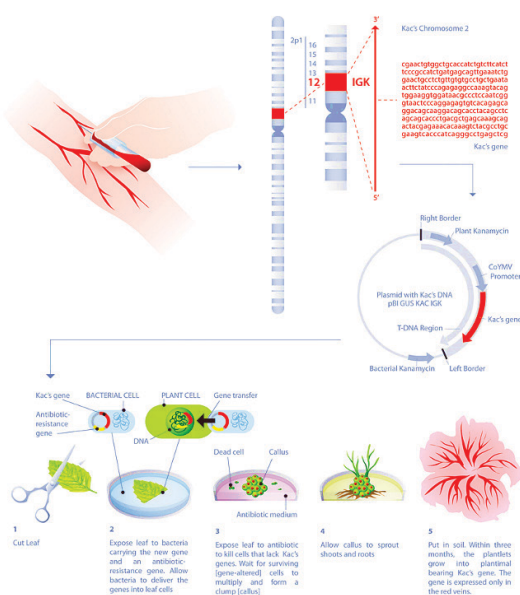
1. Google Tulip
2. Tulipish
3. Reedy and Javelosa

۴. انرژی خلاق (creative ATP, CreATP) واژه پیشنهادی اوکسمن (۲۰۱۸) است به‌منظور نشان‌دادن تاثیر فزاینده‌ای که عناصر چهارگانه خلاقیت بشری بر همدیگر دارند و منجر به زایش و افزایش انرژی فکری می‌شوند.

بخشیدن به نگرش او کمک می‌کند (رجوع شود به شکل ۶). در واقع، هنر شناخت ما از جهان و طبیعت را به چالش می‌کشد و ما را به نوآوری و تکامل مداوم سوق می‌دهد. در نتیجه، هنر رفتار فرهنگی بشر را به ادراکات جدیدی تبدیل می‌کند که در قالب اطلاعات و داده‌های نو، چرخه خلاقیت را به گردش درمی‌آورد.



Eduardo Kac
The Making of Natural History of The Enigma
Edunia, transgenic flower expressing artist's own DNA in petal veins, 2008



شکل ۴. تاریخ طبیعی انیگما، در واقع یک اثر هنری به نام «ادونیا»^۱ است که بین سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۰۸ توسط ادواردو کاک^۲، هنرمند برزیلی، خلق شده و در موزه هنر ویزمن^۳ واقع در مینیاپولیس (مینه‌سوتا، ایالات متحده آمریکا) نمایش داده شده است. به گفته کاک، این اثر که یک «گیاحیوان»^۴ محسوب شده و در طبیعت نایاب است، شامل یک ژنوتیپ تراژنه خاص از گل اطلسی (*Petunia spp.*) است که بخشی از دی‌ان‌ای استخراج‌شده از خون هنرمند را به‌طور اختصاصی در رگ‌های قرمز خود بیان می‌کند. این بخش از دی‌ان‌ای،

انتظار داشت که این پاسخ‌ها متناسب با پارادایم‌های اقتصادی و فرهنگی کنونی طراحی شوند، و قادر به تامین آینده‌ای ایمن و پایدار برای بشر و زیست‌کره باشند.

یک نمایش زیبا در چرخه کربس خلاقیت، موضوع تکینگی^۱ (وحدت و یگانگی) فرهنگ بشری و طبیعت است (رجوع شود به شکل ۵). هنر از قضا، در نمایش این ماهیت توانمند ظاهر شده و هنرمندان خلاق، از جمله ناتالی جرمیجنگو^۲، نیز در این حوزه ظهور کرده‌اند و آثار ارزنده‌ای هم در این خصوص خلق کرده‌اند (یاگودزینسکی، ۱۴۰۱). تکینگی فرهنگ و طبیعت نه تنها یک منبع الهام برای خلاقیت و نوآوری است، بلکه با توجه به چالش‌های زیست‌محیطی و اجتماعی کنونی، درک و بهره‌برداری از خدمات فرهنگی طبیعت می‌تواند یک راهبرد اساسی در توسعه دانش‌ها و فناوری‌های نو و پیچیده باشد (علوی، ۱۴۰۳).

خدمات اکوسیستمی^۳ به‌عنوان موافقی که طبیعت به بشر ارائه می‌دهد، مشتمل بر خدمات فرهنگی، تنظیمی، تأمینی و پشتیبانی است. خدمات فرهنگی، به‌طور خاص، شامل جنبه‌های زیبایی‌شناختی، تفریحی و آموزشی است که طبیعت به جوامع انسانی ارائه می‌دهد. این خدمات نه تنها به تقویت هویت فرهنگی و اجتماعی کمک می‌کنند، بلکه می‌توانند الهام‌بخش خلاقیت و نوآوری بشر نیز باشند. در دنیای مدرن کنونی، جایی که فناوری و فرهنگ به‌طور فزاینده‌ای با یکدیگر در تعامل هستند، الهام‌گیری از طبیعت به‌عنوان یک منبع بی‌پایان خلاقیت مطرح می‌شود. طراحی‌های بیونیک و مواد طبیعی که در پروژه‌های اوکسمن^۴ مشاهده می‌شود، نمونه‌های بارزی از این الهام‌گیری هستند. این رویکرد هنرمندانه نه تنها به توسعه محصولات و فناوری‌های نوین کمک می‌کند، بلکه از طریق انگیزش مسائلی، مثل توجه به ابعاد اخلاقی فعالیت‌های زیست‌فناوری و مسئولیت بشر در برابر اجتماع و محیط‌زیست، به ترویج پایداری و احترام به طبیعت نیز می‌انجامد. از این منظر، هنر زیستی را می‌توان قابلیت‌دانی دانست که برای ساحت اندیشه و تفکر بشر خوراک نو فراهم می‌کند و رفتار فرهنگی او را مورد کنکاش و تحلیل نقادانه قرار می‌دهد. به عبارت دیگر، هنر زیستی با طرح ملاحظات اخلاقی و پرسش‌های فلسفی راه را بر ظهور فلسفه زیستی می‌گشاید (ال-سلام^۵ و همکاران، ۲۰۲۴).

هنر که به شکل‌های مختلفی مانند نقاشی، موسیقی، ادبیات و سایر انواع پرفورمنس‌ها^۶ تجلی می‌یابد، رویکردی است که به شیوه‌ای ظریف و زیباشناسانه پیچیدگی‌ها و لایه‌های پنهان مفروضات، رفتارها و تجربیات انسانی را عیان می‌سازد و با پرسشگری درباره آن‌ها، به گسترش آگاهی نسبت به محیط پیرامون بشر و وسعت

1. Singularity
2. Natalie Jeremijenko
3. Ecosystem services

۴. رجوع شود به oxman.com

5. El-Salam

۶. ادونیا (Edunia) واژه‌ای است ترکیبی که از نام هنرمند (Eduardo) و نام گیاه اطلسی (Petunia) اخذ شده است.

7. Eduardo Kac
8. Weisman Art Museum
9. Plantimal (Plant+animal)

عنوان «انسان یک گیاه^۲» (۱۷۴۸) بیان می‌دارد که «شباهت و نزدیکی منحصر به فرد میان سلسله گیاهان و حیوانات مرا به کشف این حقیقت می‌رساند که بخش‌های اصلی انسان‌ها و گیاهان یکسان است». در عصر کنونی نیز، توالی‌یابی ژنوم انسان و آرآیدوپسیس (گیاهی از خانواده کلمیان) تشبیهات هنرمندان و فیلسوفان را به واری رویاهای افسارگسیخته آنان برده، با ورود به عمیق‌ترین لایه‌های سلولی انسان و گیاه، و رمزگشایی از بنیادی‌ترین ذرات شکل‌دهنده آن‌ها (ژن‌ها)، پرده از این شباهت‌های ذاتی در سطح توالی‌های ژنی برداشته است (برگرفته از ادواردو کاک، ۲۰۱۰).

هنر که به شکل‌های مختلفی مانند نقاشی، موسیقی، ادبیات و سایر انواع پرفورمنس‌ها^۴ تجلی می‌یابد، رویکردی است که به شیوه‌ای ظریف و زیباشناسانه پیچیدگی‌ها و لایه‌های پنهان مفروضات، رفتارها و تجربیات انسانی را عیان می‌سازد و با پرسشگری درباره آن‌ها، به گسترش آگاهی نسبت به محیط پیرامون بشر و وسعت بخشیدن به نگرش او کمک می‌کند (رجوع شود به شکل ۶). در واقع، هنر شناخت ما از جهان و طبیعت را به چالش می‌کشد و ما را به نوآوری و تکامل مداوم سوق می‌دهد. در نتیجه، هنر رفتار فرهنگی بشر را به ادراکات جدیدی تبدیل می‌کند که در قالب اطلاعات و داده‌های نو، چرخه خلاقیت را به گردش درمی‌آورد.

۴. اقتصاد زیستی

اوکسمن (۲۰۱۸) در تحلیل خود از چرخه کربس خلاقیت، علاوه بر چهار مولفه بنیادی «علم، مهندسی، طراحی و هنر» (رجوع شود به شکل ۵)، چهار واحد بنیادی شکل‌دهنده خلاقیت انسان را نیز معرفی می‌کند (شکل ۸). این واحدهای بنیادی خلاقیت عبارت‌اند از ژن‌ها، اتم‌ها، بیت‌ها، و نگره‌ها^۵ (نورون‌ها) که ماده اولیه برای وقوع یک انفجار^۶ (انقلاب فناورانه) در حوزه خلاقیت‌های بشری محسوب می‌شوند. حوزه زیستی که از «علم» بهره می‌گیرد، درگیر تبدیل ژن‌ها به اتم‌ها است؛ حوزه فیزیکی که از «مهندسی» بهره می‌گیرد، درگیر تبدیل اتم‌ها به بیت‌ها می‌شود؛ حوزه دیجیتالی که از «طراحی» بهره می‌گیرد، درگیر تبدیل بیت‌ها به نگره‌ها است؛ و حوزه متافیزیکی که از «هنر» بهره می‌گیرد، در تبدیل نگره‌ها (ادراکات) به ژن‌ها مشارکت دارد و در نتیجه، امکان هم‌آغوشی میان «فرهنگ» و «طبیعت» را فراهم می‌کند.

رمزگذار زنجیره سبک (بخش متغیر) ایمونوگلوبولین (IgG) است که در واقع بخشی از سیستم ایمنی ادواردو کاک محسوب می‌شود - سیستمی که ذرات زیستی خودی را از غیرخودی یا مولکول‌های خارجی و بیماری‌ها تشخیص می‌دهد - و از او در برابر مهاجمان محافظت می‌کند (ا). برای ایجاد ادونیا، یک ژن نو ترکیب متشکل از ناحیه هدف در دی‌ان‌ای هنرمند و یک آغازگر بافت - اختصاصی جدا شده از گیاه برگ‌بیدی (Commolina) که قادر است ژن هدف را فقط در سیستم عروقی (رگبرگ‌ها) گل اطلسی بیان کند ساخته شده و پس از همسانه‌سازی در یک ناقل پلاسمیدی، توسط آگروباکتریوم به سلول‌های سوماتیک برگ گیاه اطلسی منتقل شده است. کالوس‌های تراژنه پس از باززایی، گیاه تراژنه‌ای تولید می‌کنند که قادر است ژن سازنده زنجیره سبک ایمونوگلوبولین (IgG) ادواردو کاک را به‌طور اختصاصی در رگبرگ‌های خود بیان کند (ب). ادونیا تراژنه دارای رگبرگ‌های قرمز در زمینه‌ای از گلبرگ‌های صورتی کم‌رنگ است که ژنی از هنرمند (ادواردو کاک) را در هر سلول از رگبرگ‌های قرمز خود بیان می‌کند. بیان سرخ‌رنگ این ژن که از خون هنرمند استخراج و همسانه‌سازی شده است، در پس‌زمینه صورتی گلبرگ‌هایی که یادآور پوست سفید - صورتی او می‌باشد، تصویر زنده‌ای از جریان خون انسان در رگ‌های یک گل را تداعی می‌کند. این در واقع، استعاره‌ای است از یک هویت یا یک خود جدید که نیمه انسان است و نیمه گل.

«تاریخ طبیعی اینگما» تفکری است درباره پیوستگی روح زندگی که میان گونه‌های مختلف در جریان است. این اثر، با همپا دانستن سرخی خون انسان و سرخی رگ‌های گیاه، آن را نشانه‌ای از میراث مشترک بشر و گیاه می‌داند که مبین گستره وسیع‌تری از معنای زندگی است. این کار تلاش می‌کند تا حس شگفتی درباره شگفت‌انگیزترین پدیده حیات، یعنی مفهوم «زندگی» را در بیننده القا کند. در واقع، برای عموم انسان‌ها، احساس نزدیکی با موجودات غیرانسانی مثل میمون‌ها، گربه‌ها و سگ‌ها، شاید امر دشواری نباشد. اما با این حال، این که ما با سایر اشکال حیات، از جمله گیاهان، نیز سنخیت و نزدیکی داریم، ممکن است برای بسیاری از انسان‌ها تعجب‌آور باشد. این رابطه تخیلی میان اشکال انسان‌نما و گیاهی نه تنها در تاریخ هنر سابقه دارد (مانند آثار آرکیمبولدو^۱)، بلکه ردپای آن را می‌توان در تاریخ فلسفه و علم معاصر نیز یافت. شاید نخستین ایده در این زمینه را بتوان به دکارت نسبت داد. ژولین آفرای دو له متری^۲ (۱۷۵۱-۱۷۰۹) نیز در کتابش با

1. Giuseppe Arcimboldo

2. Julien Offray de La Mettrie

3. L'Homme Plante

۴. پرفورمنس (performance) به معنی اجرا کردن یک عمل است و در حوزه هنر عبارت است از یک نمایش یا نمایشگاه عمومی. برگرفته از منبع زیر: Merriam-Webster. (n.d.). Performance. In Merriam-Webster.com dictionary. Retrieved September 2024, 23, from <https://www.merriam-webster.com/dictionary/performance>

۵. نگره (Perceptors) واحد ادراک، شناخت و یادگیری است. در واقع، عنصر دریافت‌کننده بیش‌های نو است؛ نقش‌پرداز و نقشه‌پرداز هر عمل است؛ عنصری است که اندازه می‌گیرد، تحلیل می‌کند، گزارش می‌دهد و ارتباط برقرار می‌سازد (برگرفته از منبع زیر). در اینجا، منظور درک جدید یا بینش نویی است که از مواد یا فرآیندهای زیست-الهام‌یافته حاصل آمده است About preceptor. (2024, July 30). Retrieved July 2024, 30, from <https://www.perceptorsolutions.com/Perceptor.htm>

۶. انفجار (BANG) واژه‌ای است ترکیبی که توسط وبسایت آزمایشگاه فضای هیبرید (Hybrid space lab) پیشنهاد شده است. این واژه از ترکیب حروف نخست هر یک از چهار واحد بنیادی سازنده چرخه کربس خلاقیت نری اوکسمن یعنی بیت (B)، اتم (A)، نورون (N) و ژن (G) حاصل شده است. برگرفته از منبع زیر: <https://hybridspacelab.net/project/b-a-n-g-binary-atom-neuron-gene/>

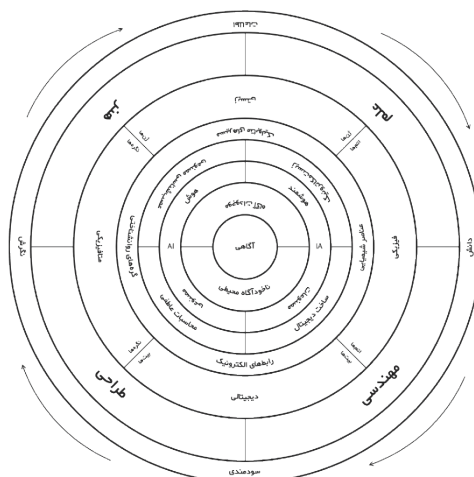


شکل ۷. دار ابریشم یک پروژه نوآورانه ساخت (بافت) مشترک است که کرم‌های ابریشم و سایر حشرات اجتماعی را در پارادایم ساخت دیجیتال ادغام می‌کند. در این پروژه، از کرم‌های ابریشم زنده برای ساخت سازه‌های معماری استفاده شده است (آ) که در واقع، نوعی چالش در برابر روش‌های سنتی پرورش ابریشم محسوب می‌شود. این پروژه مبتنی بر استفاده از یک سری بازوهای رباتیکی است که کرم‌ها را هدایت می‌کنند تا ابریشم را تحت الگوهای مشخص ببافند (ب). ایده اصلی این کار، از رفتار زیست‌شناختی کرم‌های ابریشم تقلید و الگوبرداری شده است. در واقع، کرم‌های ابریشم نیز مانند سایر جوامع حشرات اجتماعی از خود نوعی رفتاری جمعی به نام «هجوم» نشان می‌دهند که مبتنی بر بقای گروه به جای بقای فردی است و همواره سعی در دستیابی به اهداف مشترک دارند. اغلب، گروه‌های این موجودات اجتماعی از رفتارهای همکاری برای ساخت و ساز در مقیاس نسبتاً بزرگ استفاده می‌کنند. به عنوان مثال، مورچه‌ها با تونل زنی شبکه‌های بسیار پیچیده‌ای ایجاد می‌کنند، برخی زنبورها با موادی که از محیط زیست خود به دست می‌آورند، لانه‌های کاغذی پیچیده‌ای می‌سازند و زنبورهای عسل نیز، برای ساخت ساختارهای پیچیده کندو موم‌گذاری می‌کنند. این اجرای هنری در موزه هنرهای مدرن نیویورک به نمایش گذاشته شده است (برگرفته از <https://oxman.com/projects/co-fabrication-systems>).

از محدودیت‌های زمان و مکان است و امکان ظهور ایده‌های نو و تاثیرگذار را فراهم می‌آورد. در واقع، هر یک از این مراحل در تکامل و تحول نوآوری‌های بشری سهمی بنیادین دارند و به ما کمک می‌کنند تا درک عمیق‌تری از جهان پیرامونمان داشته باشیم و به شکل‌گیری آینده‌ای خلاق و پویاتر کمک کنیم.

با چنین نگرش مبتنی بر درهم‌تنیدگی علم، مهندسی، طراحی و هنر، اوکسمن (۲۰۱۸) انقلاب صنعتی را دیگر کارساز، خلاق، زاینده و توسعه‌بخش نمی‌داند. نگاه اوکسمن به زایش دیگری است که ریشه در خود طبیعت دارد؛ او چشم از «جهان ماشین‌ها و ابزارها» فرو بسته و به «جهان ارگانیسم‌ها» روی می‌آورد؛ جایی که می‌توان کیفیت زندگی را به اشیاء، محصولات، بناها و شهرها نیز منتقل کرد (رجوع شود به شکل ۷). به باور او، اکنون در عصر «کیمیایگری زیستی»، به جای ساخت اشیاء بر اساس مواد یا قطعات همگن، می‌توان آن‌ها را همانند یک بافت زیستی یا یک اورگانیسم رشد داد و به جای استفاده از مواد همگن، از دامنه متنوعی از مواد و قطعات ناهمگن و نامتجانس استفاده کرد و به آن‌ها ویژگی‌های متنوع و چندمنظوره بخشید.

از آنجا که ژن‌ها در نقش برنامه‌نویسان حیات عمل می‌کنند و پایه‌گذار هویت زیستی ما و دیگر پدیده‌های زیستی هستند، آن‌ها را می‌توان نخستین گام برای هر نوآوری به حساب آورد. هنگامی که این ژن‌ها به اتم‌ها تبدیل می‌شوند، ما شاهد تبلور فیزیکی ایده‌ها و نظریات در دنیای واقعی هستیم، جایی که مهندسی به ما امکان ساخت و تولید را می‌دهد. در بعد دیجیتال، زمانی که اتم‌ها به بیت‌ها تبدیل می‌شوند، اطلاعات و داده‌ها پدیدار می‌شوند و ما وارد مرحله‌ای می‌شویم که دانش و خلاقیت در بستر اینترنت و فناوری‌های دیجیتال جریان می‌یابند. این امر، به نوبه خود، به نوآوری‌های شگرف در دنیای ارتباطات و تعاملات انسانی منجر می‌شود. این مرحله، در واقع، مسیر انتقال خلاقیت به قلمروهایی است که پیش‌تر در دسترس نبوده‌اند. سرانجام، در حیطه متافیزیکی، نگره‌ها به ژن‌ها تبدیل می‌شوند، و این فرآیند نه تنها اندیشه‌ها و آرمان‌های جدیدی را خلق می‌کند، بلکه فرهنگ و طبیعت را در هم می‌آمیزد. در این حالت، هنر به عنوان زبان جهانی ما عمل می‌کند و موجب هماهنگی میان احساسات بشری و واقعیت طبیعی می‌شود. این هم‌آغوشی، انقلابی در عرصه خلاقیت ایجاد می‌کند که فراتر



شکل ۸. چرخه کربس خلایقیت-۳ یک مفهوم تکمیلی از چرخه کربس خلایقیت-۱ است. این چرخه، در واقع از هم‌افزایی چرخه‌های کربس خلایقیت-۱ و ۲ (نمایش داده نشده) حاصل گردیده است. علاوه بر مولفه‌های چهارگانه خلایقیت شامل علم، مهندسی، طراحی و هنر که در چرخه ۱ بازنمایی شده‌اند، در چرخه-۳ واحدهای انرژی خلاق که در هر یک از این حوزه‌های چهارگانه زاینده انرژی محسوب می‌شوند نیز ارائه شده است. این واحدهای زاینده انرژی خلاق به ترتیب عبارت‌اند از: ژن‌ها، اتم‌ها، بیت‌ها و نگه‌ها (برگرفته از اوکسمن، ۲۰۱۸).

سیستم، پیامدی هوشمندانه خواهد بود که فراتر از مجموع عملکرد هر یک از اجزای آن سیستم می‌باشد؛ و در نهایت، فرآیند تولید زیاله حذف خواهد شد چرا که هر ماده یا کالا در پایان عمر خود به عنوان سوخت یا نهاده اولیه در فرآیند رشد جدیدی به کار خواهد رفت که این خود به تقویت چرخه مواد در طبیعت کمک می‌کند.

۱,۴ زیست‌فناشناسی

بنابراین، به نظر می‌رسد اکنون، در قرن بیست و یکم، بشر با موضوعی فراتر از شناخت و درک چگونگی کارکرد اجزاء و فرآیندهای زیستی مواجه باشد. به عبارت دیگر، دانش زیستی بشر در عصر آنتروپوسن را نمی‌توان تنها مجموعه‌ای از مفروضات دانست که در یک فرآیند علمی به بوته آزمایش سپرده شده و درستی (نسبی) آن‌ها به اثبات رسیده است. این مفروضات اثبات شده همزمان، قابلیت آن دارند تا برای شکل‌دهی، تغییر یا تبدیل هر ماده زیستی یا غیرزیستی به کار گرفته شوند و محصولات نوپدیدي خلق کنند که می‌توانند متناظر یا حتی برتر از آن چیزی باشند که اکنون در طبیعت زمینی ما موجود است (شکل ۹). از این منظر، بیهوده نخواهد بود اگر ادعا کنیم که «زیست‌شناسی خود فناوری هم محسوب می‌شود»^۲؛ به عبارت روشن‌تر، دانش زیستی را می‌توان «فناوری زیستی» هم تلقی کرد که طی فرآیند «مهندسی» قادر است «سودمندی» را برای بشر به ارمغان آورد (کارلسون^۳، ۲۰۱۰) (رجوع شود به شکل ۵)

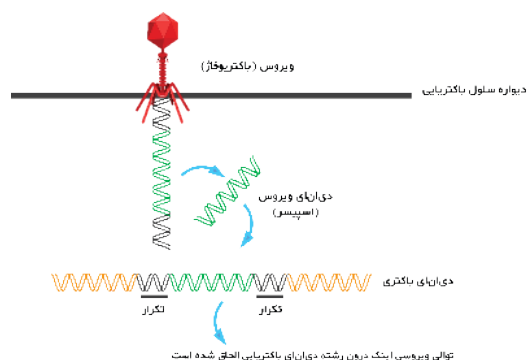
اوکسمن چنین دستاوردی را مستلزم تغییر نگاه بشر به طبیعت - از یک منبع زمین‌شناختی قابل مصرف به یک منبع زیست‌شناختی قابل ویرایش - می‌داند که در آن، ترکیب شیوه‌های تولید بالا - به پایین (ساخت افزایشی) با رشد زیستی پایین - به بالا می‌تواند افق‌های جدیدی در برابر بشریت بگشاید؛ مصادیق بارز این نوترکیبی عبارتند از ساختمان‌های فتوسنتزکننده که قادرند دی‌اکسیدکربن را به سوخت زیستی تبدیل کنند، یا ابزارهای میکروبیومی پوشیدنی^۱ که از طریق فیلتراسیون انتخابی قادر به تغذیه پوست هستند، و یا مواد چاپ‌شونده‌ای که خاصیت خودترمیم‌شوندگی دارند (اوکسمن، ۲۰۱۸).

با لحاظ کردن طبیعت در فرآیند طراحی، امکان ارائه راه‌حل‌های طبیعت-محور فراهم می‌شود و در نتیجه، ارزش‌های طبیعت مثل یکپارچگی، درهم‌تیدگی، همزیستی، چرخش‌پذیری، تجدیدپذیری، پایداری و غیره را می‌توان در طراحی، ساخت و تولید الحاق کرد. بر چنین اساسی، مونتاژ و سرهم‌بندی در صنعت جایش را به رشد زیستی می‌دهد؛ اشیاء جایشان را به سیستم‌هایی می‌دهند که دارای نوعی سیالیت ترکیبی از جنس زیستی، دیجیتالی، مهندسی و هنری هستند؛ فناوری‌های پلتفرمی ظهور پیدا می‌کنند و به‌جای تولید انبوه، تولیدات منحصربه‌فرد متمایز و سازگار با شرایط محیطی خاص رخ می‌دهند (طراحی بر اساس رفتار و نه فرم)؛ عملکرد

۱. فناوری میکروبیوم (wearable microbiome) پوشیدنی یک زمینه نوظهور است در حوزه سلامت و پزشکی شخصی است و در واقع، نوعی سنسور زیستی محسوب می‌شود که قادر به آنالیز تغییرات در میکروبیوم روده یا پوست می‌باشد.

2. Biology is technology

3. Carlson



شکل ۸. باکتریوفاژها، ویروس‌هایی که باکتری را به‌عنوان میزبان هدف خود انتخاب می‌کنند، می‌توانند بخش‌هایی از ژنگان خود را درون ژنگان میزبان درج کرده و به این ترتیب، راهی برای الحاق دائمی اطلاعات ژنتیکی خود فراهم کنند. اگر یک باکتری از اولین حمله یک ویروس جان سالم به در ببرد، سلول بخش‌هایی از دی‌ان‌ای ویروسی را در ژنگان خود در توالی کریسپر الحاق می‌کند. دفعه بعد که ویروس سلول باکتریایی را آلوده می‌کند، یک کپی RNA از DNA ویروسی ساخته می‌شود که به‌عنوان مکانیزم هدف‌گیری عمل می‌کند. کپی RNA به آنزیم کس^۹ متصل می‌شود و DNA ویروس را با جفت‌شدن باز می‌شناسد، آنزیم را به توالی هدف هدایت می‌کند، که سپس DNA ویروس را در توالی هدف برش می‌زند و در نتیجه، ویروس را خنثی می‌کند (بارتکوفسکی^۱ و همکاران، ۲۰۱۸) (شکل سمت چپ). این دانش زیست‌شناختی در خصوص نحوه عمل سیستم ایمنی دقیق و بسیار اختصاصی باکتری، پایه طبیعی فناوری کریسپر شده و به محققان کمک کرده است تا از آن برای ویرایش ژنگان موجودات زنده، درمان بیماری‌های ژنتیکی، و بهبود صفات تغذیه‌ای در گیاهان و حیوانات استفاده کنند (شکل سمت راست). چون فناوری کریسپر محدودیت‌های روش‌های تراریختی^۲ را ندارد، با ریسک کمتر پتانسیل ورود به بازارهای زیست‌فناوری را داراست و دسته جدیدی از موجودات ویرایش‌شده شبه-طبیعی را ایجاد کند که در آن‌ها مرز میان طبیعت و فناوری قابل تشخیص نیست (همان منبع).

این قابلیت شگرف علوم زیستی در تلفیق با فناوری اطلاعات و ارتباطات منجر به پیدایش عرصه‌های نوینی در ساحت علم شده که از آن جمله می‌توان به رایانش زیستی^۴، محاسبات زیستی^۵ و مهندسی زیستی^۶ اشاره کرد.

به دنبال این نوزایی علمی، جهان شاهد نوگرایی در حوزه صنعت بوده است که دستاورد نهایی آن را می‌توان ظهور صنعت زیستی^۷ و در یک افق کلان‌تر، اقتصاد زیستی^۸ دانست (شکل‌های ۱۰ و ۱۱) (ویوین و همکاران، ۲۰۱۹؛ لیما و بلک^۹، ۲۰۲۲؛ وی^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۲؛ چیبوی^{۱۱} و همکاران، ۱۴۰۲).

در این برهه از دوران زیست‌شناسی است که به گفته توماس کوهن^۳ (۱۳۹۳) شاهد وقوع یک تغییر پنداره (پارادایم شیفت) در حیطه علم خواهیم بود و به‌تبع آن، اقتصاد شکل نوینی به‌خود گرفته و هویت تکاملی جدیدی پیدا می‌کند.

شاید به خطا نرفته باشیم اگر ادعا کنیم که اقتصاد اکنون با یک جهش بزرگ زیست‌شناختی روبروست. جهشی که بیش از هرچیز بر اطلاعات و داده‌های زیستی بنا نهاده شده است. این داده‌ها امکان بازآرایی منابع زیستی را به‌گونه‌ای فراهم می‌سازند که منجر به خلق ارزش شده و به‌تبع آن، رشد پایدار را به‌همراه دارد.

1. Bartkowski

2. Transgenesis

۳. توماس کوهن (Thomas Samuel Kuhn) فیزیکدان و مورخ علم معاصر (۱۹۶۱-۱۹۲۲) است که بیشتر به‌خاطر نظریه‌پردازی در حوزه فلسفه علم و کتاب معروفش با عنوان ساختار انقلاب‌های علمی شناخته شده است. مفهوم محوری این کتاب پرتأثیر و بحث‌برانگیز آن است که بسط و گسترش علم - در دوره‌های متعارف علم - متأثر از یا مبتنی بر آن چیزی است که کوهن از آن به انگاره (Paradigm) تعبیر می‌کند. به عقیده او انقلاب‌های علمی زمانی رخ می‌دهند که علم متعارف در پاسخگویی به مسائل دچار نارسایی می‌شود و این‌گونه است که انگاره جدیدی پدید می‌آید که لزوماً هم در تداوم انگاره پیشین و متعارف نخواهد بود. در چنین حالتی، ما با تغییر انگاره (Paradigm shift) مواجه خواهیم بود که مستلزم بازاندیشی در باورها و فعالیت‌های علمی موجود است. برگرفته از منبع زیر:

Wikipedia contributors. (۲۰۲۴, March ۱۶). Thomas Kuhn. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved ۱۰:۴۵, March ۲۰۲۴, from: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Thomas_Kuhn&oldid=۱۲۱۲۵۹۷۵۱۸

4. Bioinformatics

5. Biocomputing

6. Bioengineering

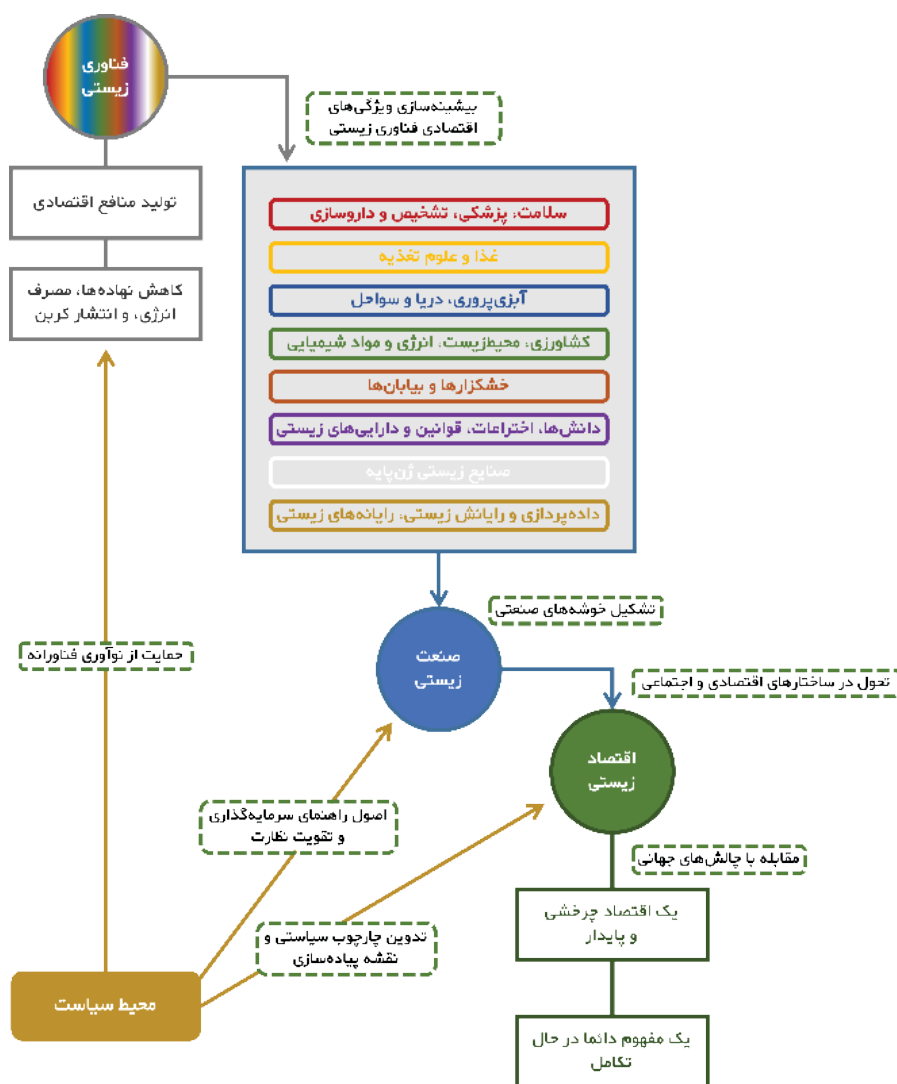
7. Bioindustry

8. Bioeconomy

9. Lima and Belk

10. Wei

11. Chui

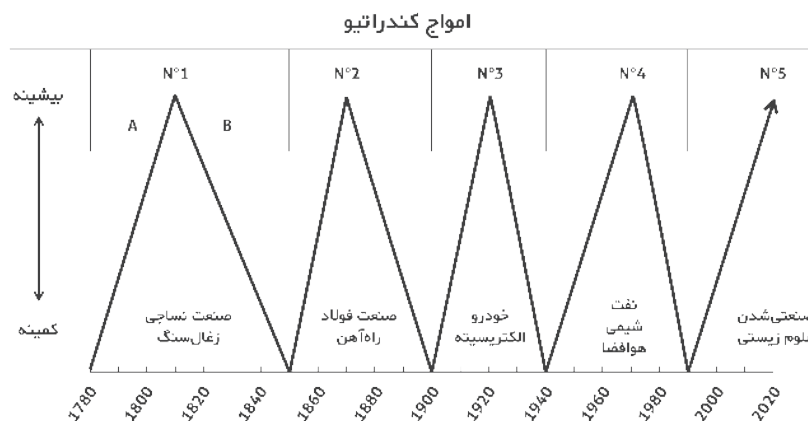


شکل ۱۰. مسیر نمایشی توسعه اقتصاد زیستی مبتنی بر فناوری زیستی و تکامل زنجیره «فناوری زیستی-صنعت زیستی-اقتصاد زیستی» (برگرفته و بازطراحی شده از وی و همکاران، ۲۰۲۲).

از کاربرد مهندسی برای توسعه و تولید فرآورده‌های اقتصاد زیستی هستند. علاوه بر این، استفاده از اصول مهندسی در علوم زیستی (مثل فرآیند طراحی-ساخت-آزمون-یادگیری^۱) به پیشرفت‌های زیست‌شناسی مصنوعی کمک کرده است (شکل ۱۲). برای انجام این کار، علوم محاسباتی و فناوری اطلاعات و ارتباطات امکان مدل‌سازی ریاضی آزمایش‌ها را قبل از اجرای آن‌ها، و توسعه نتایج پیش‌بینی‌شده را ممکن ساخته است (هولوفاکو^۲ و همکاران، ۲۰۲۱).

توسعه روش‌های تحلیلی پیشرفته ناشی از رایانش و محاسبات زیستی، امکان دستیابی به نتایج علمی با استفاده از نمونه‌های آزمایشی کوچک‌تر را فراهم آورده است. همچنین، توسعه برنامه‌های کاربردی مختلف ناشی از پیشرفت در فناوری‌های میکروفلوئیدیک و رباتیک، به خودکارسازی و کوچک‌سازی فرآیندهای آزمایشی و تولید صنعتی منجر شده و به‌نوبه خود، توسعه محصول در مقیاس کلان را تسهیل می‌کند. علاوه بر میکروفلوئیدیک و رباتیک، مهندسی بافت، کشت سلولی و تخمیر پیشرفته نیز، نمونه‌هایی

1. Design-Build-Test-Learn (DBTL)
2. Holowko



شکل ۱۱. دیدگاه اقتصاد زیستی مبتنی بر زیست فناوری. این دیدگاه منطبق بر نظریه چرخه های کندراتیو شومپتر است. در پایان دهه ۶۰ میلادی، نشانه های صنعتی شدن علوم زیستی به عنوان یک انقلاب صنعتی (موج پنجم کندراتیو) ظاهر گردید. اما امیدها و وعده های مورد انتظار از زیست فناوری به قدر کافی سهل الوصول نبودند تا به شکل یک چرخه نوآوری به ظهور برسند. در نتیجه سرمایه گذاری های گسترده در حوزه زیست فناوری و تلاش های مستمر نهادهای در سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD)، بالاخره از اواخر سال ۲۰۰۰ میلادی اقتصاد زیستی به ظهور رسید (برگرفته از ویوین^۱ و همکاران ۲۰۱۹).

رفتاری او را هدف گذاری کرده است (فوکویاما^۳، ۲۰۰۴؛ درتیچ و سورگنر^۴، ۲۰۱۶؛ ظفر^۵ و همکاران، ۲۰۲۱). برای مثال، می توان انتظار ظهور و پیدایش انواعی از دستگاه ها و ابزار ارتباطی مبتنی بر «اینترنت اشیاء نانو-زیستی»^۶ را داشت که قادر به سازگاری و تعامل با موجودات زنده بوده و شرکت های فناوری از آن برای درمان بیماری های انسانی یا ارتقاء سطح مراقبت های بهداشتی بهره جویند (ظفر و همکاران، ۲۰۲۱).

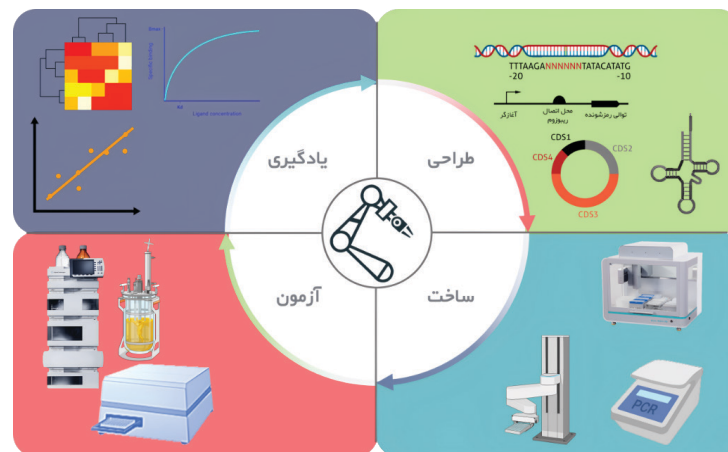
رابطه های سایبری زیستی^۷ یکی از انواع چنین پیشرفت های تلفیقی هستند که برای تبدیل سیگنال های بیوشیمیایی دریافتی از نانو شبکه های درون بدن به سیگنال های الکتریکی -و بالعکس- به کار می روند و بر بستر اینترنت اجرا می شوند. این رابطها (حسگرهای شیمیایی بی-سیم) را می توان برای تسهیل نظارت مداوم بیماران مورد استفاده قرار داد. در واقع، کار اصلی این گونه رابط های کاربری برقراری نوعی ارتباط مولکولی درون بدنی در سطح نانو-میکرو-ماکرو است. در عمل، توسعه چنین ابزارهای زیستی انجام مراقبت های بهداشتی از راه دور و جمع آوری پارامترهای فیزیولوژیکی حیاتی از بدن انسان یا هر ارگانیسم زنده دیگر و انتقال آن ها بر بستر اینترنت را امکان پذیر می سازد. برخی از انواع رابط های سایبری-زیستی نیز برای رهپایش دقیق دارو در مقیاس نانو طراحی شده اند و در حال حاضر در دست آزمایش و بررسی عملکرد می باشند (همان منبع).

روش های محاسباتی پیشرفته، مانند یادگیری ماشین، ظرفیت ها را برای مشاهده الگوهای پنهان در مجموعه داده های بزرگ و پیچیده افزایش داده است. این امر، به محققان اجازه می دهد تا «فرضیات دقیق تری» مطرح سازند، آزمایش های غیرمحمول را حذف کنند و بر پیگیری امیدوارکننده ترین سرنخ ها تمرکز کنند. مجموعه داده های زیستی، اعم از ژنومیکس، پروتئومیکس، متابولومیکس، و سایر آمیکس ها را می توان با داده های تصویربرداری، مشاهدات بالینی پزشکی، سوابق به نژادی گیاهی، داده های تصادفی، اطلاعات خانوادگی، و اطلاعات مربوط به سبک زندگی - قابل دستیابی از شبکه های اجتماعی - جفت کرد. استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی در این مجموعه داده ها، درک ما را از پیوندهای علی و معلولی و نیز، روابط میان ژنوتیپ و فنوتیپ افزایش می دهد. در واقع، همین بینش های عمیق است که نویدبخش آینده اقتصاد زیستی است (فریس ولد^۲ و همکاران، ۲۰۲۱).

این هم افزایی و تلفیق دانشی میان علوم زیستی و فناوری اطلاعات و ارتباطات چشم اندازهای خیره کننده ای را در برابر جامعه بشری ترسیم کرده است (پلکسوساکیس، ۲۰۰۶). شاید کمی تخیلی به نظر آید، اما در همین دو دهه اخیر، تلفیق میان هوش مصنوعی (خشک افزار) و داده های زیستی (نم افزار)، منجر به ظهور جنبش هایی مثل جنبش «فرا-انسانی» شده است که به دنبال رفع ضعف ها، نقص ها و محدودیت های جبری حاکم بر ژنتیک انسان و بهبود وضعیت بیولوژیکی بدن انسان بوده و یا ارتقاء ویژگی های

1. Vivien
2. Frisvold
3. Fukuyama
4. Deretić and Sorgner

5. Zafar
6. Internet of Bio-nano things (IoBNT)
7. Bio-cyber interfaces



شکل ۱۲. فرآیند طراحی-ساخت-آزمون-یادگیری یک فرآیند یکپارچه، چرخشی و بازخوردی است برای سیستمی کردن مهندسی متابولیک و افزایش اثربخشی و تعمیم‌پذیری آن. این چرخه، بهبود مستمر و بهره‌وری در تولید محصولات زیستی، از جمله سوخت‌های زیستی و محصولات زیست-پایه را تضمین می‌کند. در مرحله طراحی، با استفاده از داده‌ها و بانک‌های اطلاعاتی مربوط به پلاسمیدها و قطعات ژنتیکی، نسبت به اتخاذ مطلوب‌ترین راهبرد همسان‌سازی دی‌ان‌ای اقدام شده و سازه‌های دی‌ان‌ای یا ارگانیسم‌های هدف طراحی می‌شوند. در مرحله ساخت، قطعات مختلف دی‌ان‌ای سرهم‌بندی شده، انتقال ژن به میزبان(های) هدف صورت گرفته، و نسبت به غربالگری سلول میزبان و سپس استخراج دی‌ان‌ای و پروتئین اقدام می‌شود. در مرحله آزمون، تعیین فنوتیپ صورت می‌گیرد و به کمک مطالعات آمیکس، از جمله ترانسکریپتومیکس، پروتئومیکس، متابولومیکس و ... رفتار سلول تراژن به‌دقت بررسی شده، در نهایت نسبت به کشت سلولی در راکتور زیستی اقدام می‌شود. در مرحله یادگیری، داده‌های حاصل از مراحل پیشین تحلیل شده، به کمک یادگیری ماشین، نسبت به پیش‌بینی فرآیندهای زیستی و درک بینش‌های بیشتر اقدام می‌شود (برگرفته از اوپنورتس^۱ و همکاران، ۲۰۱۹، هولوفکو و همکاران، ۲۰۲۱).

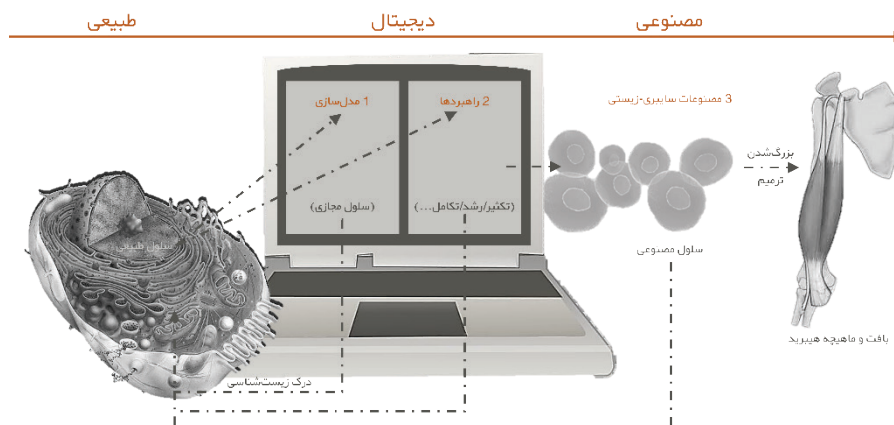
۴.۲. تحول در فرآیند تولید صنعتی

علاوه بر آنچه شرح داده شد، امکان اختراع اجزاء و سیستم‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مبتنی بر ساختارهای زیست‌مولکولی مصنوعی و فراتر از آن، سیستم‌هایی که قادر به رشد فیزیکی بوده یا از قابلیت خودترمیم‌شوندگی برخوردار باشند نیز وجود دارد. این امر به‌ویژه از تلفیق علوم و فناوری‌های زیستی با فناوری اطلاعات و ارتباطات، و مواد جدید حاصل می‌شود و می‌رود تا مرز میان اطلاعات، مواد و حیات را محو کند (پلکسوساکیس، ۲۰۰۶؛ اوکسمن ۲۰۱۸). چشم انداز داشتن نوعی فناوری اطلاعات و ارتباطات که به اصول زیستی شبیه باشد و در نتیجه قوی‌تر، خودتنظیم‌شونده‌تر، سازگارتر با محیط‌زیست و طبیعت، تکامل‌یابنده، و ساده‌تر باشد، مدت‌هاست که ذهن دانشمندان علوم رایانه را به خود مشغول داشته و آنان را به الهام‌گرفتن از طبیعت و الگوهای زیستی واداشته است.

از قضا، بیشتر تکنیک‌ها و روش‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات با الهام‌گرفتن از زیست‌شناسی بر اساس دانش زیستی موجود در

دهه ۸۰ میلادی طراحی شده‌اند. در این اثنا، پیشرفت‌های زیادی در زیست‌شناسی حاصل شده و دانش‌های بدیعی پا به عرصه وجود نهاده‌اند که اکنون می‌توان از آن برای تقویت و ارتقاء سیستم‌های اطلاعاتی و ارتباطی استفاده کرد -مثل پیشرفت‌های حاصله در یادگیری، ادراک، عمل، و هومئوستازی سیستم‌های زنده. در مقابل، الگوریتم‌های کارآمد حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات را می‌توان در توسعه زیست‌شناسی و فناوری‌های زیستی استفاده کرد. به‌عنوان مثال از این الگوریتم‌ها می‌توان برای طراحی داروهای کارآمدتر، حرکت به سمت پزشکی شخصی یا ایجاد سیستم‌های زیستی مصنوعی‌تر بهره جست (شکل ۱۳).

با این حال، فراتر از چنین هم‌افزایی‌های متقابل، رشد دانش و فناوری در هر دو طرف، راه را برای همگرایی‌های عمیق‌تر میان زیست‌شناسی و فناوری اطلاعات و ارتباطات هموار می‌کند که انتظار می‌رود به ظهور سیستم‌های کاملاً یکپارچه و نوآوری‌های رادیکال مثل رابط‌های زیستی-ماشینی، مدارهای ژنتیکی و رایانه‌های زیستی منجر شود (پلکسوساکیس، ۲۰۰۶؛ مارتین-سانچز، ۲۰۰۶).



شکل ۱۳. تلفیق زیست‌شناسی و فناوری اطلاعات و ارتباطات منجر به هم‌افزایی میان سه حوزه مختلف می‌شود: دنیای طبیعی (سیستم‌های زیستی یا نم‌افزار)، دنیای دیجیتال (رایانه، هوش مصنوعی و نرم‌افزار)، و دنیای مصنوعی (سیستم‌ها و فناوری‌های بشرساخت). مدل‌سازی سلولی به کمک طراحی‌های دیجیتال و نمایش رایانه‌ای به مطالعه و درک بهتر عملکرد و رفتار سلول‌های طبیعی کمک می‌کند. این به‌نوبه خود، به توسعه فرآیندها به‌منظور خلق اجزا یا سیستم‌های زیستی جدید می‌انجامد و در نتیجه، امکان نو ترکیبی، تعامل و ارتباط میان عناصر دنیای طبیعی، دیجیتال و مصنوعی را ممکن می‌سازد (برگرفته و بازطراحی‌شده از مارتین-سانچز^۱، ۲۰۰۶)

۴,۲,۱. پیشرفت در فرآیند تولید زیستی مبتنی بر زیست‌فناوری مدرن

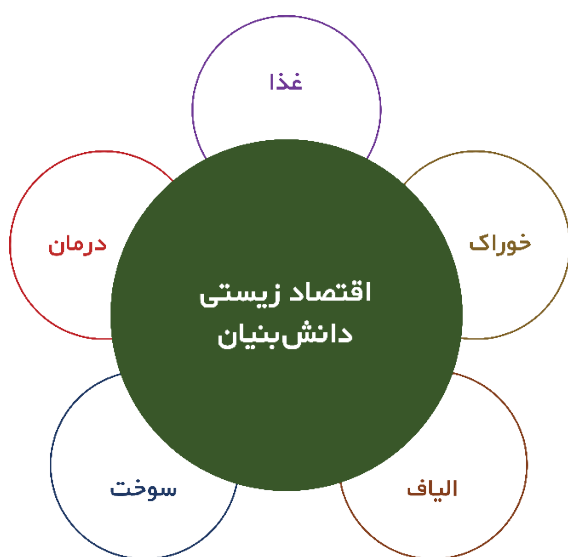
توانمندی‌های زیستی جدید، ظرفیت ایجاد تغییرات گسترده اقتصادی و اجتماعی را دارند و تاثیر آنها در زنجیره‌های ارزش از چگونگی تحقیق و توسعه، تولید نهاده‌های فیزیکی، و چگونگی

توزیع و مصرف، محسوس خواهد بود. چپویی و همکاران (۱۴۰۲) این نوآوری‌ها را در چهار بخش دسته‌بندی کرده‌اند که عبارت‌اند از مولکول‌های زیستی، سامانه‌های زیستی، رابط‌های زیستی-ماشینی و محاسبات زیستی (جدول ۱). هرگونه ساختار شکنی عمده در هر یک از این چهار عرصه، تقویت سایر عرصه‌ها را در پی خواهد داشت.

جدول ۱. نوآوری‌های زیستی در چهار عرصه در حال وقوع‌اند (برگرفته از چپویی و همکاران، ۱۴۰۲)

موضوع	مولکول‌های زیستی	سامانه‌های زیستی	رابط‌های زیستی-ماشینی	محاسبات زیستی
نقشه‌یابی	فرآیندها و فعالیت‌های سلولی از طریق اندازه‌گیری مولکول‌های درون سلولی (مثل دی‌ان‌ای، آران‌ای و پروتئین در مطالعات امیکس	ساختارها و فرآیندهای زیستی پیچیده، و روابط متقابل سلول‌ها	ساختار و عمل سیستم عصبی موجودات زنده	سفرآیندهای درون سلولی یا شبکه‌های سلولی به‌منظور درک پیامدهای ناشی از شرایط خاص (از طریق محاسبات رایانشی)
مهندسی	ساختارها و فرآیندهای زیستی پیچیده، و روابط متقابل سلول‌ها	سلول‌ها، بافت‌ها و اندامک‌ها، از طریق فناوری سلول‌های بنیادی و پیوند بافت	سیستم‌های هیبریدی که ماشین‌ها را به سیستم عصبی موجودات زنده متصل می‌کنند	سلول‌ها و ترکیبات سلولی برای فرآیندهای محاسباتی (ذخیره‌سازی، بازیابی و پردازش داده)
مثال	ژن درمانی برای بیماری‌های تک‌ژنی	گوشت‌های کشتگاهی	پروتزهای عصبی کنترل‌شونده (چه به‌شکل ایمپلنت یا هدست‌های خارجی) توسط انسان یا اندام‌های رباتیک	ذخیره‌سازی داده در رشته‌های دی‌ان‌ای

۱. طراحی، ساخت از نو یا ایجاد تغییر



شکل ۱۴. این طرح، ارکان بنیادین اقتصاد زیستی دانش‌بنیان را نشان می‌دهد که برای تامین آن‌ها فرآیندهای نوینی مثل سامانه‌های زیستی و زیست‌شناسی مصنوعی توسعه یافته‌اند. غذا شامل همه انواع محصولات خوراکی با منشأ حیوانی یا گیاهی و همچنین اقلامی است که از طریق فعالیت میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شوند (مانند فرآورده‌های غذایی و لبنی تخمیری) یا به‌منظور برخورداری از ترکیبات مغذی بهتر یا خواص فیزیولوژیکی برتر فرموله می‌شوند. خوراک شامل غذای دام و مواد اولیه برای صنایع شیمیایی است که در هر صورت می‌تواند از پسماندهای زیستی و سایر انواع زیست‌توده بدست آید. الیاف، اشاره دارد به مواد زیستی با ویژگی‌های فیزیکی از پیش تعیین شده که آنها را مناسب بکارگیری در صنایع نساجی، فناوری پیشرفته و ساخت و ساز می‌کند. سوخت شامل مجموعه بزرگی از ترکیبات با چگالی کربن بالا و مخلوط‌های آنها می‌شود که به‌طور فزاینده‌ای جایگزین سوخت‌های فسیلی شده و در نتیجه، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را به‌همراه دارد. به این مجموعه، یک شاخه کلیدی دیگر از زیست‌فناوری مدرن (درمان) را می‌توان اضافه کرد که نشان‌دهنده رویکردهای پیشرفته برای مقابله با بیماری‌ها بر اساس مولکول‌های فعال زیستی جدید و عوامل زنده مهندسی‌شده است (برگرفته از دولورنزو، ۲۰۲۲)

در مولکول‌های زیستی و سازه‌های زیستی، پیشرفت در امیکس^۱ و فناوری‌های مولکولی (نقشه‌برداری و اندازه‌گیری مولکول‌ها و مسیرهای درون‌سلولی و مهندسی آن‌ها) درک ما را از فرآیندهای زیستی افزایش می‌دهد و ما را قادر می‌سازد که زیست‌شناسی را مهندسی کنیم. برای مثال، فناوری کریسپر در مقایسه با روش‌های قبلی، به دانشمندان امکان می‌دهد تا ژن‌ها را سریع‌تر و دقیق‌تر ویرایش کنند. این موضوع، می‌تواند به طراحی و بهینه‌سازی سریع‌تر میکروارگانیسم‌ها در قالب زیست‌شناسی مصنوعی بیانجامد. البته، هدف غایی زیست‌شناسی مصنوعی، صرفاً بهینه‌سازی میکروارگانیسم‌ها نخواهد بود، بلکه طراحی مسیرهای متابولیکی کاملاً جدیدی است که در طبیعت وجود ندارند. به‌لایه، با افزایش صحت، دقت و سرعت فرآیندهای زیستی مصنوعی، ژنوم سلول‌های مصنوعی به‌حدی کاهش می‌یابد که تنها می‌توان آن‌ها را نوعی «شاسی سلولی»^۲ دانست که می‌توان مدارهای ژنتیکی بیان‌کننده مسیرهای متابولیک مدولار را روی آن‌ها سوار کرد. این رویکردهای زیست‌شناسی مصنوعی، رشته‌های زیست‌شناسی و شیمی را به اصول مهندسی نزدیک‌تر خواهد کرد (شو^۳ و همکاران، ۲۰۲۰، کرچر^۴ و همکاران، ۲۰۲۲). طبق برآوردهای موسسه جهانی مکینزی، بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۴۰، روش‌های مهندسی زیستی مانند کریسپر، خواهند توانست تاثیر مستقیم سالانه‌ای به ارزش ۹۰۰ میلیارد تا ۲/۲ تریلیون دلار در اقتصاد زیستی برجای گذارند (چیویی و همکاران، ۱۴۰۲).

اکنون، با پیشرفت فناوری توالی‌یابی اسید نوکلئیک و ارزان‌شدن آن، کار نقشه‌یابی ژنوم‌های موجودات زنده سرعت گرفته است. تا سال ۲۰۰۳ نقشه‌برداری از ژنوم انسان (طی یک پروژه بزرگ پانزده ساله) حدود ۳ میلیارد دلار هزینه برداشت اما تا سال ۲۰۱۹ این هزینه به کمتر از ۱۰۰۰ دلار رسید؛ پیش‌بینی می‌شود در طول یک دهه یا حتی زودتر، این هزینه به کمتر از ۱۰۰ دلار نیز برسد. این امر، درک بهتری از مکانیسم‌های زیستی را در پی خواهد داشت و به‌نوبه خود، بر پیشرفت در تحقیق و توسعه، تشخیص و درمان، و ارتقاء سایر بخش‌ها مثل غذا و کشاورزی، سوخت‌های زیستی، مواد، مواد شیمیایی و دارویی تاثیر خواهد گذاشت (شکل ۱۴) (وسلر و فون براون^۵، ۲۰۱۷؛ دولورنزو^۶، ۲۰۲۲؛ کاردونگ^۷، ۲۰۲۳؛ چیویی و همکاران، ۱۴۰۲).

۱. اومیکس (Omics) واژه‌ای است عمومی برای اشاره به فناوری‌هایی که امکان شناسایی و سنجش کمی مجموعه کاملی از مولکول‌ها (مثل پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و لیپیدها) را در یک سامانه زیستی (سلول، بافت، اندام، مایع زیستی، یا ارگانیسم) و یک نقطه زمانی خاص فراهم می‌کند (برگرفته از چیویی و همکاران، ۱۴۰۲).
۲. سلول شاسی، یک سلول پلتفرم است که با ادغام ماژول‌های زیست‌شناسی مصنوعی مربوطه در سلول، قابلیت تولید انواع مواد شیمیایی یا آنزیم‌ها را بدست می‌آورد (شو و همکاران، ۲۰۲۰).

3. Xu

4. Kircher

5. Wesseler and von Braun

6. De Lorenzo

7. Kardung

مینیاتوری که واکنش‌های شیمیایی پیچیده‌ای را در یک فضای سه‌بعدی کوچک انجام می‌دهد، چیزی نبوده مگر تایید واقعیتی نوظهور. تولید ترکیباتی مانند لگ‌هموگلوبین^۶، سیتاگلیپتین^۷ و دی‌آمین‌ها توسط سلول‌های مهندسی‌شده را در همین راستا می‌توان تعبیر کرد (وویت^۸، ۲۰۲۰؛ کی‌ران و همکاران، ۲۰۲۴). اکنون، نقشه متابولیک بسیاری از مواد شیمیایی زیست-پایه در دسترس قرار دارد که می‌تواند به طراحی و بهینه‌سازی مسیرهای متابولیک برای بیوسنتز مواد شیمیایی هدف کمک کند.

یکی از گلوگاه‌های اصلی در تولید زیستی مواد شیمیایی متنوع، درک ناقص ما از مسیرهای بیوسنتزی یا چگونگی تولید این مواد است. در مورد مسیرهای بیوسنتزی ناشناخته، می‌توان گفت که توسعه ابزارهای محاسباتی در سال‌های اخیر، توانسته به شناسایی این مسیرها و آنزیم‌های مرتبط جهت بیوسنتز محصولات طبیعی و مشتقات آنها کمک شایان توجهی نماید. با این حال، این ابزارها هنوز نیازمند استفاده از روش‌های تکمیلی و طاقت‌فرسای هستند برای رتبه‌بندی مسیرهای پیش‌بینی‌شده، انتخاب آنزیم‌های خاص هر مسیر، و بهینه‌سازی حلالیت و فعالیت آنزیم‌های هدف. در آینده، طراحی مسیرهای زیستی تولید مواد شیمیایی به‌کمک هوش مصنوعی و کلان-داده‌های زیستی، تأسیس کارخانه‌های سلول‌های میکروبی را تسهیل کرده و به توسعه راهبردهایی برای تولید پایدار مواد شیمیایی زیست-پایه کمک خواهد کرد (ژانگ^۹ و همکاران، ۲۰۲۱).

مفهوم «میکروب به‌عنوان کارخانه» دو پیامد فوری دارد. یکی این که می‌توان انواع مختلف مولکول‌های هدف را به یک پلتفرم زیستی منتقل کرد، که در غیر این صورت همچنان می‌توانست در انحصار صنایع شیمیایی باقی بماند، و دوم این که، چنین سامانه‌های زنده میکروبی را می‌توان در مکان‌های مورد نظر مستقر کرده، به تولید محصولات و ترکیبات زیستی مورد نیاز اقدام کرد. این ویژگی‌ها، به خلق فرصت‌های زیستی عظیمی در کشاورزی و مدیریت زیست‌محیطی انجامیده، به پیدایش عصر نوینی در تاریخ فعالیت‌ها و تولیدات بشرزاد منجر شده‌اند که مشخصه بارز آن، گذار از مهندسی ژنتیک^{۱۰} به مهندسی زیستی^{۱۱} و در نهایت به اقتصاد زیستی دانش‌بنیان بوده است.

طی ۳۳ سال، پس از انتشار اولین گزارش شبیه‌سازی یک قطعه دی‌ان‌ای در سال ۱۹۷۳ تا تولید اسید آرتمیزینیک^{۱۲} - پیش‌ساز داروی ضد مالاریا - در مخمر در سال ۲۰۰۶ موفقیت‌های بسیاری

در مفهوم توسعه‌یافته اقتصاد زیستی که چرخش‌پذیری و پایداری را هدف قرار داده، نیاز به نوآوری در زمینه خواص و ترکیبات جدیدی است که قادر باشند سازگاری زیست‌محیطی بهتری در مقایسه با مواد مصرفی کنونی ایجاد کنند. این موضوعی است که به‌ویژه، با لحاظ کردن شرط زیست‌تخریب‌پذیر بودن فرآورده‌های تولیدی، در حیطه زیست‌فناوری مدرن قرار می‌گیرد (لوپز-کورئا و سوارز-گونزالز^۱، ۲۰۲۲). توجه به این جنبه، به‌خصوص، برای آن دسته از محصولات مهمی است که به‌دلیل نوع کاربرد، امکان بازیافت آن‌ها وجود ندارد؛ برخی لوسيون‌ها و محلول‌های بهداشتی و آرایشی که در بخش خانگی و مراقبت‌های شخصی مورد استفاده واقع می‌شوند و به‌ناچار به فاضلاب سرازیر می‌شوند، در این دسته قرار می‌گیرند. بنابراین، مواد تشکیل‌دهنده آن‌ها باید هم پایه زیستی داشته باشد (به‌طوری که باعث انتشار CO₂ اضافی به اکوسیستم نشود) و هم زیست‌تخریب‌پذیر باشد (به‌طوری که اثرات منفی زیست‌محیطی ناشی از میکروپلاستیک‌ها را ایجاد نکند). بنابراین، یک اقتصاد زیستی چرخشی پایدار، به‌معنای واقعی کلمه به محصولات، فرایندها و زنجیره‌های ارزش جدید نیاز دارد تا بتوان چرخه‌ها را تا حد زیادی بسته و اثرات زیست‌محیطی را کاهش داد (کرچر و همکاران، ۲۰۲۲).

توسعه فناوری‌های پیشرفته در زمینه توالی‌یابی و سنتز دی‌ان‌ای منجر به پیشرفت‌های شگرف و قابل توجهی در طراحی، مونتاژ، دست‌ورزی ژن‌ها، مواد، مدارها و مسیرهای متابولیک شده است که به‌دنبال خود، روایت زیست‌فناوری را از یک مکاشفه علمی به یک صنعت دارویی و شیمیایی و یکی از ارکان انقلاب زیستی ارتقاء داده است (دولورنزو، ۲۰۲۲؛ کی‌ران^۲ و همکاران، ۲۰۲۴). چنین گذاری با تحولات مفهومی بنیادین همراه بوده است که جذابیت متقابل و فزاینده میان دنیای زیست‌فناوری و صنعت را تسهیل کرده است. یکی از آن‌ها، مفهوم کارخانه‌های زیستی^۳ است که در اوایل دهه ۱۹۹۰ ارائه گردید و مبتنی بر این ایده است که سلول‌های میکروبی را می‌توان واحدهای صنعتی واقعی - و نه استعاری - در نظر گرفت (هیلسون^۴ و همکاران، ۲۰۱۹؛ هولوفکو و همکاران، ۲۰۲۱؛ لوپز-کورئا و سوارز-گونزالز^۵، ۲۰۲۲؛ گوردو^۶ و همکاران، ۲۰۲۳؛ کی‌ران و همکاران، ۲۰۲۴).

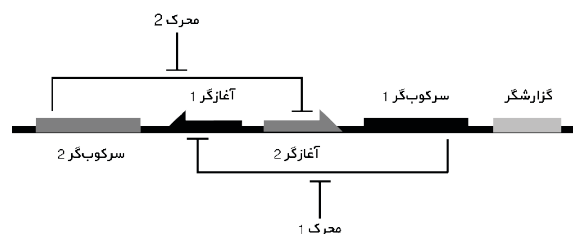
مفهوم کارخانه‌های زیستی که در ابتدا برای میکروارگانیسم‌ها به کار گرفته شده بود، به‌سرعت به سایر انواع سلول‌ها (گیاهی، حیوانی) تعمیم یافت و جایگاه خود را در میان سازمان‌های سرمایه‌گذاری و تحقیقاتی نیز مستحکم ساخت. در طول سال‌ها، ایده یک کارخانه

1. Lopez-Correa and Suarez-Gonzalez
2. Kiran
3. Biofoundry
4. Hillson
5. Gurdo
6. Leghemoglobin

7. Sitagliptin
8. Voigt
9. Zhang
10. Genetic Engineering
11. Biological Engineering
12. Artemisinin acid

رخداد دوم، طراحی منطقی یک سوئیچ ژنتیکی بود، به‌گونه‌ای که از قوانین مورد نظر سازنده خود پیروی کند. در واقع، این سوئیچ ژنتیکی با الگوبرداری از مدارهای ژنی تخصصی موجود در باکتریوفاژ لاند و سیانوباکترها طراحی و ساخته شد و عبارت بود از یک شبکه تنظیم ژنی مصنوعی متشکل از دو ژن سرکوب‌گر که در باکتری اشیریشیا کلی^۵ بیان می‌گردید. فعالیت این سوئیچ، تحت فرمان دو آغازگر القائی -شیمیایی یا گرمایی- بوده و می‌توان آن را به‌عنوان یک واحد حافظه سلولی مصنوعی برای کاربردهای زیستی، رایانه‌های زیستی یا در موارد درمان ژنی مورد استفاده قرار داد (شکل ۱۶) (گاردنر^۶ و همکاران، ۲۰۰۰).

سومین مطالعه که در آن به بررسی حلقه‌های بازخوردی منفی در شبکه‌های تنظیم ژنی پرداخته شد، توسط بکسکی و سرانو^۷ (۲۰۰۰) تشریح گردید. این مطالعه، بر پایه چگونگی رفتار سیستم‌های ژنتیکی و بیوشیمیایی در سلول‌های زنده در مواجهه با تغییرات و اختلالات محیط طراحی شد. مبنای مطالعه بکسکی و سرانو بر این ایده استوار بود که پایداری و استحکام سیستم‌های ژنتیکی و بیوشیمیایی ناشی از حلقه‌های بازخورد منفی خودتنظیم‌شونده در مدارهای ژنی است و این خود، تحت القاء محرک‌های محیطی نوسان می‌کند. بر این اساس، آن‌ها آزمایشی را در باکتری اشیریشیا کلی طراحی کردند تا نشان دهند مدارهای ساده ژنی متشکل از یک تنظیم‌کننده و ماژول‌های سرکوب‌گر رونویسی چگونه می‌توانند به شکل‌دهی این حلقه‌های بازخورد منفی بیانجامند.



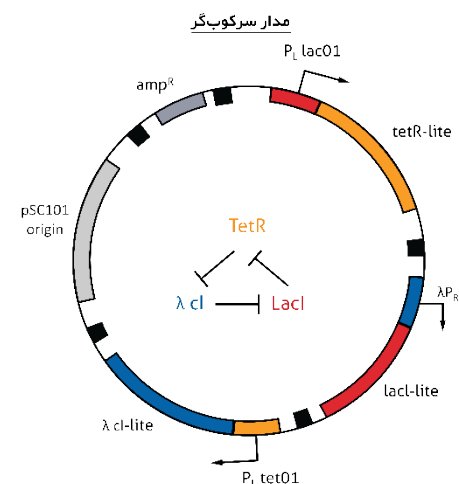
شکل ۱۶. شمای کلی یک سوئیچ ژنتیکی. سرکوب‌گر ۱ رونویسی را از آغازگر ۱ مهار می‌کند و توسط محرک ۱ القاء می‌شود. همچنین، سرکوب‌گر ۲ رونویسی از آغازگر ۲ را مهار می‌کند و توسط محرک ۲ القا می‌شود (برگرفته از گاردنر و همکاران، ۲۰۰۰).

پیام اصلی در هر سه رخداد فوق، این بود که اصول مهندسی را می‌توان به‌خوبی در طراحی سیستم‌های زنده به کار برد. تحت این پارادایم جدید، موجودیت‌های زنده را می‌توان از منظر منطق رابطه‌ای بخش‌های مختلف آن‌ها مورد بررسی قرار داد و پیکربندی‌های جایگزین و جدیدی را به‌میل کاربر در آن‌ها شکل داد. در نتیجه، تعجب‌آور نیست اگر زیست‌شناسی را نوعی مهندسی تلقی کنیم که در آن می‌توان از برخی سلول‌های پایه تحت عنوان

در حوزه زیست‌فناوری و به‌خصوص در زمینه زیست‌پزشکی -مانند تولید عمده هورمون‌های نوترکیب و داروهای فعال زیستی- به دست آمده که تولید آن‌ها به شیوه‌های سنتی و مرسوم بسیار دشوار و پرهزینه است (دولورنزو، ۲۰۲۲).

الف. گذار از فرآیندهای ژنتیکی به مدارهای ژنتیکی

یک مرحله مهم در گذار موفقیت‌آمیز به اقتصاد زیستی، از اوایل سال ۲۰۰۰ آغاز شد که اغلب از آن به عنوان دوره ظهور زیست‌شناسی مصنوعی یاد می‌شود (کی‌ران و همکاران، ۲۰۲۴). این مرحله، با سه رخداد شاخص به ظهور رسید. یکی از آن‌ها، توصیف گروه الویتس^۱ از مدارهای سرکوب‌گر^۲ است. این‌ها، مدارهای ژنتیکی متشکل از سه مهارکننده رونویسی و بازدارنده متقابل هستند که به‌صورت چرخه‌ای به‌شکلی رفتار می‌کنند که می‌توان آن را تابع یک مدل ریاضی توصیف کرد (شکل ۱۵) (الویتس و لیبلر^۳، ۲۰۰۰).



شکل ۱۵. نقشه ژنتیکی یک مدار سرکوب‌گر. این مدار که توسط مایکل الویتس و استنیسلاس لیبلر^۴ در سال ۲۰۰۰ طراحی شد، مبتنی بر یک مدل ریاضی از تنظیم رونویسی است که یک حلقه بازخورد منفی چرخه‌ای متشکل از سه ژن سرکوب‌گر و محرک‌های آن‌ها را توصیف می‌کند. در واقع، به‌جای مشاهده یک سیستم طبیعی و توضیح آن به زبان ریاضی، الویتس و لیبلر یک مدل ریاضی برای کمک به ساخت یک مدار کنترل مصنوعی تبیین کردند که نتیجه آن به شکل‌گیری یک شبکه نوسانی منجر شد که در طبیعت وجود ندارد و از آن به مدار سرکوب‌گر یاد می‌شود. این مدار سرکوب‌گر، نمونه‌ای عالی از کاربرد مدل‌های ریاضی در طراحی مدارهای کنترل مصنوعی است که می‌توان آن را به‌عنوان ابزاری برای زیست‌فناوری و زیست‌شناسی مصنوعی به کار گرفت، یا برای توصیف و تحلیل پدیده‌های سیستم‌های زیستی و تنظیم فعالیت ژن‌ها و تعادل داخلی سلول‌ها استفاده کرد. این امر، به‌نوبه خود، به درک بهتر عملکرد سلول‌ها و اندازه‌گیری اثرات داروها روی آنها کمک می‌کند (برگرفته از الویتس و لیبلر ۲۰۰۰).

1. Elowitz
2. Repressilator
3. Leibler
4. Stanislas Leibler

5. Escherchia coli
6. Gardner
7. Becskei and Serrano

«شاسی‌های سلولی» برای طراحی مدل‌ها و مدارهای ژنتیکی مورد نظر در قالب یک «کارخانه سلولی» استفاده کرد (دولورنو، ۲۰۲۲)

در طول دهه گذشته، انواعی از میکروارگانیسم‌ها (عمدتاً باکتری‌ها و مخمرها) به‌عنوان میزبان (شاسی سلولی) برای تولید ترکیبات ارزشمند مختلف توسعه یافته‌اند (جدول ۲). توانایی قابل‌توجه این سویه‌های میکروبی برای تکثیر در شرایط رشد که به‌آسانی تا سطح صنعتی قابل ارتقاء می‌باشد، آن‌ها را به پلتفرم‌های عالی برای تولید مقرون‌به‌صرفه ترکیبات مختلف از جمله ترکیبات دارویی، مواد غذایی، مواد زیستی، محصولات کشاورزی و سوخت‌های زیستی تبدیل کرده است. از این رو، حتی می‌توان ادعا کرد که استفاده از کارخانه‌های زیستی میکروبی به‌دلیل آن‌که پایداری را ارتقا بخشیده و اثرات مضر صنایع فسیلی بر محیط‌زیست را کاهش می‌دهند، گام مهمی در حفاظت از محیط‌زیست و کاهش بحران

اقلیمی است (میگوئل و دانیلب، ۲۰۲۲).

با توسعه پایگاه‌های داده‌های ژنتیکی، طراحی سیستم‌های زیست‌شناسی مصنوعی جدید (ناموجود در طبیعت) از طریق ادغام سیستمی آجرهای زیستی در قالب ماژول‌های «نصب و کاربرد»^۲ دقیق‌تر و امکان‌پذیرتر می‌شود (همان منبع). بر این اساس، می‌توان ادعا کرد که در مقایسه با قطعات الکترونیکی (مانند خازن‌ها، سوئیچ‌ها، ترانزیستورها و ال‌ئی‌دی‌ها)، تحولی که در افزایش تعداد آجرهای زیستی رخ داده، شگفت‌آور بوده است. این حجم زیاد از پیشرفت‌های زیست‌فناوری ناشی از گسترش داده‌های انباشته‌شده در پایگاه‌های داده‌های ژنتیکی است که می‌تواند به‌عنوان منبعی مطمئن برای شناسایی آجرهای زیستی استفاده شود. بتدریج که پایگاه‌های اطلاعاتی ژنتیکی تخصصی‌تر می‌شوند، شناسایی این اجزاء سازنده نیز ساده‌تر و ارزان‌تر می‌شود.

جدول ۲. نمونه‌هایی از میزبان‌های میکروبی (شاسی سلولی) برای مهندسی متابولیک و شناخته‌شده‌ترین محصولات آن‌ها (برگرفته از میگوئل و دانیلب ۲۰۲۲)

مرجع علمی	کاربرد/محصولات پرطرفدار	کارخانه زیستی
Yang et al. (2019b)	متابولیت‌های ثانویه (مثل ترپنوئیدها، پلی‌کتیدها، فنیل‌پروپانوئیدها و آلکالوئیدها)	<i>Escherichia coli</i>
Bekker et al. (2014)	آنتی‌بیوتیک، عوامل ضدکرم، عوامل ضدتومور، عوامل ضدقارچ و علف‌کش‌ها	<i>Streptomyces spp.</i>
Jung et al. (2010)	تولید صنعتی آمینو اسید	<i>Corynebacterium glutaminicum</i>
Ferna'ndez-Cabezo'n et al. (2017), Yao et al. (2014), Zhang et al. (2021)	دهیدروژنازها، هیدروکسیلازها و هورمون‌ها (مثل تستوسترون و آندروستنون)	<i>Mycobacterium sp.</i>
Thoma and Blombach (2021)	۱.۳- پروپاندیول و ویولاسین	<i>Vibrio natriegens</i>
Guan et al. (2015), Romero et al. (2007), Awasthi et al. (2018), Nishizaki et al. (2007), Westbrook et al. (2018)	اتانول، ترپنوئیدها، کاروتنوئیدها، د-لاکتیک اسید، و اسید هیالورونیک	<i>Bacillus subtilis</i>
César et al. (2013), Spohner et al. (2016)	ال-آسکوربیک اسید، بتا گالاکتوزیداز، کیموزین، اینترلوکین ۱-بتا، اینترفرون آلفا، پیش‌سازهای انسولین	<i>Kluyveromyces lactis</i>
Sun et al. (2016), Guevara et al. (2019)	آکریل‌آمید، هورمون‌ها (مثل تستوسترون)	<i>Rhodococcus ruber</i>

1. Miguel and Danielab

2. plug-and-play

<i>Rhodococcus opacus</i>	تولید سوخت زیستی از لیگنوسلولز	Kurosawa et al. (2013, 2015)
<i>Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum</i>	ان-بوتانول و ۱.۲-پروپانیدول	Bhandiwad et al. (2013, 2014), Altaras et al. (2001)
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	وانیلین و ایندول-۳-استیک	Di et al. (2011), Kochar et al. (2011)
<i>Clostridium acetobutylicum</i>	بوتانول و استون	Calero and Nikel (2019)
<i>Pseudomonas putida</i>	پلی هیدروکسی آلکانوات‌ها و پلیمرهای اصلاح‌شده	Walker and Keasling (2002), Poblete-castro et al. (2012, 2013)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	بیواتانول، ان-بوتانول، ایزوپرنوئیدها، اسیدهای چرب، اسید لاکتیک، زایلیتول، اسید سوکسینیک	Ostergaard et al. (2000)
<i>Pichia pastoris</i>	متابولیت‌های پیچیده، پروتئین‌های درمانی، گلیکوزیده، آنزیم سیتوکروم P450 و اسید سالیسیلیک	Peña et al. (2018)
<i>Yarrowia lipolytica</i>	چربی و مشتقات نانولیپیدی، سوخت‌های زیستی مبتنی بر چربی و مواد شیمیایی روغنی	Abdel-mawgoud et al. (2018)
<i>Trichoderma reesei</i> (=Hypocrea jecorina)	سلولز، همی سلولز و بیواتانول	Seiboth et al. (2012), Derntl et al. (2015)
<i>Aspergillus oryzae</i>	ال-مالئیک اسید و ال-مالئات	Brown et al. (2013), Liu et al. (2017)
<i>Pichia kudriavzevii</i>	اسید ایتاکونیک، د-زایلونات، د-لاکتیک اسید و اتانول	Yuan and Guo (2017), Sun et al. (2020), Toivari et al. (2013), Sohn et al. (2018)
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	عوامل ضد تومور، زایلیتول، و کشف پروموتور و ترمیناتور جدید برای مهندسی متابولیک	Tseng et al. (2019), Stalidzans and Kokina (2017), Lang et al. (2020), Kumar et al. (2021)

خاصی از مولکول‌های زیستی (مثل اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها متابولیت‌ها)، و حتی یک فعالیت زیستی یا نوع خاصی از ترکیبات زیستی (مثل مولکول‌های طعم‌دهنده^۵ و مولکول‌های فعال زیستی با خواص دارویی^۶) توسعه یافته‌اند. بنیاد بین‌المللی ماشین مهندسی ژنتیک^۷ نیز، اقدام به ایجاد یک پایگاه داده از آجرهای زیستی

در حال حاضر، چندین پایگاه تخصصی داده‌های ژنتیکی در دسترس است که از آن جمله می‌توان به پایگاه‌های زیر اشاره کرد: پایگاه داده‌های ژنوم میکروبی^۱، پایگاه داده‌های جامع ژنوم مخمر^۲، پایگاه داده‌های ژنوم گیاهی^۳ و یک پایگاه اختصاصی برای دام و سایر حیوانات^۴. حتی پایگاه‌های اطلاعاتی مربوط به انواع

1. Microbial Genome Database (MBGD)

2. Comprehensive Yeast Genome Database (CYGD)

3. Plant Genome Database (PlantGDB)

4. ARKdb (<http://www.thearkdb.org>)

5. FlavorDB

6. ChEMBL

7. International Genetically Engineered Machine (iGEM) Foundation

شامل پروموتورها، سرکوبگرها، گزارشگران، تقویت‌کننده‌ها و پایان‌دهنده‌ها کرده است که گام مهمی در شناسایی و استفاده از این اجزاء سازنده برای طراحی و مونتاژ کارخانه‌های زیستی در حوزه زیست‌فناوری صنعتی محسوب می‌شود.

پایگاه ثبت قطعات ژنتیک^۱ که در سال ۲۰۰۳ راه‌اندازی شد، مشتمل بر مجموعه رو به رشدی از بیش از ۲۰,۰۰۰ آجر زیستی است که می‌توان به آن‌ها دسترسی داشت و برای مونتاژ دستگاه‌ها و سیستم‌های زیستی پیچیده استفاده کرد. اخیراً، از ادغام این پایگاه با ۱۰ پایگاه داده دیگر، یک پایگاه داده بزرگ‌تر^۲ ایجاد شده است. با استفاده از این پایگاه داده که اطلاعات مربوط به عملکردها، تعاملات و اطلاعات علمی مرتبط با آجرهای زیستی را نیز ارائه می‌دهد، می‌توان به بیش از ۴۰,۰۰۰ آجر زیستی دسترسی پیدا کرد. با این وجود، پتانسیل تولید آجرهای زیستی بسیار فراتر از این است. با احتساب داده‌های تحلیل‌نشده در پایگاه‌های اطلاعاتی جامع که در بالا مورد اشاره قرار گرفت، می‌توان انتظار داشت که در آینده اجزاء بسیار بیشتری از این آجرهای زیستی شناخته شوند و راه را برای طراحی مسیرهای زیستی کاملاً جدیدی هموار سازند (همان منبع).

ب. گذار از مهندسی ژنتیک به مهندسی زیستی

ابداع مفهوم شاسی سلولی، بحث‌ها و تحلیل‌های بسیاری را حتی در محافل نظارتی دامن زده است، زیرا به‌نحوی، نشان‌دهنده گذار از مهندسی ژنتیک مرسوم به دوره جدیدی است که از آن تحت عنوان مهندسی زیستی یاد می‌شود. در واقع، چنین فرآیندی از گذار که شاخصه بارز آن ظهور زیست‌شناسی مصنوعی و سامانه‌های زیستی^۳ است، را نمی‌توان تنها یک تحول روش‌شناختی دانست، بلکه تحولی است بسیار عمیق‌تر که در پی خود، پیامدهای اجتماعی و اقتصادی/صنعتی بسیار بدیعی را به‌دنبال دارد (دولورنزو، ۲۰۱۱، لیو^۴ و همکاران، ۲۰۲۰).

از یک سو، مهندسی زیستی قصد دارد بر دیدگاه مسلط در مهندسی ژنتیک غلبه کند؛ این همان نگاه ابزاری به این حوزه از علم و فناوری است که صرفاً به‌منظور افزایش بهره‌وری (و سود برای شرکت‌های بزرگ چندملیتی) مورد استفاده قرار می‌گیرد و

در سال‌های اخیر، موجی از انتقادات و واکنش‌های اجتماعی را به‌دنبال داشته است. در عوض، مهندسی زیستی به‌دنبال مشارکت کاربران نهایی در تمام مراحل اجرایی و فرآیندهایی است که منجر به تولید محصولات یا خدمات جدید می‌شوند. از دیگر سو، مهندسی زیستی در تلاش است تا زیست‌فناوری را از سطح یک ابزار دست دومی در اختیار صنایع بزرگ شیمیایی، کشاورزی و صنعتی، ارتقاء بخشیده و آن را به یکی از ارکان بنیادین خود بدل سازد. جای تعجب نیست که ارزش اقتصادی مهندسی زیستی به‌سرعت توسط بازیگران صنعتی و نظارتی درک شد و به ابتکارات مختلفی انجامید که در نهایت، پیدایش اقتصاد زیستی، یا به‌طور مناسب‌تر اقتصاد زیستی دانش‌بنیان را سبب گردید. این مفهوم پیامدهای زیادی با خود همراه دارد، اما از منظر تولید صنعتی، یک پیامد آن زیستی‌سازی فرآیند تولید غذا، خوراک، الیاف، سوخت و حتی فرآورده‌های صنعتی سلامت-محور است (رجوع شود به شکل ۱۴) (دولورنزو، ۲۰۲۲).

۴.۲.۲. پیشرفت در فناوری اطلاعات و ارتباطات

دیجیتالی‌شدن می‌تواند فرآیندهای مدیریت داده، تولید دانش و نوآوری را برای دستیابی به گذار پایدار به اقتصاد زیستی سرعت بخشد (واتانابه^۵ و همکاران، ۲۰۱۹). اخبار پیشرفت‌های اخیر شرکت آلفا فولد^۶ (زیرمجموعه آلفابت^۷) نشان‌دهنده تغییرات انقلابی است که این فناوری‌ها در توسعه فرآیندها و محصولات جدید ایجاد کرده‌اند. این شرکت موفق به توسعه الگوریتمی شده که بر اساس توالی اسید آمینه، امکان پیش‌بینی تاخوردگی‌ها و در نتیجه، ساختار فضایی پروتئین‌ها را فراهم می‌کند. این امر، امکان بهینه‌سازی بسیار سریع و کارآمد آنزیم‌ها در فرآیندهای زیست‌فناوری صنعتی را فراهم می‌کند (کرچر و همکاران، ۲۰۲۲). مثال دیگر را می‌توان در حوزه کشاورزی دقیق و هوشمند (دیجیتال) ارائه داد که به‌طور گسترده از فناوری اطلاعات و ارتباطات استفاده می‌کند و کلید توسعه کشاورزی پایدار محسوب می‌شود (والتر^۹ و همکاران، ۲۰۱۷). به موازات، اصول زیستی نیز به توسعه فرآیندهای دیجیتالی می‌انجامد و چالش‌های اقتصاد زیستی منجر به توسعه بیشتر فناوری‌های دیجیتال می‌شوند (رنینگز^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۳). استفاده از فناوری‌های بلاک‌چین نیز نویدبخش بهبود زنجیره‌های

1. iGEM Parts Registry (<http://parts.igem.org/>)

2. BioMaster DataBase (<http://www.biomaster.uestc.cn>)

3. Systems biology

4. Liu

۵. گرچه غذا یک محصول کاملاً زیست-پایه است اما بسیاری از عناصر درگیر در فرآیند تولید غذا مانند کودها و مواد تقویت‌کننده خاک کشاورزی، سموم دفع آفات و بیماری‌ها، ابزار و ادوات مورد استفاده در فرآیند تولید و ... هنوز نفت-پایه هستند. ضمن آن‌که فرآیندهای تولید زیستی بذر و نهال، شیوه‌های بهبود نتاج دام‌ها و برخی فرآیندهای تولید گوشت و لبنیات بی‌دام، از جمله پیشرفت‌های نوینی هستند که تاکنون در طبیعت دیده نشده و در قالب اقتصاد زیستی دانش‌بنیان قابل عرضه خواهند بود.

6. Watanabe

7. AlphaFold

8. Alphabet

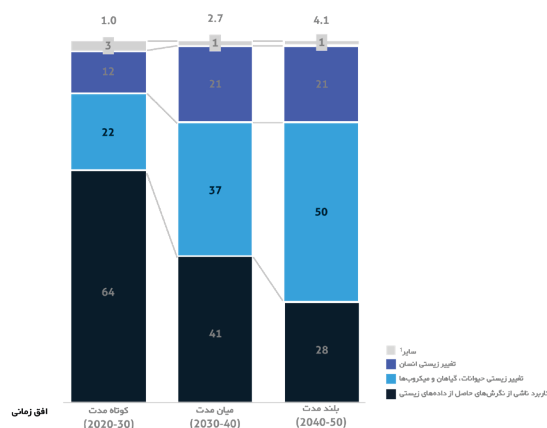
9. Walter

10. Rennings

می‌شوند و زاینده موجی از نوآوری‌های زیستی خواهند بود. برآوردهای موسسه جهانی مکنیزی نشان می‌دهد که تجزیه‌وتحلیل داده‌های ژنومی، میکروبیومی، عصبی، و سایر داده‌های زیستی و بینش‌های علمی حاصله جهت بالابردن دقت و شخصی‌سازی محصولات و خدمات، در مقیاسی بی‌سابقه، منجر به تأثیرات اقتصادی کوتاه‌مدت خواهد شد.

محاسبات سریع‌تر و استفاده روزافزون از هوش مصنوعی و ارتقای سطح پیچیدگی روش‌های تحلیل داده‌ها، سبب گشته تا بینش‌های بیشتری از داده‌های زیستی به‌دست آید و پیش‌بینی‌های دقیق‌تری در خصوص روابط و فرآیندهای زیستی صورت گیرد. به‌عنوان مثال در کشاورزی، استفاده از مجموعه‌های بزرگ داده‌های ژنتیکی و میکروبی، ما را قادر خواهد ساخت تا بتوانیم زراعت را در جهت دستیابی به‌دست‌آورد موردنظر تحت شرایط محلی کاملاً مشخص و معطوف-به-مکان، متناسب‌سازی کنیم.

با استفاده از مجموعه‌ای از داده‌های مشابه، می‌توان محصولات و خدمات را بر اساس ویژگی‌های ژنتیکی مصرف‌کنندگان و ترکیب میکروبیوم آن‌ها متناسب‌سازی کرد. در واقع، طی ده سال آینده، حتی اگر پیشرفت بیشتری هم در روش‌های مهندسی زیستی صورت نگیرد، باز ارزش‌های عظیمی از طریق تجزیه‌وتحلیل حجم فوق‌العاده بالای داده‌های زیستی، که از هم‌اکنون در حال تولید می‌باشند، ایجاد خواهد شد. برآوردها نشان می‌دهد که این ارزش می‌تواند سالانه بین ۴۰۰ تا ۹۰۰ میلیارد دلار باشد (شکل ۱۷) (چیویی و همکاران، ۱۴۰۲).



شکل ۱۶. بینش‌های حاصل‌آمده از بزرگ-داده‌های زیستی (نمودارهای آبی تیره) به‌کمک روش‌های نوین محاسباتی، یادگیری ماشین، و هوش مصنوعی، بیشترین سهم (بیش از ۶۰ درصد) از پیامدهای مستقیم اقتصادی علوم زیستی را در کوتاه‌مدت (۲۰۲۰-۲۰۳۰) ایجاد خواهند کرد. (۱) عبارت است از خوانش حالات مغز برای کنترل تجهیزات خارجی، ستر دی‌ان‌ای، پروتئین‌ها، و میکروبیومها (برگرفته از چیویی و همکاران، ۱۴۰۲)

تأمین محصولات کشاورزی است. در چنین زنجیره‌هایی معمولاً تعداد زیادی واسطه بین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرند. بلاک‌چین‌ها می‌توانند سطح بالاتری از شفافیت، کارایی، و قابلیت ردیابی را برای انواع محصولات کشاورزی و غذایی ایجاد کنند. با پیشرفت فناوری اطلاعات و ارتباطات، بسیاری از فناوری‌ها مقرون‌به‌صرفه‌تر می‌شوند و استفاده از آن‌ها در سراسر جهان از جمله در کشورهای در حال توسعه گسترش می‌یابد. این پیشرفت‌های جدید، امکان تشخیص محتوای زیستی کالاهای مصرفی برچسب‌دار را فراهم ساخته و ردیابی مواد زیست-پایه در طول زنجیره تأمین را امکان‌پذیر می‌سازند (کاردونگ، ۲۰۲۳).

هوش مصنوعی نیز، می‌تواند به شیوه‌های مختلف به پایداری کمک کند؛ مانند بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش ضایعات، بهبود کارایی زنجیره تأمین و فعال کردن کشاورزی دقیق. علاوه، با توسعه مواد و فناوری‌های جدید برای تولید و ذخیره انرژی پاک، هوش مصنوعی خواهد توانست تحقیقات علمی و نوآوری را به‌منظور دستیابی به توسعه پایدار جهت ببخشد. از سوی دیگر، اینترنت اشیا^۱ قادر است با امکان‌پذیر ساختن نظارت و کنترل در زمان واقعی، مصرف انرژی و منابع در ساختمان‌ها، سیستم‌های حمل‌ونقل و فرآیندهای صنعتی را بهینه سازد و از این طریق به پایداری کمک کند (سکیب^۲، ۲۰۲۳).

نوآوری‌های میان علوم زیستی و دیجیتال نویدبخش خلق فرصت‌های جدید برای بازطراحی و معماری نوین فرآیندهای چابک و راه‌حل‌های پلتفرمی در طیف گسترده‌ای از صنایع است (لوزاکر^۳ و همکاران، ۲۰۲۳). این نوآوری متضمن سه مسیر مختلف است. نخستین مسیر، «مدیریت هوشمند جریان زیست‌توده» است که با مدیریت کارآمدتر توزیع زیست‌توده به‌کمک فناوری‌های دیجیتال، سبب افزایش ارزش مواد خام (زیست‌توده) می‌شود. مسیر دوم، «اقتصاد زیستی مبتنی بر داده» نام دارد که بر نیاز به گنجاندن داده‌های منابع طبیعی در فرآیند تصمیم‌گیری ذی‌نفعان مختلف برای افزایش ارزش روش‌های جمع‌آوری داده، تأکید دارد. مسیر سوم «اقتصاد منابع طبیعی شبکه‌ای و مشارکتی» بر توسعه پلتفرم‌های دیجیتال تمرکز دارد که تولید ارزش و جذب از شبکه‌های همکاری را امکان‌پذیر می‌کند. این مسیرها نشان می‌دهند که برچیدن مرز میان اقتصاد زیستی و اقتصاد دیجیتال، گامی معقول و روبه‌جلو تلقی می‌شود که پتانسیل عظیم بازارهای آینده و سرعت‌بخشیدن به رشد سبز را ممکن می‌سازد (آلا-یلوماکی^۴ و همکاران، ۲۰۱۸؛ ایستوود^۵ و همکاران، ۲۰۲۳).

تسهیل و توسعه روش‌های محاسباتی، تحلیل بزرگ-داده‌ها، یادگیری ماشین، و هوش مصنوعی، نیز، در همین راستا تلقی

1. Internet of Things (IoT)
2. Sakib
3. Losacker

4. Ala-Ilomäki
5. Eastwood

۵. نتیجه گیری

شناسایی فرصت‌های توسعه و طراحی استراتژی توسعه اقتصادی، مستلزم شناسایی به موقع فرصت‌های جدید در مرزهای علم و فناوری است که از قضا، اهدافی شدیداً متغیر و در حال گذار تلقی می‌شوند. در واقع، هریک از این فرصت‌های علم و فناوری قادرند تا از طریق درهم ریختن خلاقانه سبب افول یک عصر صنعتی و ظهور دوره‌ای جدید گردند و به تبع آن، نوعی اقتصاد تخصص یافته را شکل دهند که مشخصه بارز و ویژگی منحصر به فرد اقتصادهای توسعه یافته است. یک دستاورد بزرگ چنین اقتصادهایی که در مرزهای دانش و فناوری سیر می‌کنند، ظهور فعالیت‌های با ارزش افزوده بالا است که منجر به ارتقای بهره‌وری شده، رقابت پذیری اقتصادی را افزایش می‌دهند (تیتس و همکاران، ۲۰۲۴). می‌توان گفت که بسیاری از بازارهای تخصصی امروزی نشأت گرفته از فعالیت‌های آینده‌محوری است که در گذشته تعریف شده‌اند و تأثیرات شگرفی بر هدایت توسعه فناوری و اقتصادی برجای گذاشته‌اند، اینها روایت‌های واقعاً رویایی و هیجان‌انگیزی را تعریف کرده‌اند که منجر به پیشرفت‌های فناورانه بزرگی شده است. ابتکارات جسورانه‌ای، مانند پروژه آمریکایی‌ها برای سفر انسان به ماه و بازگشت ایمن به زمین در دهه ۱۹۶۰ یا پروژه ژنوم انسان که در دهه ۱۹۹۰ آغاز شد، از این دست فرصت‌های علمی و فناوری تلقی می‌شوند که در شکل دادن به آینده بسیار موثر بوده‌اند (تیتس و همکاران، ۲۰۲۴).

اکنون در هزاره سوم میلادی، نقش بی‌بدیل زیست‌شناسی و علوم زیستی پیشرفته به عنوان یک پیشران اصلی در تحول جوامع انسانی و آینده‌آفرینی به جهان پذیرفته شده است. با توجه به پیشرفت‌های شگرف در علم ژنتیک، زیست‌فناوری و مطالعات زیست‌محیطی، این رشته‌ها نقش محوری در شکل‌دهی به اقتصادهای نوین و پایدار ایفا می‌کنند. به‌ویژه آن‌که، پارادیم (پنداره) نوینی در راستای تلفیق و تقویت تعاملات فنی-تخصصی میان علوم زیستی و سایر فناوری‌های پیشرفته مثل هوش مصنوعی و فناوری اطلاعات و ارتباطات در حال شکل‌گیری است که می‌تواند موجب تحول در نحوه تعامل بشر با طبیعت شود.

آینده زیست‌شناسی و علوم زیستی فراتر از بررسی ساختار و عملکرد موجودات زنده، به درک عمیق‌تری از اثرات متقابل بین انسان و طبیعت منجر خواهد شد. علم زیست‌شناسی قادر است با ارائه راهکارهای پایدار و نوآورانه، تهدیدات زیست‌محیطی نظیر تغییرات اقلیمی، آلودگی و از بین رفتن تنوع زیستی را شناسایی و مدیریت کند. در این راستا، فرصت‌های ویژه‌ای برای توسعه فناوری‌های طبیعت-محور فراهم می‌آید که می‌تواند به برقراری تعادل بین نیازهای اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست بیانجامد.

نباید فراموش کرد که اصلاح رفتار بشر نسبت به طبیعت زمینه‌ساز تحقق این اهداف است. فرهنگ نهادی و فردی در قبال محیط‌زیست باید به گونه‌ای ارتقا یابد که انسان‌ها اقداماتی مسئولانه‌تر و پایدارتری داشته باشند. این اصلاح رفتار فرهنگی می‌تواند از طریق آموزش، ترویج آگاهی عمومی و ایجاد سیاست‌گذاری‌های مناسب علیه تخریب منابع طبیعی محقق شود. لازم است که نوآوری‌های علمی و فناوری ضمن انعطاف‌پذیری در برابر تغییرات محیطی، موجب تقویت احساس مسئولیت در قبال زمین و منابع آن گردند. در نهایت، همکاری میان محققان، صنعتگران و سیاست‌گذاران می‌تواند بستر مناسبی برای توسعه فناوری‌های زیست‌محور فراهم کند. آینده‌ای که در آن همزیستی انسان و طبیعت بسیار معنادارتر خواهد بود، به دلیل تلاش‌های مشترک و دیدگاه‌های جامع‌نگر در زمینه زیست‌شناسی و علوم زیستی شکل خواهد گرفت. در این میان، پذیرش و ترویج فناوری‌های طبیعت-محور نه تنها موجب حفظ منابع زیستی می‌شود، بلکه فرصت‌های شغلی جدید و ارزش‌های اقتصادی را نیز به دنبال خواهد داشت.

به‌طور کلی، نگاه آینده‌نگر در حوزه زیست‌شناسی و علوم زیستی، نه تنها بر ضرورت حفاظت از محیط‌زیست تأکید دارد، بلکه بایستی به عنوان ابزاری برای ایجاد فرهنگ یکپارچه و مسئولانه در درک و تعامل با جهان طبیعی عمل کند. از این رو، برای مواجهه با چالش‌های پیچیده قرن بیست و یکم، نیازمند یک رویکرد جامع و هم‌افزایی در راستای بهره‌وری از قابلیت‌های بی‌نظیر طبیعت هستیم.

منابع

۱. پروست، م. (۱۳۷۷). *در جستجوی زمان از دست رفته*: اسیر (جلد ۶). ترجمه مهدی سبحانی. تهران، نشر مرکز، ۵۰۴ ص.
۲. چپویی، م. و همکاران. (۱۴۰۲). *انقلاب زیستی، نوآوری‌های تحول‌آفرین در اقتصاد، اجتماع و زندگی ما*. ترجمه سید مهدی علوی و همکاران. تهران، انتشارات پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست‌فناوری، ۲۲۲ ص.
۳. سعدی شیرازی، م. ع. (۱۳۶۸). *گلستان سعدی*. به تصحیح غلامحسین یوسفی. تهران، انتشارات خوارزمی، ۸۱۵ ص.
۴. علوی، س. م. (۱۴۰۳). اقتصاد زیستی، مبانی دانشی، راهبردهای سیاستی و نوآوری‌های صنعتی. تهران، مرکز نشر دانشگاهی، ۶۵۰ ص.
۵. علی بن ابی طالب (ع)، امام اول، ابراهیم، محمد ابوالفضل، و ابن ابی الحدید، عبدالحمید بن هبه الله. بدون تاریخ. شرح نهج البلاغه (ابن ابی الحدید). ۲۰ ج. قم - ایران: مکتبه آیه الله العظمی المرعشی النجفی (ره).
۶. کلی، ک. (۱۳۹۸). *آینده نزدیک*. ترجمه شایان تقی‌نژاد. اصفهان، نشر آموخته، ۳۲۷ ص.
۷. کوهن، ت. (۱۳۹۳). *ساختار/انقلاب‌های علمی*. ترجمه سعید زیباکلام. تهران، انتشارات سازمان سمت، ۲۸۲ ص.
۸. گوپنیک، آ. (۱۳۹۹). *باغبان و نجار*. ترجمه مریم برومند. تهران، نشر نو، ۳۵۰ ص.
۹. هراری، ی. ن. (۲۰۱۵). *انسان خداگونه، تاریخ مختصر آینده*. ترجمه زهرا عالی. انتشارات فرهنگ نشر نو، ۱۳۹۷.
۱۰. یاگودزینسکی، ی. (۱۴۰۱). اندیشه‌ای در باب «آخرالزمان»: اهمیت زیست-هنر در هنرآموزش. ترجمه سید مهدی علوی. نامه علوم پایه، شماره ۶، تابستان ۱۴۰۱.
11. Ala-Ilomäki, J., Arvas, M., Backman, J., Hantula, J., Holmala, K., Häme, T., Isto, P., Kangas, A., Lantto, R., Nieminen, K., Nordlund, E., Pastell, M., Peltola, R., Pesonen, L., Pitkänen, J.-P., Piri, T., Pusenius, J., Seisto, A., Suomi, P., Utriainen, M., Viiri, H., & Väättäin, K. (2018). Bits and biomass: A roadmap to the digitalisation-empowered bioeconomy, VTT Technical Research Center of Finland, Helsinki.
12. Alméstar, M., Romero-Muñoz, S., Mestre, N., Fogué, U., Gil, E., & Masha, A. (2023). (Un) Likely Connections between (Un) Likely Actors in the Art/NBS Co-Creation Process: Application of KREBS Cycle of Creativity to the Cyborg Garden Project. *Land*, 12(6), 1145.
13. Bartkowski, B., Theesfeld, I., Pirscher, F., & Timaeus, J. (2018). Snipping around for food: economic, ethical and policy implications of CRISPR/Cas genome editing. *Geoforum*, 96, 172-180.
14. Baykov, A., Bogaturov, A., & Shakleina, T. (2023). Megatrends and Global Issues: Constants and Innovations in the Subject Area: In lieu of Introduction. In *Polycentric World Order in the Making* (pp. 3-11). Singapore: Springer Nature Singapore.
15. Beinhocker, E. D. (2006). *The Origin of Wealth: Evolution, Complexity, and the Radical Remaking of Economics*. Boston, Harvard Business Press.
16. Brooks D. (2013). *The Philosophy of Data*. The New York Times. Retrieved from: <https://www.nytimes.com/2013/02/05/opinion/brooks-the-philosophy-of-data.html>
17. Carlson, R. H. (2010). *Biology is technology: the promise, peril, and new business of engineering life*. Harvard University Press.
18. Coelho, C., Coelho, S. R., & Fialho, F. A. P. (2000). The Human Being in the Third Millenium: Learning to Experience his Sacred Space. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 44(33), 6-186-6-189-<https://doi.org/10.1007/154193120004403329>
19. Dedeoğlu, Ç., & Zampaki, N. (2023). Posthumanism for Sustainability: A Scoping Review. *Journal of Posthumanism*, 3(1), 33-57
20. de Lorenzo, V. (2011). Beware of metaphors: chasses and orthogonality in synthetic biology. *Bioengineered bugs*, 2(1), 3-7.
21. de Lorenzo, V. (2022). The four Fs of the knowledge-based BioEconomy—A homage to Christian Patermann. *EFB Bioeconomy Journal*, 2, 100035.
22. der Verwandlung, D. K. (September 31, 2024). Poetic Systems. Retrieved from: <https://ars.electronica.art/futurelab/en/inspiration/art-science-research/poetic-systems/>
23. Deretić, I., & Sorgner, S. L. (Eds.). (2016). *From Humanism to Meta-, Post, and Transhumanism?* New York: Peter Lang.

24. Eastwood, C., Turner, J. A., Romera, A., Selbie, D., Henwood, R., Espig, M., & Wever, M. (2023). A review of multi-scale barriers to transitioning from digital agriculture to a digital bioeconomy. *CABI Reviews*, (2023).
25. Elowitz, M. B., & Leibler, S. (2000). A synthetic oscillatory network of transcriptional regulators. *Nature*, 403(6767), 335-338.
26. el-Salam, A., Al-Sulaiti, K., & el-Haque, T. (2024, August). BIO-ART AS A DRIVER OF TECHNOLOGICAL INNOVATION. In The 31st International scientific and practical conference "Methodological aspects of education: achievements and prospects" (August 06 ,09–2024) Rotterdam, Netherlands. International Science Group. 2024 .252 p. (Vol. 5, p. 19).
27. Esposito, M. (2017). Expectation and futurity: The remarkable success of genetic determinism. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 62 ,1-9.
28. Frisvold, G. B., Moss, S. M., Hodgson, A., & Maxon, M. E. (2021). Understanding the US bioeconomy: A new definition and landscape. *Sustainability*, 13(4),1627.
29. Fritsche, U., Brunori, G., Chiaramonti, D., Galanakis, C., Hellweg, S., Matthews, R. A. P. C., & Panoutsou, C. (2020). Future transitions for the bioeconomy towards sustainable development and a climate-neutral economy—knowledge synthesis final report. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 10, 667966.
30. Fukuyama, F. (2004). Transhumanism. *Foreign policy*,(144),42-43.
31. Gardner, T. S., Cantor, C. R., & Collins, J. J. (2000). Construction of a genetic toggle switch in *Escherichia coli*. *Nature*, 403(6767),339-342.
32. Glaubrecht, M. (2023). On the end of evolution—Humankind and the annihilation of species. *Zoologica Scripta*, 52(3),215-225.
33. Greek Myths and legends. (July 17 ,2024). Prometheus: Stealing Fire from the Gods. Retrieved (July 17, 2024) from: <https://www.liverpoolmuseums.org.uk/world-museum/greek-myths-and-legends/prometheus-stealing-fire-gods>
34. Gurdo, N., Volke, D. C., McCloskey, D., & Nikel, P. I. (2023). Automating the design-build-test-learn cycle towards next-generation bacterial cell factories. *New Biotechnology* 74 ,1-15.
35. Hallward, P. (2006). *Out of this World: Deleuze and the Philosophy of Creation*. Verso.
36. Hamidi, F., Stamato, L., Scheifele, L., Hammond, R. C. V., & Asgarali-Hoffman, S. N. (2021, May). "Turning the Invisible Visible": Transdisciplinary Bioart Explorations in Human-DNA Interaction. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-15).
37. Hauser, J., & Strecker, L. (2020). On Microperformativity. *Performance Research*, 25(3),1-7. <https://doi.org/10.1080/1807739.2020.13528165>
38. Hauser, J. (1995). Art and agency in times of wetware. *Scientific American*, 273(3),216.
39. Hefner, P. (1988). The evolution of the created co-creator. *Currents in theology and mission*, 15(6),512-512.
40. Hillson, N., Caddick, M., Cai, Y., Carrasco, J. A., Chang, M. W., Curach, N. C., ... & Freemont, P. S. (2019). Building a global alliance of biofoundries. *Nature communications*, 10(1), 2040.
41. Holowko, M. B., Frow, E. K., Reid, J. C., Rourke, M., & Vickers, C. E. (2021). Building a biofoundry. *Synthetic Biology*, 6(1), ysaa026.
42. Kac, E. (1999). *Genesis*. Retrieved (September 14 ,2024) from: <https://www.ekac.org/genesis.html>
43. Kac, E. (2010). *Natural History of the Enigma*. Retrieved (August 02 ,2024) from: <https://www.ekac.org/nat.hist.enig.html>
44. Kardung, M. (2023). *Tracking the evolution of the European bioeconomy: from devising a conceptual framework to using move indicators* (Doctoral dissertation, Wageningen University).
45. Kiran, B. R., Prasad, M. N. V., & Mohan, S. V. (2024). Synthetic biology: An emerging field for developing economies. In *Bioremediation and Bioeconomy* (pp. 767-787). Elsevier.

46. Kircher, M., Maurer, K. H., & Herzberg, D. (2022). KBBE: The Knowledge-based Bioeconomy: Concept, Status and Future Prospects. *EFB Bioeconomy Journal*, 100034.
47. Laszlo, E. (2001). Human evolution in the third millennium. *Futures*, 33(7), 649-658.
48. Lee, S. (2016, February 15). common good. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/topic/common-good>
49. Lima, V., Belk, R. (2022). Transhumanist Technologies for the Transhumanist Consumer: An Abstract. In: Allen, J., Jochims, B., Wu, S. (eds) *Celebrating the Past and Future of Marketing and Discovery with Social Impact. AMSAC-WC 2021. Developments in Marketing Science: Proceedings of the Academy of Marketing Science*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95346-1_12
50. Lopez-Correa, C., & Suarez-Gonzalez, A. (Eds.). (2022). *Genomics and the Global Bioeconomy*. Academic Press.
51. Losacker, S., Heiden, S., Liefner, I., & Lucas, H. (2023). Rethinking bioeconomy innovation in sustainability transitions. *Technology in Society*, 102291.
52. Martin-Sanchez, F. (2006). Bio-ICT synergies. *ERCIM News No. 64*, 10-11
53. McCormack, J., & Wilson, E. (2024). Holon: a cybernetic interface for bio-semiotics. *arXiv preprint arXiv:03894.2404*.
54. Madzík, P. (2019). Capture and evaluation of innovative ideas in early stages of product development. *The TQM Journal*, 31(6), 908-927.
55. Miguela, F. N., & Danielab, B. T. (2022). Engineering microbial biofactories for a sustainable future. In *Genomics and the Global Bioeconomy*, 25OliveiraSamuel, M. D. (2022). Hardware, software, and wetware codesign environment for synthetic biology. *BioDesign Research*.
56. Opgenorth, P., Costello, Z., Okada, T., Goyal, G., Chen, Y., Gin, J., ... & Beller, H. R. (2019). Lessons from two design-build-test-learn cycles of dodecanol production in *Escherichia coli* aided by machine learning. *ACS synthetic biology*, 8(6), 1337-1351.
57. Oxman, N. (2016). Age of entanglement. *Journal of Design and Science*.
58. Oxman, N. (2018). Mothering nature. Retrieved (August 3 ,2024) from: <https://issuhub.com/view/index/180?pageIndex=308>
59. Paredes, O., Farfán-Ugalde, E., Gómez-Márquez, C., Borrayo, E., Mendizabal, A. P., & Morales, J. A. (2024). The calculus of codes-From entropy, complexity, and information to life. *Biosystems*, 236 ,105099.
60. Parton, S. (2018). The Rise of Dataism: A Threat to Freedom or a Scientific Revolution? Retrieved from: <https://singularityhub.com/2018/09/30/the-rise-of-dataism-a-threat-to-freedom-or-a-scientific-revolution/#>
61. Peters, T. (2014). *Playing God?: Genetic determinism and human freedom*. Routledge.
62. Plexousakis, D. (2006). Bits, Atoms and Genes Beyond the Horizon. *ERCIM News No. 64*, 7-13
63. Posner, M., & Klein, L. (2017). Editor's Introduction: Data as Media. *UC Press. Feminist Media Histories*, 3(3), 1-8. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/3ng7f0rf>
64. Reedy, C., and Javelosa, J. (2017). A New Brain-Interface Device Lets You Control Animals with Your Thoughts.
65. Retrieved from: <https://www.google.com/amp/s/futurism.com/a-new-brain-interface-device-lets-you-control-animals-with-your-thoughts/amp>
66. Rennings, M., Burgsmüller, A. P. F., & Bröring, S. (2023). Convergence towards a digitalized bioeconomy—Exploring cross-industry merger and acquisition activities between the bioeconomy and the digital economy. *Business Strategy & Development*, 6(1),53-74.
67. Rucker, R. (1988). *Wetware. Ware Tetralogy*. New York: Avon Books.
68. Sakib, S. N. (2023). The Role of Innovation in Driving the Bioeconomy: The Challenges and Opportunities. *Handbook of Research on Bioeconomy and Economic Ecosystems*, 288-311.

69. Shimizu Y. (no date). Symbiotic Creativity. Retrieved (September 14 ,2024) from: <https://yokoshimizu.com>
69. Shingane, P. (2019). Google Tulip - Communicate with Plants. Retrieved from: <https://www.google.com/amp/s/www.infiflex.com/google-tulip--communicate-with-plants>
70. Shulevsky, N. B., & Zotova, E. S. (2021). Technologism as a Suicidal Sentence of Parasitic Civilizations. *Russian Journal of Legal Studies (Moscow)*, 8(1), 9-18
71. Stamato, L., Higgins, E., Prottoy, H. M., Asgarali-Hoffman, S., Scheifele, L., Dusman, L., Hamidi, F. (2022). Raaz: A Transdisciplinary Exploration at the Intersection of Bioart, HCI, and Community Engagement. *Front. Comput. Sci.*, 17. doi:10.3389/fcomp.830959.2022.
72. 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.
73. Tiits, M., Karo, E., & Kalvet, T. (2024). Small countries facing the technological revolution: fostering synergies between economic complexity and foresight research. *Competitiveness Review: An International Business Journal*. Verbeek, P. P. (2015). COVER STORY beyond interaction: a short introduction to mediation theory. *interactions*, 22(3), 26-31.
74. Vivien, F. D., Nieddu, M., Befort, N., Debref, R., & Giampietro, M. (2019). The hijacking of the bioeconomy. *Ecological economics*, 159 ,189-197.
75. Vogt, M., & Frankenreiter, I. (2022). Bioeconomy: The Innovative Twin of Sustainability. *Sustainability*, 14(22), 14924.
76. Walter, A., Finger, R., Huber, R., & Buchmann, N. (2017). Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(24), 6148-6150.
77. Watanabe, C., Naveed, N., & Neittaanmäki, P. (2019). Digitalized bioeconomy: Planned obsolescence-driven circular economy enabled by Co-Evolutionary coupling. *Technology in society*, 56 ,8-30.
78. Wesseler, J., & von Braun, J. (2017). Measuring the bioeconomy: Economics and policies. *Annual Review of Resource Economics*, 9 ,275-298.
79. Wilde, K., & Hermans, F. (2021). Innovation in the bioeconomy: Perspectives of entrepreneurs on relevant framework conditions. *Journal of cleaner production*, 314 ,127979.
80. Xu, X., Liu, Y., Du, G., Ledesma-Amaro, R., & Liu, L. (2020). Microbial chassis development for natural product biosynthesis. *Trends in biotechnology*, 38(7), 779-796.
81. Zafar, S., Nazir, M., Bakhshi, T., Khattak, H. A., Khan, S., Bilal, M., ... & Sabah, A. (2021). A systematic review of bio-cyber interface technologies and security issues for internet of bio-nano things. *IEEE Access*, 9 ,93529-93566.
82. Zhang, Y., Yan, Z. E. N. G., & QinHong, W. A. N. G. (2021). Advances in synthetic biomanufacturing. *Synthetic Biology Journal*, 2(2), 145.

کوری آموزشی و پژوهشی: بخش ۲) یک باگ جان سخت در جان آموزش و سیاست آموزشی

کامران شریفی
دانشیار بخش داخلی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه فردوسی مشهد
shariffp@um.ac.ir
نامه علوم پایه شماره ۱۱ و ۱۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۲

چکیده

برخلاف نظام دانشگاهی در جهان که ایده دانشگاه از دل کالجها یا حوزههای علمی مسیحی سربرآورد، دانشگاه در ایران مفهومی وارداتی بود. در اروپا دانشگاه و صنعت پا به پای هم رشد کردند، اما در ایران ایده و فلسفه‌ای برای دانشگاه وجود نداشت و به اهمیت آن هم توجه نشد. هدف اصلی از پایه گذاری دانشگاه در ایران، تربیت نیروی بوروکرات و تکنوکرات برای در دست گرفتن پستهای بلاتصدی در کل ایران بود که برطرف کردن این کمبود، در اولویت حاکمیت بود.

در ایران سه دوره تورم در آموزش عالی قابل تشخیص است، دوره ۱۳۳۲-۱۳۵۷، دوره ۱۳۶۵-۱۳۷۵ و دوره ۱۳۷۵ تا به امروز. آثار تورمی از نظر بیکاری دانش‌آموختگان در دوره اول به راحتی قابل تشخیص نبود، زیرا به علت رشد اقتصادی ده درصدی که از دهه ۴۰ شمسی آغاز و تا سال ۱۳۵۷ ادامه یافت، گسترش بدنه دولت، و در پی آن استخدام و جذب تقریباً تمامی دانش‌آموختگان موجب شد که فقدان ایده و فلسفه دانشگاه چندان به چشم نیاید بعد از طرح تعدیل اقتصادی، به ناگهان استخدام‌های دولتی متوقف شد و در نتیجه، حوزه تحصیل از حوزه اشتغال جدا شد و تورم در دانش‌آموختگان به صورت یک مشکل اجتماعی درآمد. از یک طرف آموزش و پرورش، پرورش شهروند و کارآمدی برای اشتغال را به نفع آمادگی برای کنکور کنار گذاشت، و از طرف دیگر، در فقدان یک ایده دانشگاه و بستر صنعتی و اجتماعی مناسب، دانشگاه‌ها نیز به سمت گسترش بیش بیرویه دوره‌های کارشناسی ارشد و دکترا رفتند. نتیجه آن شد که بخش قابل توجهی از بیکاری در میان دانش‌آموختگان دانشگاه‌ها دیده می‌شود.

در این مقاله بر اهمیت ایده و فلسفه دانشگاه از این دیدگاه آموزش معطوف به نیازهای جامعه و کارآیی دانش‌آموختگان اشاره می‌شود. به جای تاکید بر این که چه باید تدریس شود، باید به این موضوع توجه کرد که برای موفقیت حرفه‌ای و پاسخ به نیاز جامعه چگونه برنامه آموزشی را باید سامان داد استراتژی برنامه‌های آموزشی باید بر اساس القای توانمندی‌های (۱) آموزش فراگیر؛ (۲) قوه تفکر نقادانه؛ (۳) میل به آموزش مداوم؛ (۴) صلاحیت و کفایت حرفه‌ای باشد تا محتوای واحدهای درسی مطابق با نیازهای جامعه حول این استراتژی‌ها سامان یابد به جای برنامه‌های درسی تنش‌زا، توان‌فرسا، و علمی صرف، برنامه‌های درسی چالاک، مجهز به امکانات نرم‌افزاری روز (از جمله هوش مصنوعی)، و معطوف به مهارت حرفه‌ای را بتوان طراحی کرد کلمات کلیدی: ایده و فلسفه دانشگاه، تورم در آموزش عالی، آموزش فراگیر، قوه تفکر نقادانه، میل به آموزش مداوم، صلاحیت و کفایت حرفه‌ای، برنامه درسی و آموزشی

مقدمه

به لحاظ محتوایی و درونی، و نه ساختاری و پشتیبانی، نظام آموزش عالی کشور را باید مرکب از پنج مؤلفه اصلی دانست که هر کدام نظامی با اجزای متعدد و به هم پیوسته است. این نظام‌ها عبارت‌اند از:

- ۳- نظام اطلاع‌رسانی
- ۴- نظام سنجش و ارزیابی
- ۵- نظام حمایت و تشویق (۱)

رشد متوازن آموزش عالی در گرو توسعه هماهنگ نظامهای پیش‌گفته است و برای رشد و توسعه پایدار نظام آموزش عالی نمی‌توان برخی از اجزای آن را بالندگی داد و یک یا دو نظام آن

- ۱- نظام آموزشی
- ۲- نظام پژوهشی

می‌یابد، اما سطح تماس با اقیانوس ناشناخته‌ها نیز دائماً افزایش می‌یابد. از آنجا که تمدن بشری وارد مرحله‌ای شده که رشد علمی برای ثبات جامعه انسانی را دیگر نمی‌توان متوقف کرد، روند انتقال به نسل بعدی برای تضمین رشد فزاینده علمی، در مفهوم نظام آموزش و پرورش، دچار بحران می‌شود که در هر زمان باید آن را بازسازی، بازآرایی و بازطراحی کرد. لذا رشد و ارتقاء نظام آموزش و پرورش همانند رشد پژوهشی از روز اول، امری لازم و دائمی بوده است، اما اهمیت آن هیچگاه به اندازه رشد پژوهشی به چشم نیامده است.

۱. ارزیابی روند آموزش: ارزیابی سوژه (مواد آموزشی) و ابژه (دانش‌آموزان و دانشجویان)

برای ارزیابی هر روندی، قضاوت درمورد فراورده و محصول نهایی آن جایگاه ویژه‌ای دارد. دانشجویان و دانش‌آموختگان فراورده نهایی روند آموزش هستند و ارزیابی وضعیت آموزشی از روی کارایی آن‌ها ملاک مهمی است برای قضاوت درباره آنچه که در سطح آموزش عالی می‌گذرد. باین‌حال، باید به وضع آن‌ها پیش از ورود به دانشگاه هم توجه داشت. دانش‌آموزان ما پس از شرکت در کلاس‌های فشرده دوران دبیرستان و مارتن کنکور پا به دانشگاه می‌گذارند و در همان بدو ورود خسته هستند؛ خسته از مطالب عظیمی که در دبیرستان به خورد آن‌ها داده شده است. باز به نظر می‌رسد که مشکلی که ژان پیاژه به آن اشاره کرده بود، به نحوی حادث در آغاز دهه سوم قرن بیست و یکم تداوم یافته است

«مسئله مهمی که درباره آن کمتر مطالعه شده است، مسئله توسعه و افزایش حجم پیوسته معارف و فنون بشری است، بدون اینکه از تنه مشترک فرهنگ عمومی غافل شویم. در نتیجه در اغلب موارد، برنامه‌های آموزشی چنان سنگین شده‌اند که ممکن است به تندرستی و سلامت عقلی دانش‌آموزان صدمه بزنند و به جای تسریع در روند آموزش و تکمیل آن، تربیت آنان را به تأخیر بیندازند. مسئله خستگی مفرط تحصیلی که محافل پزشکی و روانشناسی را بیش از مسئولان آموزش و پرورش نگران می‌سازد، موجب می‌شود سخت نگران این باشیم که در یک آموزشگاه حتی اگر بر توانمندی‌هایی نظیر ابتکار و ابداع بیش از تکیه بر محفوظات و محتویات کتاب‌ها نیز تأکید می‌شود، باید نظر کرد تا ببینیم آیا از آموختن مطالب بی‌فایده پرهیز می‌کنند؟ از این سؤال به مسئله امتحانات می‌رسیم، مخصوصاً در کشورهایی که نظام مسابقات ورودی (کنکور) بیداد میکند و چه‌بسا سبب می‌شود که مستعدترین و سودمندترین افراد برای جامعه، درست در سنین شکل گرفتن افکار نوی که جهت

را فروگذارد. اینک به بهای رشد حبابی در نظام پژوهشی، نظام آموزشی در اولویت نیست و مورد بی‌مهری قرار گرفته است. به‌باور نگارنده، این نظام آموزشی است که موتور محرک رشد در سایر اجزای نظام آموزش عالی کشور است و باید به‌طور جدی بازبینی شود، درحالی که در حد و اندازه دستگاه آموزش و پرورش هم به بررسی و پیمایش و تحقیق در زمینه آن نپرداخته‌اند.

مسئله فقط مربوط به امروز و ایران و محدود به آموزش عالی نیست. از سال‌ها پیش پیازه (ژان) (۱۸۹۶-۱۹۸۰)، شناخت‌شناس سوئیسی، به شیوه زیر به این مشکل اشاره کرده بود و امروز نیز همچنان ادامه دارد:

امروزه عدم تناسبی وحشتناک در امور آموزشی وجود دارد و آن عدم تناسبی است که میان فراوانی کوشش‌های به‌عمل آمده و عدم تجدیدنظر اساسی در روش‌ها و برنامه‌ها و حتی طرح مسائل و به بیان جامع بازسازی دانش آموزش و پرورش به‌عنوان دانش رهبری‌کننده امور وجود دارد. آن هم درحالی که سال‌ها از اعلام خطر از سوی فرهنگستان ملی علوم ایالات متحده در واشنگتن توسط فیزیک‌دانان نامداری مانند زاکاریاس و فریدمن به مؤسسه معروف تکنولوژی ماساچوستس می‌گذرد که ناهماهنگی کامل موجود میان روح علم کنونی و آموزش علوم در تمام مدارج تحصیلی را مورد تأکید قرار دادند (۲).

جرالد زاکاریاس^۱ (۱۹۰۵-۱۹۸۶) و فرانسیس فریدمن^۲ (۱۹۱۸-۱۹۶۲) اساتید و پژوهشگران انستیتو تکنولوژی ماساچوست در ۱۹۵۶، بر ناهماهنگی کامل میان روح علم کنونی و آموزش علوم در تمام مدارج تحصیلی انگشت گذاشتند و «کمیت مطالعات علم فیزیک»^۳ را با اریک راجرز^۴، جرج گامو^۵، سنفورد براون^۶ و ویکتور ویسکوف^۷ بنیان نهادند تا فعالانه آموزش فیزیک پایه دبیرستانی را بازبینی، و روش‌های بهبود و ارزیابی آن را طراحی و اجرا کنند. به دنبال آن، کتاب‌های متعدد فیزیک نوین، فیلم‌های آموزشی و مواد آزمایشگاهی کلاسی را طراحی کردند که در دو دهه ۶۰ و ۷۰ میلادی توسعه یافت و به سراسر جهان سرایت کرد؛ چون فیزیک فقط کاغذ و قلم نیست. وقوع ناهماهنگی بین روح علم کنونی و آموزی فقط محدود به دوران زاکاریاس و فریدمن نخواهد ماند، و با انباشت و نیز درهم‌تنیدگی و یکپارچگی رشته‌های مختلف علمی زمانی فرا می‌رسد که نظام آموزش و پرورش دچار بحران می‌شود. به عنوان یک قیاس تمثیلی، علم و دانش برای انسان به صورت یک جزیره عمل می‌کنند که ساحل آن در تماس با اقیانوس ناشناخته‌ها و تاریکی است. با کشفیات جدید، این جزیره گسترش

1. Jerrold Reinach Zacharias

2. Francis Lee Friedman

3. Physical science study committee (https://en.wikipedia.org/wiki/Physical_Science_Study_Committee, Accessed: 21 Jan 2025)

4. Eric M. Rogers

5. George Gamow

6. Sanford C. Brown

7. Victor Weisskopf

در مورد آموزش و پرورش مدرن ایران صحبت زیادی از جان فشانی و پای‌مردی میرزا حسن رشدیه می‌شود، که حق بزرگی بر گردن ایرانیان دارد. البته، در دوران قاجاریه مدارس مدرن هم پا گرفته بود، اما هنگامی که کار به تاسیس نهاد مدرن آموزش و پرورش، در حد معماری و مهندسی یک نهاد بزرگ، پویا، در پیوند با مقتضیات جامعه، با نگرشی رو به آینده و در پیوند با جهان مدرن می‌شود، باید از افراد متعددی نام برد که رتبه اول در امر آموزش و پرورش احتمالاً به علی اصغر حکمت، وزیر معارف، می‌رسد. هر نهادی که تاسیس می‌شود، در ابتدا نهالی است که به راحتی می‌توان به آن شکل داد و جهت‌گیری‌اش را معین کرد، کاری که در زمان فرد اخیر، به رغم تمامی موانع ممکن شد. با این حال، وقتی که رشد نهال این نهاد به درجاتی قوت گرفت، برنامه ریزی کلان و درازمدت می‌خواست تا بتواند پیوندی اندام‌وار و پویا با تولید ناخالص داخلی^۱ برقرار کند.

به این ترتیب باید از خود پرسیم: فلسفه آموزشی ما، در مقام «تئوری و مشی حرفه‌ای»^۲ چیست؟ نهادهای آموزشی مسئول انتقال جوانب مهمی از فرهنگ هستند. از قول باتز نقل شده است فرهنگی که باید انتقال یابد عبارت است از کل روش زندگی که خلق شده، یادگرفته شده، به طور مشترک پذیرفته شده و از نسلی به نسل دیگر توسط برخی اعضای یک جامعه خاص انتقال یافته است، شامل طیف کامل موسسات اجتماعی، الگوهای سازمان یافته رفتار، رسم‌ها و انتظارها، ابزارها و فناوری، مجموعه دانش‌ها، اندیشه و عقاید، آرمان‌ها، ارزش‌ها و مصوبه‌های مورد قبول، اشکال نمودهای خلاق و روش‌های ارتباطی است (صص ۴۶-۴۷).

۳. اهمیت بنیادی فلسفه آموزشی و تلقی آموزگاران و اساتید از تعریف فرهنگ

برای داشتن نظامی جامع و یکپارچه در اجتماع که در یک شبکه سیستم‌ها را به هم مرتبط گرداند، دیگر نمی‌توان محصول نهایی هر نهاد آموزشی را مستقل به حساب آورد و به حساب خودمان روانه اجتماع و بازار کار کرد. برهمکنش فعالیت نهادهای آموزشی بسیار مهم است. ایجاد دانش‌آموخته‌ای که به کار بازار کار بیاید، پایین‌ترین سطح هدف گذاری است. ضرورت دارد که از هم‌افزایی و برهمکنش رشته‌های مختلف، رشته‌هایی که بسیاری از آنها باید بازبینی، در هم ادغام و یا خلق شوند، در یک زیست‌محیط فرهنگی، یا فرهنگ‌محیط که باید خلق شود. این فرهنگ محیط به نوع دیگری نیز تعبیر شده است: بدون این کار، هیچ آموزشی صورت نگرفته است. «آشنا ساختن انسان با روش‌های تحقیق^۳ و پرورش روحی که درعین حال سازنده و منتقد باشد، درحقیقت جزئی از انسانیت^۴ جدید است که از مشخصات فرهنگ متحول به‌شمار

شغل آینده آنان را تعیین می‌کند، ماه‌ها و سال‌های گرانبهای عمر خود را در این راه به هدر دهند (۲) (با کمی ویرایش از سوسی نگارنده).

این مسئله به یک معضل غیرقابل حل تبدیل شده است. چندین دهه است که رقابت در کنکور و ورود به دانشگاه به مسئله اصلی خانواده‌ها تبدیل شده و به همان میزان مشکلات چندوجهی برای جامعه به وجود آمده است.

۲. آمدن اطفال گریزپا به پشت میزها به امید دستیابی به شغل دیوانی

در رابطه با تاریخچه تحول امرآموزش در ایران، شاید مهم‌ترین حادثه تاریخی، دست کم تاریخ ۳۰۰ ساله ایران را بتوان انقلاب مشروطیت و صدور فرمان مشروطیت در ۱۲۸۵ در نظر گرفت. در پی این واقعه تاریخی، ایران از چاه اعماق قرون به سطح زمین آمد. یکی از مهم‌ترین تحولاتی که باید به آن توجه می‌شد، پی افکندن بنای آموزشی بود که بتواند فاصله ایران را با جهان آن روز کم کند. آموزش و پرورش کار بزرگی در تکوین و توسعه مفهوم آینده در ذهن ایرانیان انجام داد. در یک زندگی قبیله‌ای و مناسبات روستایی، آینده چندان مفهومی ندارد. در آن زمان، بچه‌ها از ۵-۷ سالگی به کشاورزی یا به چرا بردن حیوانات مشغول می‌شدند و در حدود ۱۵ سالگی و در مورد دختران شاید زودتر، پدر و مادر می‌شدند. مفهومی از آینده به معنای امروزی وجود نداشت. مشروطیت، و آموزش و پرورش بود که این دریچه را در ذهن ایرانی گشود که زیستن به شیوه دیگری هم ممکن است. از مفهوم و پنجره‌ای مهم در زندگانی به نام نوجوانی نیز خبری نبود. برای مردمی دلبسته به کار کشاورزی و دامداری و با انگیزه‌های قوی سنتی احترام به کار یدی و لزوم برخاستن خاک از سرشانه مردان به هنگام تکاندن، چه می‌بایست کرد که از پشت خیش به پشت میز هم بیایند. پیش بینی سه ماه تعطیلی تابستان برای همین بود که کودکان پس از سال تحصیلی به یاری خانواده کشاورز و دامدار خود بروند.

انگیزه‌های دیگری هم باید ایجاد می‌شد. یکی از این انگیزه‌ها، ایجاد اشتغال، یک آب باریکه قابل اعتماد و آینده قابل اعتماد بود. جذابیت‌های دستگاه دیوانی، «کارمندی (نوکران دولت یا اجزای ادارات، حقوق و مزایا (موجب و مداخل)، و بازنشستگی (تقاعد)» به صورت یک بسته در آن زمان نان و آبدار کم کم موجب شد که توجه و گرایش به تحصیل، به غیر از اشراف، مورد توجه خانواده‌های سنتی هم قرار گیرد. کشور در مسیر مدرنیزاسیون (و نه مدرنیته) قرار بود گام بردارد و برای هدایت کشور و گردش کار بوروکراسی یا امور دیوانی، نیروی باسواد و آگاه به ریزه‌کاری‌های کار بسیار کم بود.

1. Gross Domestic Product (GDP)
2. Theory and Practice

3. Verification
4. Humanism

آلمان، سپس بقیه اروپا و بعدها در ایالات متحده به الگوی مسلطی تبدیل شد (۵) که بعدها ایده دانشگاه کارآفرین به عنوان نسل چهارم دانشگاه‌ها از دل آن در ایالات متحده درآمد.

آن چه در ایران به طور ناخودآگاه مورد توجه قرار گرفت، توجه به دانشگاه به صورت مدل دوم، یعنی تامین نیرو یا کادر برای بوروکراسی بسیار ضعیف و در حال رشد ایران بود. وسعت کشور و کارهای زمین مانده فراوان، به طور ذاتی شتاب و ولعی فراوان برای تربیت نیروی انسانی آموزش دیده و به ویژه دانشگاهی در دولتمردان ایجاد کرد. در تاریخچه ششصد ساله ایرانیان با تمدن غرب چهار دوره قابل تشخیص است: نادیده انگاری، بهت، خودیابی و آگاهی (۴، ص ۳۹). هنوز در این دوره، در مرحله بهت قرار داشتیم. به باور نگارنده به این فهرست باید دوره سرگشتگی و توهم دانایی، و پیامد آن، کوری آموزشی و پژوهشی فعلی را هم باید افزود، که موجب شده به غلط گمان کنیم که به مرحله آگاهی رسیده‌ایم.

با توجه به مقتضیات و مختصات ایرانیان و به ویژه دولتمردان در اوایل قرن چهارده شمسی در دوران پهلوی اول، انتظاری بیش از این شاید غیرمنصفانه باشد. از ۱۲۸۵ که فرمان مشروطیت صادر شد، آشوب‌های زیادی در ایران رخ داد که جنگ جهانی اول و بیماری‌های متعدد مثل وبا، مسموم، طاعون، آنفلوآنزای اسپانیایی (۶، ۷) پریشانی را به اوج رساند؛ به نحوی که می‌توان گفت از ۱۲۹۰ تا ۱۳۰۰ کشور در اغما ۴ بود. حکومت پهلوی اول و دولت برآمده از آن از این وضعیت به در آمده بود و برای سامان دادن به کارها امتیازات رشک برانگیزی در مفهوم اشتغال و حقوق برای کسانی که حاضر به تحصیل می‌شدند و حتی اعزام به خارج محصلین در عین تنگنای مالی قائل می‌شد. در یک معنا، تحصیل فی نفسه به معنی تضمین آتیهای قابل اطمینان و آسوده در نظر آمده بود.

۵. اولین دوره تورم در آموزش عالی

رشد آموزش عالی در ایران از زمان تاسیس دانشگاه تهران در ۱۳۱۳ تا ۱۳۳۰ کند بوده است. بعد از تحولات سال‌های ۳۰-۳۲، رشد شتابانی در توسعه مدارس و دانشگاه‌ها شروع می‌شود که تا ۱۳۵۰ ادامه دارد.

این تورم خیلی زود، در ابتدا به صورت بیکاری دانش‌آموختگان دبیرستان‌ها یا در اصطلاح عام دیپلمه‌ها خود را نشان داد. عیسی صدیق به نحوی دقیق تبعت این تورم را به این صورت پیش بینی کرد:

در چند سال اخیر هر سال بیش از پنجاه هزار نفر از این گونه

می‌رود و نیز آرزوی مربیانی است که در ورای دیوارهای ستبری که رشته‌ها و درس‌ها را از یکدیگر جدا می‌کند، به حفظ نوعی وحدت در تربیت تمایل دارند» (۲).

۴. صعود از نردبان اجتماعی و تحول از یک جامعه باستانی به مفهوم دولت-ملت تا زمانه حاضر

از اواخر قاجاریه و با سرعت بیشتر در دوران پهلوی اول و همزمان در کشورهای منطقه از جمله ترکیه، این تفکر شکل گرفت که با تحصیل صرف می‌توان از نردبان اجتماعی بدون داشتن پشتوانه یک خانواده اشرافی یا پشتیبانی یکی از مقامات عالی کشور بالا رفت. شاید به خاطر دارالفنون و رشته‌های محدود تحصیلی آن باشد که در حافظه تاریخی ایرانیان از همان زمان کودکی در گوش هوش کودک القاء میشود که در آینده یا پزشک یا مهندس شوند. دارالفنون رشته حقوق هم داشت. فقط در سال‌های اخیر، با گسترش و انباشت حیرت انگیز پرونده‌های قضایی، حقوق نیز به یکی از رشته‌های پرطرفدار در کنکور تبدیل شده است.

در نامه عبدالحسین تیمورتاش وزیر دربار رضاشاه به عیسی صدیق که برای بررسی به دانشگاه کلمبیا فرستاده شده بود، به تاریخ ۱۰ فروردین ۱۳۱۰ از وی پرسیده بود که برای تاسیس دارالفنونی با شعب پداگوژی، طب، مهندسی راه سازی (شوسه و راه آهن) در طهران نیاز به چند نفر معلم و چه تاسیساتی داشته برآورد هزینه آن چقدر است؟ این نامه و اظهارات شفاهی محمود حسابی، بیانگر آن است که انگیزه غالب در تاسیس دانشگاه، تربیت معلم بوده است. دولت بودجه کافی برای تامین معلمان و استادان خارجی نداشته، لذا به تاسیس دانشگاه روی می‌آورد و در واقع بدان تن در می‌دهد. (۴، ص ۱۱۳-۱۱۴).

در شیوه تاسیس دانشگاه در ایران به سیر تحول مفهوم دانشگاه در مفهوم مدرن و غربی، و ایده فلسفی آن توجهی نشد که در دنیای غرب به صورت یک پیوستار قابل تبیین است. در اواخر قرون وسطی با متولد شدن ایده دانشگاه از دل حوزه‌های علمی مسیحی با هدف نواندیشی و بازاندیشی در امور دینی مفهوم دانشگاه مدرن نیز متولد شد. ایده فلسفی دانشگاه پاریس دفاع از الهیات بود تا تفسیر امروزینه‌ای از متون دینی ارائه دهد. در ادامه، دانشگاه به مکانی برای تربیت نیرو برای دیوانسالاری (بوروکراسی) برای مفهوم ملت-دولت^۱ (مدل دوم) در آمد که در آن زمان در اروپا در حال شکل گرفتن بود. احتمالاً تلاش‌های بیسمارک^۲ در اتحاد سرزمین‌های آلمانی زبان در یک آلمان واحد، نمونه کلاسیک آن است. در مدل سوم، ویلهلم فون هومبولت^۳ ایده دانشگاه برای کشف حقیقت را مطرح نمود. ایده هومبولتی در بسیاری از دانشگاه‌های

5. Nation-State

6. Otto Eduard Leopold von Bismarck

7. Wilhelm von Humboldt

4. http://www.mghaed.com/essays/comment-and-review/decade_of_chaos_and_coma.1.htm (Accessed: 21 Jan 2025)

بزرگ با وسعت فوق‌العاده در تهران، مشهد، اصفهان، تبریز و اهواز نقش کاتدرال‌ها یا کلیساهای اعظم در قرون گذشته را از بابت هیبت و اعتبار بخشی به حاکمیت ایفا می‌کردند. خوابگاه دانشگاه شیراز بر تپهٔ ارم و اشراف آن بر کل شهر که از فراز آن، کل دشت شیراز تا دریاچهٔ مهارلو در زیر پا است، برجسته‌ترین نماد اعتبار بخشی یک کاتدرال دانشگاهی و اعتماد به نفس حکومت وقت از بابت پشتگرمی به اعتبار علم رائج دوران بود.

در دههٔ چهل همچنان با جذب دیپلمه‌ها و دانشگاهیان در ادارات دولتی، بروز بحران برآمده از فقدان فلسفهٔ آموزشی، ایده و فلسفهٔ دانشگاه و علم در جامعه را به تاخیر انداختند. رشد اقتصادی خیره‌کننده و رشک برانگیز حدود ده درصدی در دههٔ چهل که به همت فناوری (تکنوکرات‌هایی) که حکومت پهلوی دوم جایگزین سیاستمداران استخواندار و با تجربهٔ دیوانی دوران قاجار کرده بود، اعتماد به نفس زیادی به حکومت در تاسیس نهادهایی مثل سپاه دانش، سپاه بهداشت و سپاه ترویج و آبادانی داده بود. دختران و پسرانی که وارد این سپاه می‌شدند، بعد از پایان دوران خدمت به راحتی به استخدام ادارات دولتی درآمده یا وارد دانشگاه می‌شدند، و برای دانش‌آموختگان آموزش و پرورش و به طریق اولی دانشگاه دغدغه و نگرانی وجود نداشت.

دانشگاهیان نیز با توجه به پشتوانهٔ منابع اقتصادی، سیاست خارجی قدرتمند و روابط خارجی گسترده از بابت نیازهای اساسی دسترسی به منابع روز دنیا از نظر مجلات و کتاب‌ها، تجهیزات و وسایل آموزشی و پژوهشی، شرکت در سمینارها و کنگره‌ها و فرصت‌های مطالعاتی در بهترین دانشگاه‌های دنیا هیچ کمبودی بابت پشتگرمی در دههٔ چهل همچنان با جذب دیپلمه‌ها و دانشگاهیان در ادارات دولتی، بروز بحران برآمده از فقدان فلسفهٔ آموزشی، ایده و فلسفهٔ دانشگاه و علم در جامعه را به تاخیر انداختند. رشد اقتصادی خیره‌کننده و رشک برانگیز حدود ده درصدی در دههٔ چهل که به همت فناوری (تکنوکرات‌هایی) که حکومت پهلوی دوم جایگزین سیاستمداران استخواندار و با تجربهٔ دیوانی دوران قاجار کرده بود، اعتماد به نفس زیادی به حکومت در تاسیس نهادهایی مثل سپاه دانش، سپاه بهداشت و سپاه ترویج و آبادانی داده بود. دختران و پسرانی که وارد این سپاه می‌شدند، بعد از پایان دوران خدمت به راحتی به استخدام ادارات دولتی درآمده یا وارد دانشگاه می‌شدند، و برای دانش‌آموختگان آموزش و پرورش و به طریق اولی دانشگاه دغدغه و نگرانی وجود نداشت.

دانشگاهیان نیز با توجه به پشتوانهٔ منابع اقتصادی، سیاست خارجی قدرتمند و روابط خارجی گسترده از بابت نیازهای اساسی دسترسی به منابع روز دنیا از نظر مجلات و کتاب‌ها، تجهیزات و وسایل آموزشی و پژوهشی، شرکت در سمینارها و کنگره‌ها و فرصت‌های مطالعاتی در بهترین دانشگاه‌های دنیا هیچ کمبودی

دبیرستان‌های بی‌معلم و وسیلهٔ تعلیم «دیپلمه» می‌شوند و قریب یک ثلث آنها در مدارس عالی و دانشگاه‌ها وارد می‌شوند و بقیه باری هستند بر دوش جامعه که به صورت استخدام دولت درمی‌آیند و پشت میز نشین می‌شوند. بدون این که احتیاج به خدمت آنها باشد یا آنها بتوانند خدماتی که مورد حاجت است انجام دهند. در صورتی که مملکت در حال تحول سریع و صنعتی شدن است و محتاج است به هزاران استاد کار و کمک‌مهندس و کارشناس در انواع پیشه‌ها و حرفه‌ها و صنایع و خدمات فنی و اداری. (۴، صص ۱۱۶-۱۱۷)

به کار گماردن این دیپلمه‌های به زعم عیسی صدیق پشت میز نشین و بی‌بازده، را می‌توان نوعی اقدام برای جلوگیری از آشوب‌های اجتماعی به بهانهٔ بیکاری جوانان هم در نظر گرفت. در گزارشی از سال ۱۳۴۱ آمده است که وزارت فرهنگ در ده سال گذشته پنجاه و دو هزار دیپلمه تحویل داده است که اینک به بالای بیکاری دچار شده‌اند (۸) (شکل ۱).



شکل ۱. گزارش سرویس اجتماعی مجلهٔ روشنفکر (۱۳۴۱)، در مورد بیکاری دیپلمه‌ها و تلاش برای ورود به دانشگاه

دانشگاه در آن دوره پناهگاهی بود که بسیاری از ایرادها و کم و کاستی‌های آموزش و پرورش آن زمان را به میزان قابل قبولی جبران می‌کرد. دانش‌آموختگان دانشگاه‌ها به محض خروج از دانشگاه کارآمدی بسیار بالایی از خود نشان می‌دادند و به راحتی توسط دانشگاه‌های ممتاز جهان پذیرفته می‌شدند. به طور سمبلیک می‌توان به مهندس و معمار (آرشیستیک) برج آزادی (شهید) به عنوان نماد تهران اشاره کرد که به ترتیب در ۲۶ و ۲۴ سالگی هنر و علم را به شیوهٔ تحسین برانگیزی با یکدیگر ترکیب کردند. این برج نماد تهران بود، اما پشتوانهٔ آن دانشگاه‌هایی بودند که بودجهٔ سخاوتمندانه‌ای از حکومت وقت دریافت می‌کردند. دانشگاه‌های

پزشکی ناشنیده ماند. اینها نیک می‌دانستند که ادغام دانشکده‌های پزشکی ایران در وزارت بهداشتی و برنامه پذیرش متقاضی تحصیل نه به عنوان دانشجوی بلکه به عنوان کارمند آتی (که به پیش از انقلاب ۱۳۵۷) برمی‌گردد، از الگوی شوروی هم الهام گرفته بود. انقطاع آموزش پزشکی از وزارت فرهنگ و آموزش عالی آن زمان و اینک وزارت علوم، تحقیقات و فناوری یکی از مصداق‌های کوری آموزشی و پژوهشی است که موضوع یکی دیگر از سلسله مقالات کوری آموزشی و پژوهشی خواهد بود؛ به ویژه که بحران نظام سلامت در روزگار فعلی رابطه تنگاتنگی با این انقطاع دارد.

آن چه که سوخت و آتش تهیه این تصمیم غلط و نابسامان را فراهم کرد، فقدان فلسفه آموزش، نبود ایده دانشگاه و علم بود. همانگونه که ذکر شد، از اوایل دهه ۴۰ شمسی مسئله بیکاری دیپلمه‌ها بحث داغی شده بود و مسائل اجتماعی بزرگی در ترکیب با خلیات مردمی که مبتلا به پیش فرض‌های زیر شده بودند، به وجود آورد:

- ۱- تنها هدف غایی در زندگی، درس خواندن و گرفتن مدارک و دستیابی به مدارج بالاتر است.
- ۲- مدارک بالاتر به معنی درآمد بیشتر است.
- ۳- شغل دیوانی قابل اطمینان‌ترین شغل هاست.

این روحیات و پیش فرض‌های غلط را خود آموزش و پرورش در ذهن دانش‌آموزان القا می‌کند (۹، ص ۷۳). بنا بر این جای تعجب نیست که دانش‌آموزان، علی‌رغم دورنمای مبهم از وضعیت اشتغال و وضعیت بیکاری فارغ‌التحصیلان، تنها راهی که می‌شناسند، عبور از دل دانشگاه است.

نظام آموزش و پرورش که فاقد ایده فلسفی بود، و حاکمیتی که از مدرنیته (مدرنیگی) تنها به مدرنیزاسیون اکتفا کرده بود، آن چنان در سودای تربیت نیروی انسانی برای نظام دیوان‌سالاری بود که اهمیت آموزش و پرورش در پرورش شهروند را فراموش کرده به برکت درآمدهای نفتی سرشار و رشد اقتصادی خیره‌کننده دهه ۴۰ شمسی، با اعتماد به نفسی بیش از حد به طور افراطی به استخدام دانش‌آموختگان دبیرستان‌ها پرداخت و بروز یک بحران، یعنی مسئله کارآمدی دانش‌آموختگان دبیرستان‌ها را به تاخیر انداخت.

این بحران محدود به ایران نبود و در سطحی جهانی کم و بیش جوامع را مبتلا کرده بود و امروز ابعاد بسیار عظیمی پیدا کرده است. یکی از معضلات این است که دانش‌آموختگان آموزش و پرورش، در نتیجه مواجهه با کمبود امکانات و فرصت‌ها دچار دلشوره و اضطراب می‌شوند؛ اضطرابی که با وسواس رسیدن به آموزش عالی، یا به عبارتی، با وسواس رسیدن به همه چیز یا هیچ چیز تشدید می‌شود. به علاوه بیکاری گسترده در بسیاری از کشورها بر این اضطراب دامن می‌زند (۱۰). این بیماری که از نظر دانش‌آموزان، تمام راه‌ها

احساس نمی‌کردند. این پشتوانه قدرتمند اقتصادی-سیاسی، و اشتغال تضمین شده دانش‌آموختگان فرصتی برای تمرکز بر ایده و فلسفه دانشگاه نداد. استخدام تضمین شده همان کاری را در بی‌توجهی و بی‌نیازی به تعمق و غور در ایده و فلسفه دانشگاه کرد که برای جلوگیری از افزایش نرخ ارزهای خارجی با تزریق دلار می‌کنند، بدون این که به مشکل اصلی در اقتصاد بپردازند. افزایش حجم دولت و افزایش حجم پول، همانند یک چرخه باطل منجر به هم‌افزایی بدخیم را می‌آفریند که سر از بحران و آشفتگی اجتماعی درمی‌آورد. ایده اصلی افزایش حجم دولت، رشد شتابان و رسیدن به دروازه تمدن در عرض پنج سال بود. همان طور که بدون مدرنیته (یا مدرنیگی)، مدرنیزاسیون صرف به بن‌بست می‌خورد، بدون ایده و فلسفه دانشگاه نیز بن‌بست کوری آموزشی و پژوهشی اجتناب ناپذیر است.

۶. دومین دوره تورم در آموزش عالی (۱۳۶۵-۱۳۷۵)

پس از انقلاب اسلامی، دهه ۶۰ را می‌توان یک دوره سکون و سکوت در آموزش عالی دانست. به سبب انقلاب فرهنگی، از سال ۱۳۵۸ تا ۱۳۶۱-۱۳۶۲ دانشگاه‌ها تعطیل شد. تمرکز بر مبارزه سیاسی بین گروه‌هایی که خود را سهمیه در انقلاب می‌دانستند با حاکمیت، و به ویژه جنگ جایی برای توجه به ایده و فلسفه دانشگاه و حتی رشد دانشگاه‌ها نگذاشت.

در ابتدای انقلاب تجربیات کوبایی‌ها در سوادآموزی و به ویژه بهداشت چنان در بوق و کرنا شد که گوش هوش خرد عمومی را کر کرده بود. به نظر می‌رسد که نهضت سوادآموزی تا حدود زیادی از کوبا کپی‌برداری شد. نابه‌ای از نمایندگان مجلس گفت که یعنی چه که پزشک کم داریم؟ حتی زیر سوله هم پزشک تربیت می‌کنیم. از نظری، معیارها و ضوابط علمی و آینده پژوهی برای تاسیس رشته و استانداردهای آن از قبیل فضا و تجهیزات آموزشی و نسبت استاد به دانشجو همه اموری اداری هستند و به شیوه وطنی راه‌بنداز و جا‌بنداز از پیش حل شده‌اند. مجموعه‌ای از بی‌خردی و کوری‌های آموزشی و پژوهشی که همه را چون ضرورتی انکارناپذیر جلوه داده بودند، کلاً مسیر آموزش در آن زمان و بعدها پژوهش را به بیراهه برد.

دست کم دو نفر در این زمینه استثناء بودند. یکی از آنها مرحوم دکتر کاظم سامی، وزیر بهداشتی فقید دولت موقت بود. دیگری که گوشی دستش بود، دکتر محمد فرهادی وزیر وقت فرهنگ و آموزش عالی بود که بعدها دوباره به وزارت علوم رسید. وقتی کف ناشی از اشتیاق به نظام پزشکی کوبا را بر دهان مجلسی‌ها دیدند، گفتند که آن چه که در کوبا و کشورهای نظیر آن می‌گذرد، تابع دستور حزبی است و بیشتر جنبه تبلیغاتی دارد تا فایده علمی؛ ولی صدایشان در قانون تاسیس وزارت بهداشت، درمان و آموزش

به دانشگاه ختم می‌شود، بسیار وخیم است و مقصر اصلی آن نظام بیمار آموزش و پرورش، و نیز آموزش عالی است که برای مسئله «تورم و توهم مدرک»^۱ نه تنها چاره‌اندیشی نمی‌کنند، بلکه خود بر آن دامن می‌زنند. مدرک‌های بی‌پشتوانه هم برای کشور و هم دارندگان آن آفت بزرگی خواهند آفرید (۴، ص ۱۲۱).

۷. سومین دوره تورم در آموزش عالی، ظهور طرح تعدیل اقتصادی و تفکیک حوزه تحصیل از حوزه اشتغال (۱۳۷۵ تا به امروز)

شرایط اجتماعی در اواخر دهه ۱۳۶۰ آبستن تحولات شگرفی بود. برای زدودن غبار جنگ از چهره کشور، تحولات اساسی در راه بود. در دولت اول سازندگی، طرح تعدیل اقتصادی مطرح و اجرا شد. این طرح، تحول مفهومی مهمی در آموزش دانشگاهی را الزامی کرد که به آن توجهی نشد. به دنبال آن حوزه تحصیل از حوزه اشتغال جدا شد. دیگر تحصیل دانشگاهی الزاماً مترادف با تضمین اشتغال نبود (۹، ص ۱۴۷)، به تدریج مدارک کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترای تخصصی نیز مزیت خود را در تضمین اشتغال از دست دادند؛ این تحولی خطرناک بود که بدون زمینه‌های صنعتی و رشد اقتصادی این همه دوره‌های تخصصی تاسیس شد، در حالی که در بسیاری از نقاط ایران نیروی در مرحله کاردانی بسیار مورد نیاز است؛ در واقع بیش از همه چیز، سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای باید گسترش می‌یافت و تقویت می‌شد.

بار سنگینی بر دوش دانشگاه‌ها قرار گرفت. با انفجار جمعیت در دهه ۶۰ شمسی خطر بیکاری گسترده در آینده در افق دیده می‌شد. اقتصاد باید رشد می‌کرد و زمینه اشتغال را مطابق با رشد جمعیت فراهم می‌کرد. ایجاد شغل سرمایه‌گذاری سنگینی طلب می‌کرد، اما رشد بی‌رویه دانشگاه‌ها را به عنوان راه چاره برای به تاخیر انداختن بروز یک بحران عظیم در نظر گرفتند که اینک ابعاد وحشتناکی پیدا کرده است. آیا از هجوم برای مهاجرت باید تعجب کرد؟

دانشگاه‌های تابع وزارت علوم در ابتدا در گسترش مراکز آموزش عالی خیلی دست به عصا راه رفتند. دانشگاه آزاد، با الگوگرفتن از Open University انگلستان و برنامه موسوم به آموزش از راه دور پیش از انقلاب وجود داشت و حدود سه چهار سال هم با پذیرش دانشجو فعالیت مرتب و متوازی داشت. اما به دنبال تعطیلی دانشگاه‌ها با هدف انقلاب فرهنگی این دانشگاه تقریباً به تعطیلی کشیده شد تا اینکه بعدها برنامه‌ها و مراکز آموزشی آن در سرتاسر کشور با نام دانشگاه پیام نور به شکل جدید فعالیت خود را از سر گرفتند. اما نام آن توسط دانشگاه آزاد اسلامی به عاریت گرفته شد که البته هیچ سنخیتی با برنامه‌های آموزشی دانشگاه

آزاد سابق نداشت. اساس دانشگاه آزاد برای پاسخ به این نیاز بود که در کنار آموزش رسمی دانشگاهی که از سوی وزارت فرهنگ و آموزش عالی آن زمان ارائه می‌شد، به مسائل متنوع و روزآمد جامعه پاسخ دهد. برای مثال، در دانشگاه در رشته متالورژی، تدریس طیف وسیعی از مواد و فلزات در برنامه آموزشی قرار دارد. اما یک کارخانه تولید محصولات آلومینیومی، به کارشناسی نیاز دارد که تسلط کافی بر مشخصات این فلز داشته باشد و در یک دوره زمانی کوتاه‌تر از آموزش رسمی به کارآیی عملیاتی برسد. در نبود ایده و فلسفه دانشگاه برای دانشگاه آزاد نیز، این دانشگاه وظیفه ذاتی خود را به کناری نهاد و تا توانست در هر شهرک دورافتاده و حتی در ساختمان‌های استیجاری شعبه دانشگاه آزاد به راه انداخت. این گسترش بی‌رویه را آن قدر ادامه داد که وزارتین بهداشت و فرهنگ و آموزش عالی وقت از بیم باختن عرصه آموزش به این دانشگاه، خود نیز وارد مسابقه تاسیس دانشگاه و دانشکده و رشته (قابل توجه‌ترین آنها پردیس‌های بین‌المللی با دریافت شهریه) شدند. اینجا هم تفکر سوله محور در غیاب ایده و فلسفه دانشگاه حاکم شد و نشان داد که اگر اندیشه‌ای روی کاغذ ضعیف و حقیر باشد، در عرصه سیاست ممکن است بسیار قدرتمند، و به نحو فزاینده‌ای ویرانگر باشد.

در بی‌توجهی وزارت علوم و دانشگاه آزاد به تعهدات اجتماعی، دانشگاه علمی-کاربردی نیز فعالیت خود را شروع کرد، اما در کمال تعجب در زمان‌هایی تلاش‌های این دانشگاه برای رفتن به راه وزارت علوم و دانشگاه آزاد، با تقاضای تاسیس دوره‌های دکترا خود نشانی از فقدان ایده و فلسفه دانشگاه در این مرز و بوم بود.

۸. بیماری تئوری محوری

در یک دوره زمانی، توجه به رشته‌های نظری برای تامین تکنوکرات برای امور دیوانسالاری کشور و آب باریکه حاصل از آن که زمانی چندان هم باریک نبود، موجب شد که آموزش و پرورش هم در جستار به مسائل تئوری بپردازد و کلیه امور را در سر کلاس تئوری حل و فصل کند. نگارنده در طول دوران تحصیل عمومی خود از ۱۳۵۰ تا ۱۳۶۲ متوجه پنج نکته اساسی شد:

- کلاس‌های دروس حرفه و فن و ابزار شناسی به صورت تئوری برگزار می‌شد؛
- خرد شمردن درس بسیار مهم تعلیمات اجتماعی یا مدنی که اهمیت زیادی برای پرورش شهروند دارد، به نفع ژست پرورش دانشمند از سوی آموزش و پرورش؛
- و تقریباً غیبت دائمی معلم ورزش.
- بی‌توجهی به اهمیت عملیات آزمایشگاهی، حتی در مدارسی که به آزمایشگاه مجهز بودند^۲.

1. <http://mghaed.com/lawh/editorial/lawh2.editorial.htm>

۲. نگارنده دانش آموز، شاهد بود که در مدرسه راهنمایی هدف شماره ۱ که به همت احمد بیرشک و یارانش برای آموزش با کیفیت تاسیس شده بود، در ساختمان میانی سه طبقه آن کلیه وسایل آزمایشی تاریخ علم نگهداری می‌شد که به مراتب مجهزتر از آزمایشگاه فیزیک دانشگاه تهران در امیرآباد بود. در طول چهار سال تنها یک بار فقط برای بازدید به آنجا رفتیم. کاملاً، خلاف اهداف بنیان مدارس چون هدف، البرز و خوارزمی.

• سپهر آموزش و پرورش تنها فیزیک، شیمی، ریاضیات و زبان انگلیسی را معتبر می‌دانست و هنوز نیز می‌داند؛ این ناترازی به بیان امروزی، ناکارآمدی را بر دانش‌آموخته و جامعه تحمیل می‌کند که هزینه سنگینی دارد.

می‌توان صفحه‌ها در مورد این وضعیت تحلیل نوشت؛ اما هستند عباراتی که بیش از تحلیل‌های مطول می‌توانند وضعیت یا مشکل را توصیف کنند. امیرعباس هویدا، نخست وزیر ۱۳ ساله دوران پهلوی دوم، در مصاحبه‌ای با گزارشگر اروپایی گفته بود: «از این به بعد مشکلاتمان را نیز می‌خریم؛ کنایه به خواب‌وخیال‌های شاه پس از چهار برابر شدن قیمت نفت و تفسیر هرمنوتیکی آن؛ دکترمهندس‌ها برنامه‌هایشان را کنار بگذارند، خودم راه حل تمام مشکلات را در آستین دارم^۱». دقیقاً پول بی‌حساب و کتاب موجب شده بود که فکر داشتن ایده و فلسفه آموزشی و برنامه‌ریزی بر اساس پژوهش‌های علوم انسانی مبتنی بر ایده استقلال دانشگاه و تفکر آزاد را به اعماق بایگانی بفرستند. پس از انقلاب اسلامی از پول بی‌حساب و کتاب دیگر خبری نبود، اما حکومت برآمده از انقلاب با ایده انقلاب فرهنگی، حاضر به میدان دادن به فکر، ایده و فلسفه آموزشی مطابق استانداردهای جهانی نشد. نماد مهم آن، تعداد واحد و محتوای درس‌های عمومی است که باید ارزیابی شود که آیا مطابق انتظارات حاکمیت، توانسته به افکار دانشجویان جهت دهد یا خیر. عجیب است که از تدریس هنرهای زیبا^۲ در دروس عمومی خبری نیست. دانش‌آموخته‌ای را تصور کنید که پس از تحصیل در شهر تهران باید در یک شهر کوچک، در واقع یک چهارراه گره خورده در امتداد یک جاده بی‌پایان، قرار است کار کند و مسکن گزیند. اگر برای اوقات فراغت خود، از هنرهای زیبا همچون نواختن یک ساز، یا نقاشی، خوشنویسی، تندیس‌گری، آواز، تئاتر، هنرهای مفهومی و هنرهای دستی بی‌بهره باشد، چگونه دوام بیاورد؟ اگر خودش نیز دوام بیاورد، خانواده‌اش دوام نخواهد آورد. نگارنده به فراوانی شاهد بوده است که حتی همان دانشجویی که از یک محیط کوچک به دانشگاه آمده حاضر به برگشت شهر کوچکش در سرزمین آبا و اجدادی با این مشخصات نیست.

پشتوانه مالی حاصل از جهش چهار برابری قیمت نفت در پیش از انقلاب، موجب آن شد که بسیاری از مشکلات را به جای فکر و اندیشه و برنامه‌ریزی، با پول حل کنند؛ یکی از آسان‌ترین راه‌ها که معمولاً بدترین نیز هستند. یک مصداق آن، مسئله گسترش امکان اشتغال در دولت بود. پول فراوان موجب کوری آموزشی و پژوهشی شده بود که از اهمیت پژوهش و آینده پژوهی غافل بمانند. پزشکان سر از وزارت بهداشتی درمی‌آوردند و دامپزشکان عمدتاً به استخدام

سازمان دامپزشکی کشور درمی‌آمدند. در سایر رشته‌ها نیز کم و بیش در چنین وضعیتی حاکم بود^۳.

۹. جدا شدن حوزه آموزش از حوزه اشتغال به دنبال طرح تعدیل اقتصادی

در دوران پهلوی اول و دوم یک پیش فرض مهم در روح نظام آموزش عالی کشور حلول کرد. در جریان پروژه مدرنیزاسیون آمرانه نظام حاکم متوجه شد که پست‌های بالاتر در فراوانی در کشور وجود دارد. از این رو، با بی‌قراری منتظر این بود که دانشجویان هر چه زودتر دانش آموخته شوند و پست‌های بالاتر در فراوانی را که در کشور وجود داشت اشغال کنند.

بند ناف آموزش عمومی و آموزش دانشگاهی به لحاظ اشتغال سخت به رجم دولت وصل بوده هنوز نیز وصل است. در یک دوره زمانی این وابستگی منطق خاص خودش را داشت؛ یکی از دلایل این وابستگی تنگاتنگ، کمبود شدید نیروی باسواد و کارآزموده در سراسر کشور و پست‌های بالاتر در فراوان بود. دوره دکترای عمومی پیوسته در چهار رشته به اصطلاح پرتعداد علوم تجربی (پزشکی، دندانپزشکی، داروسازی و دامپزشکی) نماد این نیاز شدید است. فقدان نیروی تخصصی در پزشکی موجب شده بود که در برخی سال‌ها در بعضی رشته‌ها، از جمله تخصص بیهوشی در دفترچه کنکور، سهمیه دکترای تخصصی پیوسته لحاظ شود. برای تمام این موارد ضروری بود که یک استخدام قطعی، و پرداخت حقوق به دانشجو مایه پشتوانه و دلگرمی باشد.

۱۰. این در کوزه چقدر می‌ارزد؟

از سال ۶۸ و پس از طرح تعدیل اقتصادی اولین رئیس جمهور فقید که مغز متفکر آن دکتر محمد طبیبیان بود، حوزه تحصیل از حوزه اشتغال جدا شد. دیگر داشتن مدرک دانشگاهی، دسترسی به شغلی آبرومند و با درآمد متوسط را تضمین نمی‌کرد. خیلی زود جدا شدن حوزه تحصیل از اشتغال و پیامد آن یعنی بیکاری، از کارشناسی و کارشناسی ارشد و دکترا گذشت. دیگر سوپر دکترا و ماوراء دکترا هم تضمینی برای اشتغال نبود و نیست. از این در کوزه و کیسه مارگیری پژوهشگران پسادکترا را بیرون کشیدند. رفتن به این بیراهه‌ها نشان از بحران ناشی از گسترش بیشتر حباب آموزش عالی دارد که به یک چرخش شیطانی تبدیل شده که سرنوشتی جز یک فاجعه یا انقلاب در آموزش عالی ندارد (۴، ص ۱۲۵). بامزه‌تر از همه افزایش چهار برابری هزینه آزاد سازی مدرک بود. بدون فراهم کردن زمینه اشتغال، ایجاد این همه مانع بر همان بحران قبلی می‌افزاید. برخی اقتصاددانان هشدار می‌دهند که مبدا کاری

1. <http://www.mghaed.com/essays/observation/ruby-anniversary-of-a-revolution.htm>

2. Fine arts

۳. سید حسین نصر در زمانی که رئیس دانشکده ادبیات و سپس معاون دانشگاه تهران بود، از بابت تاسیس رشته زبان عربی از بیم بیکار ماندن دانشجویان پس از دانش‌آموختگی در تردید بود. در تماسی تلفنی، تردید و دودلی خود را با اردشیر زاهدی وزیر خارجه در میان گذاشت. وی تأکید کرده بود که ما همه را استخدام می‌کنیم (<https://t.me/ksharifiRRB/1227>)

کنید که مردم معاملاتشان را با دلار و طلا انجام دهند؛ و ریال رها شود. مبدا کاری کنیم که جوانان قید مدارک را بزنند و بگویند اگر از بردگی گریز و گزیری نیست، دست کم به جایی برویم که ارزش بردگی داشته باشد^۱.

۱۱. یک باگِ مخَلّ بازمانده از دورانِ استخدامِ قطعی و حقوقِ مکفی در جانِ آموزش تا پیش از سال ۶۸

در دوران قطعی بودن استخدام، ساختار برنامه‌های آموزشی و درسی طوری طراحی شد که هر درس به صورت یک جرعه ارائه شود. این باگ یا این فرضِ بنیادی از این قرار بود که دانشجویان با دریافت گلی از هر بوستانِ علم، فقط با جریان عمومی هر رشته علمی آشنا شوند؛ چون بعدها قرار بود که پس از استخدام، زیر دست متخصصینی کارکنند که در ادارات دولتی مستقر بودند به بلوغ و پختگی رسیده به جریان عمومی مشکلات و مسائل هر منطقه مسلط شوند. پس از یک کارآموزی اولیه و معمولاً در حد دو سال در دستگاه دولت، در یک دوره سی ساله به رتق و فتق اموری می‌پرداختند که از رشته علمی آنها انتظار می‌رفت. مشوق و مکمل این وضعیت آموزشی ناقص، این باگ و این فرض بیمار، فرصت شغلی تقریباً حتمی با فرصت کارآموزی و خانه‌های سازمانی و اتومبیل‌هایی بود که روی بدنه آن‌ها نوشته شده بود: «اتومبیل خدمت، استفاده اختصاصی ممنوع». داشتن مدرک دانشگاهی تقریباً به معنی دسترسی به شغل حتمی و دائمی و رسمی و دسترسی اختصاصی به همین اتومبیل و خانه سازمانی بود.

با این همه تغییرات اجتماعی و از بین رفتن امکانات مادی و معنوی نظم پیشین در زمینه اشتغال، نظام آموزشی عمومی و دانشگاهی در همان باگ و پیش فرض پیشین مانده است و همچنان در پی انتقال حجمی از دانش و مبتلا به بیماری حجم است.

۱۲. بیماری حجم و تکیه مفرط بر حافظه

نظام آموزشی دچار بیماری حجم است. نظام آموزشی نیز دچار این کژاندیشی است که دانش آموز و دانشجو را باید در معرض حجم بالایی از اطلاعات قرار داد. درواقع، آموزش از الگوی دایره‌المعارفی^۲ پیروی می‌کند. این حجم بی‌رویه و خارج از ظرفیت با معیارهای آموزشی و یادگیری همخوانی ندارد. روش افزودن به زمان آموزش و حجم واحدهای درسی و تکیه صرف بر حافظه تا دهه هفتاد میلادی هنوز به‌طور کامل کارایی خود را از دست نداده بود. سیلاب و فوران اطلاعات در پنجاه سال گذشته چنان چشمگیر بوده است که دیگر افزودن به زمان آموزش و حجم واحدهای درسی برای تطابق با روند فزاینده حجم دانش بشری و اطلاعات نوعی نقض

غرض است. به عبارت دیگر، طولانی کردن دوره تحصیل و آموزش، مترادف با افزایش گستره دانش و بازده دانش‌آموزان، دانشجویان و دانش‌آموختگان نیست. روزانه ۶ تا ۸ ساعت اسیر نیمکت شدن یکی از بدترین بیماری‌ها است که یک فرض مسلم تلقی شده است، و آسیبی جدی به زندگی طبیعی دانش‌آموزان و دانشجویان وارد می‌کند. «درحالی‌که هرگاه هدف تربیت عقلی، پرورش هوش باشد نه آراستن حافظه و تربیت متخصص باشد، نه فقط بحرالعلوم، می‌توان گفت که در تربیت سنتی کمبود آشکاری وجود دارد؛ اینکه علم فیزیک در حدود بیست قرن پس از علم ریاضی به‌وجود آمده خود مبین این است که چرا سازمان دادن به تربیت روح تجربی تا این حد از تنظیم دروس زبان لاتینی یا ریاضیات دشوارتر است»^(۲). درضمن، «تعیین سنوات تحصیلی لازم برای تربیت فلان دسته از متخصصان مسلماً معنی ندارد، مگر آنکه درباره جزئیات این تربیت از لحاظ فراگیری واقعی اطلاعات مربوط و مخصوصاً پرورش استعداد تحقیق و سازگاری عملی یا تجربی و حتی قدرت خلق و ابداع آگاهی لازم کسب شده باشد»^(۲).

۱۳. انفجار اطلاعات و اضطراب دائمی دانشجویان و دانش‌آموختگان

تا پیش از دهه ۷۰ میلادی و رخداد انفجار اطلاعات، حدت حافظه روش اصلی مدیریت اطلاعات بود. پس از آن به دلیل رشد نمایی^۳ در حجم اطلاعات، شیوه‌های جدیدی در مدیریت اطلاعات خلق شد و در دستور کار آموزش قرار گرفت.

در ایران همچنان انباشت اطلاعات در حافظه تنها روش مدیریت اطلاعات است؛ البته واژه «انباشت» با کلمه «مدیریت» در این مفهوم، به لحاظ کیفی همخوانی زیادی ندارد. در سمپوزیومی که در ۱۹۸۸ درباره آینده سیستم‌های اطلاعات برای علوم پزشکی در ایالات متحده برگزار شد، «دکتر هوث»^۴ پزشک سرشناس و ویراستار برجسته یک مجله طب داخلی پزشکی^۵، اعلام کرد که فوران اطلاعات به‌معنای واقعی کلمه در دنیای علم رخ داده است. وی اشاره کرد که بسیاری از شاغلان در کل حرفه‌های مرتبط با پزشکی از جمله اعضای هیئت علمی دانشکده‌های علوم پزشکی در حالتی تقریباً شبیه دلشوره و اضطراب و هراس‌مانندی به‌سر می‌برند که فکر می‌کنند اگر همه‌چیز را نخوانند، ممکن است برخی اطلاعات را از دست بدهند. افزون‌براین، همین احساس در سر کلاس و همچنین به‌هنگام مرور دروس به دانشجو سرایت می‌کند. در گفته‌های وی، اهمیت مسئله تقابل «کیفیت در برابر کمیت» بیش از پیش به چشم آمد^(۱۱).

1. <http://www.mghaed.com/essays/observation/visa.htm>
2. Encyclopedic
3. Exponential

4. Huth, E.J.
5. Annals of internal Medicine

۱۴. اقتصاد زمان در آموزش و پژوهش

از همان زمان که متوجه شدند که انفجار اطلاعات رخ داده است، مشخص شد که باید بین «حقایق جدید» و «حقایق مفید جدید» تفاوت قائل شد. بدون شک، اعضای هیئت علمی از زاویه تخصص خود به حقایق و کشفیات جدید می‌نگرند، ولی معلوم نیست که کشفیات جدید را از دید یک فرد حرفه‌ای (شاغلین در تمام حرفه‌های تخصصی و رشته‌های دانشگاهی) نیز ورنه‌انداز می‌کنند یا خیر. به‌همین خاطر است که دروس آموزشی بیش‌ازپیش از هم دور افتاده و بدتر از آن، دانشجویان وادار می‌شوند که اطلاعات علمی را به سبک تخصصی-علمی همان درس بیاموزند و به‌خاطر بسپارند. این روش خارج از سیاق حرفه‌ای است و با فعالیت‌های حرفه‌ای آنان در آینده همخوانی نخواهد داشت (۹، ص ۱۱).

اقتصاد آموزش و سیاست‌گذاری آموزشی به این برمی‌گردد که با توجه به حجم اطلاعاتی که به طور فزاینده و نمایی در چننه بشر قرار می‌گیرد، چگونه بدون فرسوده کردن قوای انسانی، به لحاظ حرفه‌ای فردی توانمند تحویل اجتماع دهیم؟

نوزاد انسان که امروز به دنیا می‌آید احتمالاً با نوزادی که ۵-۱۰ هزار سال پیش به دنیا می‌آمد، به لحاظ ذهنی و جسمی چندان فرقی ندارد؛ با این تفاوت که بخش قابل توجهی از عمرش را باید زیر فشار آموزش بگذرانند. وقتی از اقتصاد صحبت می‌کنیم که منابع به اندازه کافی برای پاسخ به نیازها وجود نداشته باشد، منظور از نیاز در اینجا پاسخ به احتیاجات جامعه برای موفقیت شخصی و حرفه‌ای، و منابع یعنی توان ذهن و جسم دانش‌آموز و دانشجو است.

با این حساب، یک ملاحظه مهم در سیاست‌گذاری در آموزش و اقتصاد آموزشی این است که چگونه با شیئی ملایم و بدون ایجاد خستگی مفرط، آن نوزادی که با ده هزار سال پیش (و شاید هم بیشتر) فرقی نداشته، بیش از آن که به مرزهای دانش نزدیک شود، را برای موفقیت در فعالیت حرفه‌ای آماده کنیم؟ این موضوع هم در آموزش عمومی و چه در آموزش عالی پرسش فلسفی بسیار مهمی است. متأسفانه، به علت کوری آموزشی و پژوهشی فقط طول دوران تحصیل را افزایش داده‌ایم، روزی ۶-۸ ساعت دانش‌آموز و دانشجو را به نیمکت می‌خکوب کرده‌ایم، و برای مسائلی که بعداً انتظار می‌رود آنها را حل کنند، آشنایشان نمی‌کنیم (۹، ص ۱۱).

۱۵. به صرفه نبودن نگاه آموزشی معطوف به جامعه برای دانشگاه و اعضای هیئت علمی

دکتر هوث در همان زمان متوجه یک کوری آموزشی و پژوهشی مهم شد که مثال آن در پزشکی، قابل تعمیم به بسیاری از رشته‌های دیگر، از جمله رشته‌های کشاورزی، مهندسی و کلیه

رشته‌های کاربردی در سطح اجتماع است.

در جریان رخداد انفجار اطلاعات، رشته‌های علوم پزشکی خیلی زود متوجه شدند که دنیا تغییر کرده است و دیگر نمی‌توان به شیوه سابق آموزش را ادامه داد؛ و احتمالاً یک علت این بوده که فراوانی اشتباهات در رشته پزشکی خیلی زود به چشم می‌آید و بحران ایجاد می‌کند.

رشته پزشکی با توجه به حجم اطلاعاتی که باید مدیریت میکرد خیلی زود متوجه یک واقعیت شد که سایر رشته‌های دانشگاهی در وزارت علوم از آن غفلت کردند. این را در یک سمپوزیوم مدیریت اطلاعات پزشکی در ۱۹۸۸، دکتر هوث (۱۱)، با فراست به آن اشاره کرده است (نقل به مضمون):

(۱) یک محقق دانشگاهی معمولاً دل‌مشغول یک سوال یا مسئله در یک زمان است و به مدتی طولانی می‌تواند روی آن کار کند. در مقابل، یک پزشک (و معادل آن یک متخصص حرفه‌ای در رشته‌های دیگر) به طور مداوم با طیفی از مشکلات روزآمد و پشت سر هم روبرو است که باید به فوریت آن را حل کند. گذر زمان برای او خیلی مهم نیست و روی درآمدش تاثیر فوری ندارد، اما برای دومی وقت طلاست و روی تک‌تک لحظه‌ها باید حساب کند تا زندگیش بچرخد.

(۲) یک محقق دانشگاهی روی یک موضوع مشخص و دقیق کار می‌کند. در مقابل، یک پزشک (و معادل آن یک متخصص حرفه‌ای در رشته‌های دیگر) به طیفی از مسائل مختلف باید جواب دهد و دائماً در شرایط مبهم و عدم قطعیت‌ها باید تصمیم بگیرد.

فرد محقق اگر اشتباه کند، در بهترین شرایط آن را دوباره تکرار می‌کند. البته با توجه به حجم قابل توجه مقالات ابطال شده که آن را تنها نوک کوه یخ در نظر می‌گیرند (۱۲)، ظاهراً حوصله چندان برای این کار وجود ندارد. در مقابل، فرد حرفه‌ای بیشتر از درآمد، باید نگران خطاهایی باشد که در حوزه کارش ممکن است رخ دهد؛ حال می‌خواهد جان یک بیمار یا مقاومت یک ساختمان در برابر زلزله باشد.

۱۶. پوست در بازی

دانش‌آموخته‌ای که دائم باید تصمیمات متنوع بر اساس شرایط متغیر بگیرد، همیشه در معرض شکایت حقوقی ناشی از تصمیمات درست یا غلط خود است؛ پوست در بازی و دستی در آتش دارد. اعضای هیئت علمی که در چنین شرایطی قرار ندارند و پوستی از آنها در بازی زندگی نمی‌سوزد^۱ و در حصار امن قرار دارند، اگر به موقعیتی که دانشجویانشان بعدها در برابر آن قرار می‌گیرند، بی‌توجهی کنند، مرتکب بزرگترین رذالت شده‌اند.

به همه ظرفیت‌های دستگاه پی نخواهد برد و بهره‌وری مطابق سرمایه‌گذاری برای خرید دستگاه نخواهد بود (۹، ص ۱۵۲). در زمینه بازبینی و اصلاحات آموزشی، و اجرای آن به هیچ وجه حق آزمون و خطا نداریم؛ چون جبران خسارات آن اگر غیرممکن نباشد، بسیار مشکل است.

ظرف محتوای درسی، دامنه‌ای است که مشخص می‌کند در چه محدوده زمانی دروس باید ارائه شود. درحین بازبینی برنامه آموزش مشکلی پیش می‌آید که در سراسر دنیا فراگیر است و با یک قیاس تمثیلی دیگر که آن هم طنزآمیز است، آن را توصیف می‌کنند. مسئله این است که تغییر تعداد واحدهای درسی چنان با مقاومت اعضای هیئت علمی مواجه می‌شود که توصیف آن فقط با قیاس با نبش قبر و تغییر محل جنازه امکان‌پذیر است. این توصیف طنزآمیز به این برمی‌گردد که تا زمانی که برای نبش قبر و انتقال جنازه اقدام نکرده‌اید، نمی‌دانید که متوفی چقدر دوست و رفیق دارد. همین که این کار شروع شد، کلی صاحب و قوم و خویش و رفیق پیدا می‌کند (همان‌ها که از قبل پوست در بازی نداشته‌اند). همین یک نکته مشکلی بزرگ بر سر راه تغییر برنامه آموزشی است و متقاعد کردن اعضای هیئت علمی برای تغییر برنامه آموزشی کاری طاقت‌فرسا است؛ به‌ویژه که بسیاری از اعضای هیئت علمی اصلاً با مقدمات و اصول بازبینی برنامه آموزشی آشنایی ندارند (۱۳). البته اعضای هیئت علمی، هرچند هم که کارکشته رشته خود باشند، اگر بیهوده باشند اگر بیهوده در برابر تغییر مقاومت کنند، به این معنی است که هنوز از رشته علمی خود سر در نیاورده‌اند (۱۴). جنبه‌های سخت‌افزاری هم در محدوده ظرف قرار می‌گیرد. وجود بیمارستان‌های آموزشی، آزمایشگاه‌ها، کارگاه‌ها، مزارع کشاورزی، دامپرویی‌ها، ورزشگاه‌ها و تمامی امکانات لازم برای کسب مهارت، از ظروف بسیار مهم در ایجاد صلاحیت حرفه‌ای در دانش‌آموختگان است. ملزم کردن دانشکده‌ها به تجهیز خود به این چهار رکن مهم، نقطه شروع برای تغییر در برنامه آموزشی است (۹، ص ۱۵۳) این اگر کوری آموزشی و پژوهشی نباشد، پس چیست؟

مفهوم ظرف، همانی است که برنامه درسی^۲ در آن متبلور می‌شود و محدوده‌ها و محدودیت‌ها و امکانات آموزشی را مشخص می‌کند. همان طور که گفته شد، برنامه درسی چیزی بیشتر از سری و ردیف واحدها و موضوعات درسی^۳ یا تعیین محتوای دروس است. برنامه درسی مجموعه اتفاقاتی است که در برنامه آموزشی اتفاق می‌افتد و شامل اهداف، اساتید و روش نیل به این اهداف و ارزیابی آن می‌شود و از اجزای زیر تشکیل شده است: محتوای دروس^۴، رهیافت آموزشی^۵، فرصت‌های یادگیری^۶، پیامدهای یادگیری^۷.

در بی‌توجهی مسئولین وزارت آموزش و پرورش، اعضای هیات علمی، و وزارت نسبت به این نکته اساسی یک رذالت در حد جنایت خواهد بود، چون آینده و موفقیت حرفه‌ای دانش‌آموختگان از یک سو، و زندگی و سرمایه مردم محتاج توصیه‌ها و تصمیمات متخصصین را از سوی دیگر در خطر قرار می‌دهد. تمام مسئولینی که پوستی در بازی ندارند، بعد از اتمام دوران مسئولیت کیف خود را برداشته به یک حصار امن دیگر کوچ می‌کنند و در برابر زمان و هزینه‌هایی که به هدر داده‌اند، پاسخگو نخواهند بود. کسی باید مسئول شود که خودش پوستی در بازی داشته باشد. گاهی متخصصین نه تنها پوستشان می‌سوزند، بلکه جان خود را نیز از دست می‌دهند؛ حملات خطرناک مکرر به پزشکان را نباید دست کم گرفت؛ به ویژه وقتی که برای خدمت به مناطقی می‌روند که یک چهارراه گره خورده بر یک جاده بی‌انتهاست (به بخش ۸ مراجعه کنید).

کوری پژوهشی برآمده از نظام انگیزشی وزارتخانه‌های علوم و بهداشت، چنان توجه اعضای هیئت علمی به انتشار مقاله را سنگین کرده که دیگر صرف نمی‌کند به اقتصاد آموزش، و سیاست‌گذاری و برنامه ریزی آموزشی بپردازند. در نتیجه، نسبت به طولانی شدن بی‌رویه دوران تحصیل کاملاً بی‌حس و کرخت هستند. جالب این جاست که در زمان دانشجویی فریادشان از این همه فشار بر آسمان است، اما وقتی به کسوت هیئت علمی درمی‌آیند، نظام انگیزشی حاکم بر دانشگاه، آن دانشجویان سابق اینک هیئت علمی را دچار کوری آموزشی و پژوهشی می‌کند و انگیزه‌ای برای اصلاح نظام آموزشی و برطرف کردن پیامدهای باگ پیشگفته در برنامه آموزشی باقی نمی‌ماند.

۱۷. رابطه واحد درسی با برنامه آموزشی: رابطه ظرف و محتوا است.

برخلاف تصور رایج، بازبینی در برنامه آموزشی فعلی از تغییر در تعداد واحدها شروع نمی‌شود. با این حال، متأسفانه اولین و شاید تنها اقدامی است که برای بازبینی برنامه آموزشی اول از همه به ذهن می‌رسد. این اندیشه خیلی رایج است که با مطالعه برنامه آموزشی چند دانشگاه اروپایی و آمریکایی تعداد واحدها را مطابق آن‌ها تغییر دهیم. به نظر نگارنده، تغییر تعداد واحدهای درسی بدترین نقطه برای شروع و اعمال بازبینی است. اگر بخواهیم با یک قیاس تمثیلی طنزآمیز آن را توصیف کنیم، به این می‌ماند که شخصی دستگاهی خریداری کرده است و چون حوصله خواندن کاتالوگ آن را ندارد، شروع به دست‌کاری دکمه‌های آن می‌کند. بالاخره دستگاه روشن می‌شود و با آزمون و خطا راه می‌افتد، اما احتمالاً

1. <https://irimc.org/news/id/51781>

2. Curriculum

3. Syllabus

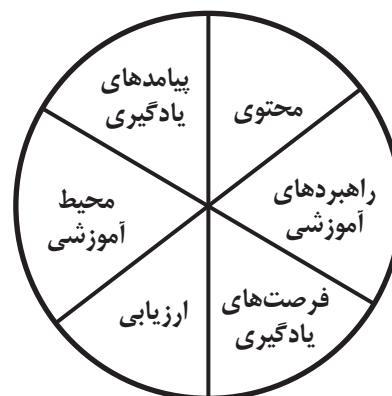
4. Content

5. Educational strategies

6. Learning opportunities

7. Learning outcomes

محیط آموزشی^۱ و ارزیابی^۲. این اجزا چشم‌انداز تفصیلی یک برنامه درسی را تشکیل می‌دهد که در شکل ۲ آمده است (۱۵).



شکل ۲. چشم‌انداز تفصیلی یک برنامه درسی (با اقتباس از مرجع ۱۵)

۱۸. ارزیابی به عنوان روند کنترل کیفیت: سایه وخیم امتحان

در آموزش عمومی و آموزش دانشگاهی، ارزیابی بازده آموزش به‌خوبی انجام نمی‌شود و شیوه‌های فعلی ارزیابی نوعی رفع تکلیف است؛ زیرا قادر به شناساندن و گوشزد نقاط ضعف دانش‌آموز و دانشجو به وی و جست‌وجوی بدفهمی‌ها نیست. درحال حاضر، شیوه مجهول‌سنجی بر شیوه معلوم‌سنجی غلبه کامل دارد. با تراکم دروسی که دانش‌آموز و دانشجو برای گذراندن و آموزگار و استاد برای تدریس با آن روبه‌رو هستند، آیا فرصتی وجود دارد که یادگیرنده با مربیان خود درمورد نقاط ضعف خویش به گفت‌وگو بنشینند؟ دانشگاه نیز مثل سایر مراکز آموزشی دچار بیماری مزمنی است (۹، ص ۵۲). درواقع برای داوری درباره بازده روش‌های آموزش، معیار دیگری جز امتحانات نهایی و تاحدی امتحانات مسابقه‌ای در دست نیست. اما در اینجا مصادره به‌مطلوب و دور باطل (۲) وجود دارد.

آموزش عالی و نظام آموزش و پرورش دچار مصادره به مطلوب^۳ است؛ زیرا این فرض که «توفیق در امتحانات شرط موثق یادگیری است» (۲) را به‌عنوان یک اصل قبول می‌کند، درحالی که همین خشت اول کج نهاده شده است.

آموزش عالی و نظام آموزش و پرورش دچار دور باطل^۴ (۲) است. امر آموزش و فعالیت‌های آموزشی دانش‌آموز و دانشجو درنهایت براساس امتحانات ارزیابی می‌شود، درحالی که بخش مهمی از کار آموزشی متأثر از امتحانات شده و مشغله امتحانات که بر امور آموزشی، استاد و دانشجو سایه افکنده، فعالیت آموزشی را به‌نجوی

وخیم از مسیر اصلی دور کرده است (۲). چهارچوب امتحانات میان‌ترم و نهایی با قوه تفکر و بالندگی و جست‌وجوگری دانشجو سخت در تقابل افتاده است. هرچند امتحان فی‌نفسه انتقال دانش از معلم به متعلم را قرار است تضمین کند (۱۶)، ولی شیوه فعلی که کیفیت‌سنجی، طبقه‌بندی و بهنجارسازی در آن دیده نمی‌شود، با مفهوم امتحان نیز تفاوت دارد. اصولاً امتحان گرفتن و تهیه سؤالاتی که روایی^۵ و پایایی^۶ در آن‌ها رعایت شده باشد، هنری است که از تدریس اگر مشکل‌تر نباشد، آسان‌تر نیست. امروزه امتحانات در سطوح دانشگاه و پیش از دانشگاه به ابزاری برای وادار کردن دانشجو و دانش‌آموز به خواندن و به‌عبارت بهتر روخوانی است. درحالی که «برای امتحان خواندن» به درک و فهم چیزی نمی‌انجامد. دانش‌آموزان ما یاد گرفته‌اند که فقط برای امتحان بخوانند و نیروی ذهنی خود را طوری سازمان دهند که با هدف موفقیت در تست زدن همخوانی داشته باشد. آسیبی که کنکور به بدنه علمی کشور وارد می‌آورد، بسیار مهیب است. در این نظام، دانش‌آموزی که بخواهد روی مفاهیم کار کند، کلاش پس‌معرکه است. پس به هر تربیتی که شده باید در تست زدن موفق شود. درحالی که اگر بخواهیم از درسی آشنا چون ریاضیات نمونه‌ای بیآوریم، باید گفت که «ریاضیات تنها توانایی حل مسئله نیست» (۱۷). نظام آموزش و پرورش به‌شدت روحیه تاجرمنشی در درس خواندن را در دانش‌آموزان القا کرده است و دانش‌آموز همین بیماری را با خود به دانشگاه می‌آورد. اینک دانش‌آموز و دانشجو درصورتی به مطالعه می‌پردازد که نفعی قابل‌پیش‌بینی و سهل‌الوصول در آن مشهود باشد. ازاین‌رو، دور باطل تکیه بیشتر و بیشتر بر امتحانات به‌عنوان ابزاری برای وادار کردن دانشجو به مطالعه شتابی افزون‌تر می‌گیرد (۹، صص ۵۲-۵۳).

۱۹. قربانی کردن مهارت‌های عملی لازم برای توفیق در مشی حرفه‌ای در پای دروس تنوری

حجم عظیم و روال نامناسب تدریس موجب شده است که ذهن دانشجو مرتب انباشته از داده‌های علمی شود؛ داده‌هایی که معلوم نیست توان او را در فعالیت حرفه‌ای^۷ هم افزایش دهد. بنابراین کم نیست تعداد دانشجویانی که سرشار از انرژی و مطالب نظری هستند، ولی در عرصه عمل کارایی ندارند و خود نیز به این موضوع واقف‌اند. تراکم و انباشت مطالب در سطح دروس کلاسیک به هضم و درک و فهم چیزی نمی‌انجامد و فرسودگی ذهنی و جسمی دانشجو از عواقب آن است. برای مثال، در حیطه طب، «تکیه بر آموزش مسائل نظری بدون کار بالینی باعث می‌شود که دانشجو آموخته‌ای نظری را که مابه‌ازا و کاربرد آن را درک

1. Educational environment
2. Assessment
3. Expropriation as desired
4. Vicious cycle

5. Validity
6. Reliability
7. Practice

طرح تحول سلامت قابل توجه نبود. تا آن جا که نگارنده می‌داند، تنها مخالف طرح تحول سلامت، رئیس جمهور محترم، دکتر مسعود پزشکیان بود که در آن زمان نایب رئیس مجلس بود و به درستی تشخیص داد که این طرح، کشور را به پرتگاه ورشکستگی می‌کشاند^۱.

نمونه دیگر، علی‌رغم تاسیس کم و بیش در حدود سی دانشکده داپزشکی، با رشته‌های متعدد دکترای تخصصی، سازمان داپزشکی کشور مجبور شد که خود به آموزش مامورین واکسیناسیون در علی‌آباد کمین استان فارس بپردازد و در اقدامی دیگر، افرادی با مدرک سوم راهنمایی سابق را به عنوان پیک واکسیناسیون برای رساندن وسعت واکسیناسیون به اندازه مطلوب خود در نظر بگیرد؛ کاری که در زمانی که جامعه ایران عمدتاً روستایی بود، فقط با یک دانشکده داپزشکی که تابع دانشگاه تهران بود، به خوبی از عهده آن برمی‌آمد.

دست اندازی‌های سیاست به ساحت دانشگاه وضعیتی را به وجود آورد که دانشگاه از وظیفه ذاتی خود که حل مشکلات جامعه است باز ماند. وضعیتی که می‌توان در رها کردن شغل پزشکی توسط چهل هزار پزشک، در عین وجود مشکلات عمده در نظام بهداشت کشور دید. در نگاهی کلان بخشی از پدیده NEET^۲، یعنی گسترش تعداد افراد بیکاری که نه در پی آموزش و نه در پی یادگیری حرفه‌ای هستند، به خاطر این است که مدارس و مراکز آموزش عالی در برنامه آموزشی خود، دستیابی به صلاحیت و کارایی حرفه‌ای، و رسیدن به استقلال مالی و شخصی را به عنوان هدف اصلی لحاظ نکرده‌اند. این وضعیت هراس اقتصادی شدیدی در دانش‌آموزان، دانشجویان و دانش‌آموختگان ایجاد کرده است که نگارنده سال‌ها پیش زنگ خطر آن را به صدا در آورده بود (۲۱).

۲۱. پارادایم شیفت در مسائل هم رخ می‌دهد: تغییر نیاز از تربیت نیروی متخصص کلاسیک به نیروی کارآفرین و خلق کننده محصول

اگر در ابتدای شکل‌گیری روند مدرنیزاسیون در ایران، هدف از آموزش تربیت نیروی متخصص کلاسیک برای پاسخ به نیازهای چیزی به شبیه یک دولت مدرن برای رتق و فتق امور ملت بود، اینک پارادایم شیفتی در این سؤال اساسی دیده می‌شود. نیاز دولت و حتی جامعه به لحاظ کمی و نه کیفی، به نیروی متخصص نه تنها برطرف شده که زیاد هم آمده است. از این رو است که دولت برای استخدام دارندگان مدارک دکترای تخصصی هم مسابقه ورودی برگزار می‌کند و بخش خصوصی نیز بدون مطالعات دقیق در استخدام، بیگدار به آب نمی‌زند. پارادایم شیفت آموزشی هم در گرو آن است که به مفهوم میزان

نمی‌کند، به سرعت از خاطر ببرد» (۱۸). در کشور ما اغلب بین دوران دانش‌آموختن و دوران تجربه فاصله می‌افتد (۱۹)، درحالی‌که هر یک بدون دیگری ممکن است به نتیجه دلخواه و بهینه منتهی نشود (۹، ص ۴۹).

۲۰. تکرار یک اشتباه قدیمی، در زمانی که دیگر پشتوانه‌های مالی نیز وجود ندارد: باز هم آن باگ جان سخت

پیشتر در بخش ۸ به این نکته اشاره شد که پول فراوان ناشی از رشد چهار برابری نرخ نفت موجب شد که سیاستمداران گمان کنند که نیازی به ایده و فلسفه دانشگاه نیست و با کمک منابع مالی می‌توان بر هر مشکلی فایق آمد. در بخش ۱۱ نیز به آن باگ جان سخت در برنامه آموزشی اشاره شد که در جان مایه برنامه‌های آموزشی هنوز این پیش فرض وجود دارد که دانش‌آموخته به استخدام دولت درمی‌آید و قرار است که مرحله رسیدن به صلاحیت در حوزه یک مرکز یا اداره دولتی در کنار متخصصین کارکشته پیشین حاصل شود.

چنین فرصت و امکانی دیگر وجود ندارد و به فرض دوام امکان پیشین، امکان تدویم وضعیتی که کارایی و بازده را در نظر نمی‌گیرد، در یک نگاه سیستمی با منابع مالی بالا هم وجود ندارد. به هر حال، منابع مالی تا زمان محدودی می‌تواند بازدهی ضعیف را پنهان کند بعد از انقلاب بار سنگینی بر دانشگاه تحمیل شد که می‌بایست با رشد اقتصادی بالا و گسترش صنعت برای رشد انفجاری جمعیت جوانان فرصت شغلی ایجاد شود. به دلایل متعدد به جای رشد صنعت، با گسترش بی‌رویه دانشگاه‌ها فضایی برای جذب و مشغول کردن جوانان فراهم شد. در نتیجه، بدون این که استانداردهای لازم برای تاسیس دانشکده و دانشگاه در نظر گرفته شود، مراکزی تاسیس شدند که به علت نبود امکانات مهارت آموزی، دانش‌آموختگانی پرورش دادند که قادر به حل مسائل روزمره جامعه در لحظه فراغت از تحصیل نیستند.

۲۰-۱) از قضا سرکنگبین صفرا فزود

یکی از نمونه‌هایی که نشان داد بدون ایده و فلسفه دانشگاه چقدر ممکن است به انحراف برویم، طرح تحول سلامت بود. مذاکرات مجلس در مورد انتقال آموزش پزشکی به وزارت بهداشت و تاسیس وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی فاقد هر گونه بن مایه فلسفی بود. بر پایه سنگ زیرین آسیایی که وزارت بهداشت نام داشت، طرح تحول سلامت پیشنهاد شد. وزیر مجری آن طبیب فقرا نام گرفت (۲۰). در کمال تعجب وزیر، بر اساس پول قابل توجهی که قرار بود به پزشکان برای رفتن به مناطق دور افتاده پرداخت شود، تعداد پزشکان متقاضی اعزام به مناطق مورد نظر

1. <https://t.me/ksharifirrb/191>

2. An Acronym of «Not in Employment, Education or Training» (NEET)

جدید در زمانی که به تدریس آنها اختصاص یافته برآیند. در نتیجه کلاس‌های فوق العاده، کلاس‌های ساعت ۱۲ تا ۲ مرتب و مرتب گسترش یافته است؛ آنها به قیمت کوتاه شدن اوقات تعطیلی، فراغت و خودسازی دانشجویان.

اینک برخلاف سابق، منابع اطلاعاتی دانش‌آموزان و دانشجویان محدود نیست و طیف وسیعی از منابع اطلاعاتی در دسترس است. طرح یک تعریف از سواد مفید است:

در قدیم وقتی که مسافران به شهر نزدیک می‌شدند، از دور شهر را به صورت یک لکه سیاه می‌دیدند که در واقع همان سواد شهر یا همان سیاهی شهر بود. از آنجا که به لکه سیاه مرکب بر صفحه سفید کاغذ شباهت داشت، توانایی خواندن و نوشتن را نیز با واژه «سواد» توصیف می‌کردند.

نظام آموزشی ما باید متوجه باگ آموزشی جان سختی که در جانش است باشد. به جای اعطای مدرک باید افرادی باسواد تحویل جامعه داد، یعنی همانند راهنمایان و راه‌بلدان قدیمی که از لابلای تپه‌های شنی کاروان را به سلامت به واحه یا شهر می‌رساندند، نظام آموزشی باید توانایی نیل به مقصود و رسیدن به سواد پاسخ به نیازهای شخصی و جامعه را در دستور کار قرار دهد؛ مدرک بدون سواد به چه کار می‌آید.

زمانی می‌گفتند که دانش‌آموزان این دوره دیگر دوره قبل از تلویزیون را به یاد ندارند. به همین ترتیب، اینک با دانش‌آموزان و دانشجویانی روبرو هستیم که دوره قبل از اینترنت را به یاد ندارند و به راحتی و بهتر از استاد خود در بازیابی اطلاعات توانا هستند. به این ترتیب، نقش مربیان و اساتید دیگر از سخنران مطلق کلاس باید به چیزی شبیه تسهیلگر تبدیل شود. توانایی مهم در روزگار فعلی که باید در دانشجویان القاء شود، توانایی طرح پرسش درست است و نیز توانایی تفکر نقادانه. طرح پرسش برای این است که بتواند اطلاعات مورد نیاز را از منابع اطلاعاتی از قبیل اینترنت و حتی هوش مصنوعی به دست بیاورد و تفکر نقادانه برای این که میزان روایی^۴ و پایایی^۵ آنها را بتواند بسنجد و برای رفع نیازهای خود به کار بندد. به تنهایی مطالب جذاب بی‌شماری در یوتیوب وجود دارد که با اتکاء به آنها دیگر نیازی به تدریس سنتی و طولانی شدن بیهوده دوره تحصیل نیست. سیر تکاملی انگل‌ها، چرخه زندگی حیوانات، روش‌های متنوع کشاورزی و دامپروری، آناتومی، امور فنی و ... در سپهر اینترنت در دسترس است که بسیار بهتر از اساتید مطلب را ارائه می‌دهد. هوش مصنوعی این توانایی را بسیار ارتقاء خواهد داد. به جای نقش سنتی ایفای نقش یک دایره

انفجار اطلاعات دیگر اجازه نخواهد داد که در ظرف زمانی محدودی فرد دانش‌آموخته به تمام اطلاعات لازم برای کارایی و صلاحیت حرفه‌ای مجهز شود. به جای آن باید به مفهوم دانش پایه سهل‌الوصول^۱ متمرکز شد (۲۲)؛ یعنی آن مقدار از اطلاعات سهل‌الوصولی که دانشجویان می‌توانند برای موفقیت و کسب صلاحیت و کارایی حرفه‌ای کسب کنند و اساتید می‌توانند آن را آموزش دهند. پس از دانش آموختگی، با کمک چهار توانایی که باید در دانشجویان القاء شود و در بخش ۲۴ آمده باید خود دانش‌آموخته به یاری خود، کارآموزی در کنار افراد کارکشته، حمایت سازمان‌های صنفی مثل سازمان نظام پزشکی، سازمان نظام دامپزشکی و طیفی از سازمان‌های نظام مهندسی توانایی خود را ارتقاء دهد. بسیار مهم است که در گفتگو با صنعت، آن چه که باید در این مفهوم دانش پایه سهل‌الوصول لحاظ شود را مشخص کرد.

۲۲. عصر فصاحت یا عصر لکنت: سواد در برابر مدرک

نویسنده ایرلندی ساموئل بکت^۲ در نامه‌ای گزیده به مترجم ایتالیایی کتابش او را از تطویل در ترجمه برحذر داشت و گفته بود: ما ایرلندی‌ها بلاغت را در عصر اسکار وایلد به خاک سپردیم. اکنون عصر لکنت است (پارادوکس جالبی در این جا است که در این مقاله مفصل به این توصیه بکت برای لکنت اشاره شده است). تا پیش از دهه هفتاد میلادی که هنوز انفجار اطلاعات رخ نداده بود، توصیف و تدریس دقیق و جزء به جزء مطالب درسی یک اصل بدیهی بود و تخطی از آن انحرافی آموزشی به حساب می‌آمد و اساتید نقش دایره‌المعارف‌های متحرک داشتند و هنوز تمایل دارند که چنین نقشی ایفا کنند.

در دهه ۴۰ شمسی رادیو پیش‌تاز بود و هنوز تلویزیون جای زیادی باز نکرده بود. سینما هم بود، اما این رادیو بود که با داستان‌های شب خانواده را دور هم جمع می‌کرد. در اواخر دهه چهل شمسی تلویزیون گسترش زیادی یافت. «نگارنده» که خود از سال ۱۳۵۰، یعنی ۵ سال پس از شروع آن نظام جدید کدایی تحصیل را شروع کرد، به عینه قدرت حافظه شنوایی در دانش‌آموزان نظام قدیم را بسیار قوی‌تر از همگنان خود یافت. تلویزیون آمده بود و حافظه شنوایی میدان قدرت را نسبت به حافظه بینایی می‌باخت. فیلم هفت‌تیرهای چوبی (۱۳۴۵)^۳ این تغییر رفتار و تعویض صحنه حافظه‌ها را به خوبی به تصویر کشیده است.

با تعویض حیطه حافظه‌ها، آموزش و پرورش و آموزش دانشگاهی همچنان در بند تکیه بر حافظه مانده است. به ویژه اعضای هیات علمی هنوز حس می‌کنند که نمی‌توانند از عهده انتقال اطلاعات

1. Readily retrievable knowledge base (RRKB)

2. Samuel Barclay Beckett) <https://t.me/cripolotic/974>

4. Validity

5. Reliability

۳. به کارگردانی شاپور قریب، محصول کانون پرورش فکری کودکان و نوجوانان، سال ۱۳۴۵.

امروز با سوظن به نهادهای آموزشی و دانشگاه نگاه می‌کند. باید دیدگاه دانشجویان در مقاطع مختلف (دوره‌های دکتر، کارشناسی ارشد، کارشناسی و کاردانی) را واری کرد. رفتار رزیدنت‌های پزشکی یک هشدار جدی در مورد تغییر نگاه نسلی است. پنجره اقبال جوانان به امر آموزش عمومی و آموزش دانشگاهی همواره باز نمی‌ماند. انصاف ۴۸ درصد از کنکوری‌ها از انتخاب رشته در سال ۱۳۹۸، و در حالی که در سال ۱۴۰۳ تنها ۳۷ درصد داوطلبان مرد بوده‌اند، نشان می‌دهد که پنجره جوانان به روی دانشگاه ممکن است همیشه این قدر گشوده نماند.

اگر این فرصت از دست برود، معلوم نیست این پنجره‌ای که از زمان علی اصغر حکمت در کشور باز شد، کی مجدد باز می‌شود. تا آن موقع ممکن است فاصله کشور با روند توسعه جهانی^۴ آن قدر زیاد شود که تنها می‌توان به ثابت ماندن فاصله دلخوش کرد. خشکسالی در نیروی انسانی هم ممکن است؛ وقتی ضمن سالمند شدن کشور نیروی کار آینده را با سیاست غلط^۵ از دست می‌دهیم، چون پیام دل انگیزی از آینده به جوانان و نوجوانان مخابره نمی‌شود.

یادآوری یک نکته ضروری است: فقدان نگاه سیستمی-شبکه‌ای به آموزش و پیوند آن با واقعیات جامعه و بی‌توجهی به اهمیت ازلی نبودن پنجره اقبال جوانان به آموزش را با گسترش بیش از پیش ظرفیت پذیرش رشته‌های دانشگاهی نمی‌توان جبران کرد. بعدها نیروی کار متخصص به اندازه کافی نخواهیم داشت، حتی با افزایش ظرفیت پذیرش. خالی ماندن ظرفیت تخصص‌های پزشکی به غیر از سه رشته غدد، گوارش و جراحی پلاستیک یک نشانه وخیم از این وضعیت است.^۶

۲۴. استنتاج

این که برای چنین مشکلی بزرگ و در عین حال مزمن، بتوان در مدت کوتاهی راهی موثر اعلام کرد. با این حال، گام نخست رفتن به طرف حل این مشکل را می‌توان به این شکل صورت بندی کرد کیفیت و کمیت برنامه‌های آموزشی به ویژه در آموزش و پرورش باید بازنگری شود. همچنین به جای چیدن واحدهای مختلف کنار هم باید براساس اهداف، امکانات و توانایی‌ها و عنصر مهمی به نام دانشجو به نوعی مهندسی در طراحی برنامه‌های آموزشی روی آورد. واقعیت این است که دانشجو را درک نکرده‌ایم. هم نظام آموزش و پرورش و هم نظام آموزش عالی باید الگوی دایره‌المعارفی را رها کنند. نظام آموزش و پرورش باید ژست پرورش دانشمند!! را کنار بگذارد و پرورش شهروند را در دستور کار خود قرار دهد تا تعادل جامعه را بیش از این برهم نزنند (۹، ص ۵۸). به قول گاندی،

المعارف متحرک همه چیز دان، اساتید بیشتر باید نقش تسهیل گر را برعهده گیرند. تحولی اساسی در شیوه تدریس و آموزش عمومی و دانشگاهی لازم است، زیرا به جای ارائه بسته اطلاعاتی، باید دریای ذهن فراگیرندگان را نقشه‌بندی و مساحی کرد، همان کاری که دریانوردان قدیمی با دریا می‌کردند.

هر گونه تحول و جوانه زدن در دوران جوانی امکان پذیر است. درست در دوره‌ای که با بیشترین احتمال، افکار نو و قابل تبدیل به محصول در ذهن جوانان ۱۸-۲۶ ساله شکل می‌گیرد که اساتید باید آنها را مشخص و راهنمایی کنند تا به محصول برسند، در شوره‌زار کلاس‌های تئوری که استاد متکلم وحده و دانشجو شنونده مطلق است، این پتانسیل پژمرده می‌شود.

اگر یک دانشجوی رشته بیوتکنولوژی طوری آموزش ببیند که خود را به عنوان یک کارشناس برای کار در یک آزمایشگاه در نظر بگیرد، احتمالاً یک زندگی بخور و نمیر خواهد داشت. هدف اصلی باید رسیدن به یک محصول قابل بازاریابی از قبیل محصولات بیولوژیک، دارو یا واکسن یا یک روش تشخیصی باشد. در عرصه دامداری‌های صنعتی، هدف اصلی یک دامپزشک دیگر نمی‌تواند فقط معاینه و درمان باشد، بلکه باید همانند یک مهندس صنایع، با برنامه ریزی بهداشتی بتواند سودآوری را تضمین و حاشیه آن را افزایش دهد (۹، ص ۱۷۶). در عرصه روستایی نیز دامپزشکان باید بتوانند سیمای بهداشتی و اقتصادی یک جامعه روستایی را به سمت توسعه پایدار و توانمندسازی جامعه روستایی برای کاهش حاشیه نشینی هدایت کنند. در بسیاری از رشته‌ها از جمله مهندسی دامپروری، مهندسی کشاورزی، مهندسی صنایع غذایی، گیاه پزشکی و ...، نیاز به آن است که توانمندی‌ها و مشخصات مهندسی صنایع در آنها القاء شود. احتمال این که یک پزشک با اجاره یک آپارتمان و ویزیت بیماران بتواند از پس هزینه‌ها برآید، روز به روز کمتر می‌شود، نه ویزیت‌ها جوابگو است و نه اقتصاد اجازه چنین روش فعالیت بهداشتی^۱ را می‌دهد. از همه مهم‌تر، هدف اصلی تربیت معلم نیز باید متوجه ایجاد توانایی در آموزگاران در القای توانمندی در دانش‌آموزان و پرورش شهروند و رساندن آنها به مرحله استقلال شخصی و مالی باشد.

۲۳. پنجره‌ای که همیشه باز نمی‌ماند: پنجره اقبال جوانان به دانشگاه

در کنار تمامی این موارد، یک نکته مرکزی وجود دارد و آن روحیه و نگرش جوانانی است که قرار است وارد دانشگاه شوند و یا نشوند. یک تغییر عمده نسلی در حال رخ دادن است. حال که ادامه تحصیل به مثابه راهی برای تضمین اشتغال زیر سؤال رفته است، جوان

1. Health business

2. <http://isna.ir/xdDrC7>

3. <http://eghtesadonline.com/x98jf>

4. <https://t.me/ksharifIRRB/1232>

5. <https://t.me/EtemadOnline/372777>

6. isna.ir/xdSKt2

دانشگاهی، مهارت در تفکر نقادانه در دانشجو نهادینه شود، بعدها به فرد متخصص یا خبره‌ای تبدیل خواهد شد که همواره درحال ارزیابی و جست‌وجوی افزایش توانمندی و صلاحیت حرفه‌ای خواهد بود. آنگاه هرزمان می‌تواند با نگاهی اجمالی به فهرست مطالب مجلات یا برنامه دوره‌های بازآموزی و آموزش مداوم بفهمد که کدامیک از آن موضوعات جدید و متنوع می‌تواند نقایص و نارسایی‌های او را بهبود بخشد. به این ترتیب، «آموزش مداوم» هدفمند می‌شود که درواقع نیازی اخلاقی نیز هست. درعین حال، دیگر لزومی نخواهد داشت که حجم انبوهی از مطالب را تنها به این خاطر بخواند که ممکن است نکته‌ای را از دست بدهد.

– **صلاحیت حرفه‌ای:** در بخش ۱۵ به این موضوع اشاره شد که بین یک محقق دانشگاهی که فقط روی یک نکته کوچک تمرکز می‌کند و فرد متخصص هم‌قطار با آن محقق دانشگاهی که در عرصه اجتماع دائماً باید بین گزینه‌های مختلف تصمیم‌گیری کند و همواره باید مراقب بروز خطا باشد، تفاوت بسیاری است. برنامه آموزش باید عمده‌تر بر نوع دوم متمرکز باشد. با خواندن کتاب نمی‌توان طبیب، قاضی، وکیل، روانشناس، جامعه‌شناس، کشاورز، دامپرور یا مدیر شد، بلکه علاوه بر مطالب تئوریک، باید تربیت کلینیکی، تربیت قضایی، تربیت حقوقی، تربیت روانشناختی، تربیت جامعه‌شناختی، تربیت کشاورزی و دامپروری، تربیت اداری و ... داشت. برای این کار دانشگاه باید در حل مسائل اساسی جامعه فعالانه مشارکت داشته باشد و از جزیره انزوا خارج شود و تلاش بالایی برای ترویج علم^۱ در شاخه‌های جوامع هدف هر رشته داشته باشد.

نظام آموزشی فعلی در آموزش و پرورش و آموزش عالی علی‌رغم این که ظاهری مدرن دارند، همچنان به لحاظ ساختار فکری شباهت زیادی به نظامیه‌ها (۴، ص ۱۰۳) دارند که به خاطر ساختار متصلب در برابر تغییر مقاومت شدیدی دارند. از نظامیه‌ها نه حکیم که سرباز بیرون خواهد آمد. مطابق باگ آموزشی که نکته محوری اصلی این مقاله است، تا زمانی که مسئله قطعیت استخدام در ساختار دولت آن هم برای سی سال منتفی نشده بود، خیلی به چشم نمی‌آمد. در حکومت‌های پهلوی اول و دوم، ساختار دولت در جذب دانش‌آموختگان به ساختار ارتش در جذب سرباز داشت. هم در دولت و هم در ارتش، جذب کارمند و جذب سرباز دیگر توجیه پیشین را از دست داده است. با توجه به پویایی شدید جامعه، مسائل مربوط به جهانی شدن، انفجار اطلاعات و همزمان انفجار مهمات به عنوان پیامد غیر قابل اجتناب انفجار اطلاعات (۹، ص ۱۳۴)، و نیز منسوخ شدن خیلی سریع اطلاعاتی که تا به امروز معتبر تلقی می‌شدند، برآمدن هوش مصنوعی، آهنگ شتابناک زندگی و مهم‌تر از همه، با توجه به این که پیش‌بینی شده است که در یک دوره سی ساله احتمالاً دانش‌آموختگان ده بار شغل عوض خواهند کرد،

«با سواد شدن نه می‌تواند هدف آموزش باشد و نه حتی آغاز آن. این کار فقط یکی از وسایلی است که بتوان مرد یا زنی را به‌وسیله آن پرورش داد. با سواد شدن به‌خودی‌خود آموزش نیست. منظور از آموزش آن است که بهترین خصال و استعدادهای کودک یا انسان از لحاظ جسم و اندیشه و روح به شکلی همه‌جانبه بیرون کشیده و پرورانده شود. این تصور بسیار غلط که ذکاوت و دانش فقط ممکن است از راه کتاب خواندن حاصل شود، باید جای خود را به این حقیقت بدهد که سریع‌ترین راه رشد و تکامل فکری آن است که کارهای دستی به طریقی علمی تعلیم داده شود. من می‌خواهم که در هر کودک، دست و مغز و روح یکسان رشد و تکامل پذیرد. درحالی که اکنون دست‌ها تقریباً بیکار و فلج هستند و روح یکسره مورد بی‌اعتنایی است» (۲۳). دانشگاه نیز باید کانون توجه خود را از نظام آموزشی تنش‌زا، توان‌فرسا، غیرمنعطف و ماهیتاً علمی فعلی (۹، ص ۱۱) به نظامی کارآمد و معطوف به نیازهای حرفه‌ای دانش‌آموختگان، صنعت و جامعه هدف هر رشته تغییر دهد. از همان نیمسال اول، آموزش مهارت‌های حرفه‌ای برای توفیق در مشی حرفه‌ای و کسب صلاحیت در کار و شغل و رسیدن به استقلال مالی در نظر گرفته شود.

• هدف برنامه آموزشی نه انتقال صرف اطلاعات، بلکه انتقال اطلاعات جدید حقیقتاً مفید به جای انتقال اطلاعات جدید باید باشد. به این ترتیب باید برای کاهش بهینه زمان آموزش و افزایش کارایی دانش‌آموختگان برنامه‌ریزی کرد.

• بیش از انتقال اطلاعات، هدف باید به سوی القای مهارت‌ها و توانمندی‌های پایه باشد، از این مهارت‌ها و توانمندی‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد که در اصل اسکلت برنامه آموزشی باید باشد و مبانی تئوریک و مهارت‌های حرفه‌ای بر این داربست تنظیم می‌شود:

– **آموزش فراگیر:** «برخورداری از معرفت لازم در فهم وقایع روزمره و اتفاقات جهان، روابط بین مردم و اندرکنش (تعامل) بین جوامع و فرهنگ‌ها و توانایی کاربرد آن معرفت» یک معیار ضروری برای موفقیت حرفه‌ای دانش‌آموختگان است..

– **قوة تفکر نقادانه:** تفکر نقادانه تلاشی دائمی است برای معاینه هر عقیده یا دانشی که هنوز در مرحله حدس و گمان است، در سایه شواهدی که از آن حمایت می‌کند و نتایجی که از آن حاصل می‌شود.

– **توانمندی و علاقه به آموزش مداوم:** خواندن و فهرست کردن حقایق و اطلاعات ملال‌آورترین شیوه برقراری ارتباط بین انسان‌هاست (۲۴). با ایجاد این توانمندی آنگاه انگیزه‌ای در آن‌ها شعله‌ور خواهد ماند تا پس از پایان دوره آموزش رسمی، آموزش و یادگیری را رها نکنند. اگر در طول سال‌های آموزش عمومی و

به یک برنامه آموزشی چالاک، منعطف و مطابق با نیازهای جامعه، صنعت و دانش‌آموختگان سخت نیاز خواهد بود؛ بی‌توجهی به این «باگ» یک کوری آموزشی و پژوهشی عمده است. در عصر انفجار اطلاعات و همزمان مهم‌مات، توانایی دانش‌آموختگان در تشخیص مبتنی بودن بر شواهد^۱ اطلاعات مفید بسیار ضروری است (۹، ص ۱۱۴).

برای دانشگاه‌هایی که در شهرهای بزرگ در ایران در زمینه‌ای وسیع تاسیس شدند و نقش یک کاتدرال در اعتبار بخشی به حاکمیت داشتند و زمینه ساز حرکت از یک جامعه قبیله‌ای به سوی یک جامعه پیشرفته شدند، اگر مطابق شرایط جهانی و نیازهای جامعه تغییرات اساسی در فعالیت‌های آموزشی پژوهشی خود برای القای صلاحیت و کارایی در دانش‌آموختگان ندهند، مطابق پیش‌بینی پیتز دراکر، آینده پژوه معروف به موزه‌های آثار باستانی تبدیل خواهند شد (۲۵).

برای اصلاحات اساسی در امور آموزشی و پژوهشی و برطرف کردن کوری آموزشی و پژوهشی، مفهوم استقلال و آزادی بدون مرز اندیشه در دانشگاه‌ها ضروری است. تا آینده قابل‌پیش‌بینی، حاکمیت و دولت از سودای کنترل دانشگاه و نیز آموزش و پرورش دست برنخواهد داشت، اما آزادی در آموزش، به ویژه باز گذاشتن دست آموزگاران در اعمال ابتکار و نوآوری برای آموزش دانش‌آموزان نقشی اساسی در توسعه کشور خواهد داشت. هند یک مدل بسیار نیکو برای مطالعه در این مورد است. که چگونه

بخش خصوصی توانست بهتر و ارزان‌تر از دولت آموزش عمومی را به پیش برده^۲ (البته نه به صورت مدارس اصطلاحاً غیر انتفاعی داخلی خودمان که کارکردی غیر از ماهیت وجودی خود دارند). این موضوع عجیبی نیست؛ به قول میلتن فریدمن، اگر صحرای آفریقا را به دولت بسپارید، بالاخره شن کم خواهد آمد.

مطالعه برای انتخاب مدل مناسب در قرن بیست و یکم برای مفهوم دانشگاه بسیار ضروری است. برای سال ۲۰۳۰ چهار مدل دیگر به نام‌های تاماگوچی^۳، جنگا^۴، لگو ست^۵ و ترانسفورمر^۶ پیشنهاد شده است که در بخش‌های بعدی کوری آموزشی و پژوهشی به آنها اشاره خواهد شد. به جای گسترش بی‌رویه دانشگاه‌هایی که در کوری آموزشی و پژوهشی دست و پا می‌زنند، بهتر است که به جای تعدادی زیادی ده خراب و اتلاف و پراکنده سازی منابع مالی، چند شهر آباد بر اساس مدل‌های جهانی و نیازهای کشور به عنوان جزیره‌های کیفیت (۴، ص ۱۲۳) در دل کوری آموزشی و پژوهشی تاسیس شود؛ چون مهم‌ترین مفهوم دانشگاه رشدپذیری آن است که در حال حاضر نسبت به آن بی‌توجهی می‌شود. مطالعه آن مدل‌ها و سیاست‌گذاری بر اساس نیازهای کشور بسیار مهم است، چون بعضی معتقدند که سیاست‌گذاری علمی دیگر در مورد علم صحبت نمی‌کند، بلکه به اصولاً به رشد اقتصادی، ایجاد مشاغل و توسعه صنعتی مربوط می‌شود (۴، ص ۱۰۷)، و گرنه بازار علم دچار کساد می‌شود (۲۶). در این کوری آموزشی و پژوهشی، توجه به این نکته می‌تواند برای ما چون مشعلی در تاریکی باشد.

منابع

۱. پیک سنجش، شماره ۱۵۳، اول آذر ۱۳۷۸ (لوح، شماره ۷، ص ۲۷، دی ۱۳۷۸).
۲. پیازه، ژان. (۱۳۶۷). *روان‌شناسی و دانش آموزش و پرورش*. ترجمه علی‌محمد کاردان. انتشارات دانشگاه تهران، صص ۲-۱۰۸.
۳. گریز، آرنولد. *فلسفه تربیتی شما چیست؟* ترجمه و ویراستاری شعبانی ورکی، بختیار و همکاران، چاپ اول، ۱۳۸۳، بهنشر (انتشارات آستان قدس رضوی).
۴. منصوری، رضا. (۱۳۸۳). *ایران ۱۴۲۷ (عزم ملی برای توسعه علمی و فرهنگی)*. چاپ سوم. انتشارات طرح نو.
5. Günther, KH. Profiles of educators: Wilhelm von Humboldt (1767-1835). Prospects 18, 127-136 (1988).
<https://doi.org/10.1007/BF02192965>
۶. میلانی، عباس. (۱۳۸۵). معمای هویدا. چاپ شانزدهم. نشر اختران.
۷. شوکت، حمید (۱۳۹۹). *در تیررس حادثه، زندگانی سیاسی قوام‌السلطنه*، نشر اختران، صص ۲۲-۳۰.
۸. مجله روشنفکر، سرویس اجتماعی، پنجشنبه ۱۹ شهریور ۱۳۴۱، ص ۳.
۹. شریفی، کامران. تأملی بر آموزش دامپزشکی: از تتوری تا مشی حرف‌های. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۴۰۲.
۱۰. دلور، ژاک، *آموزش برای فردا*، مترجم: افشین جهان‌دیده، پیام یونسکو، شماره ۳۱۱، سال بیست و هفتم، صص ۶-۱۱، ۱۹۹۶، (تاریخ انتشار در ایران، تیر ۱۳۷۵).

1. Evidence-based information
2. <https://educationforallinindia.com/role-of-private-institutions-in-indian-education/>
3. Tamagotchi

4. Jenga
5. Lego Set
6. Transformer

11. Huth, E.J. (1989). The information explosion. *Bulletin of the New York Academy of Medicine*, 65: 647-661.
12. Butler, D. Plagiarism scandal grows in Iran. *Nature* 462, 704-705 (2009). <https://doi.org/10.1038/462704a>.
13. Walsh D.A. (2009). Accomplishing essential curricular change. In *Veterinary education for global animal and public health* (D.A. Walsh, ed.). *Revue Scientifique et Technique* (International Office of Epizootics) 28(2),451-454
14. Bronowski, J. (1972). *Science and human values*. Harper and Row, New York. Cited by: King, L.J. (2009). One world of veterinary medicine. *Revue Scientifique et Technique* (International Office of Epizootics), 28(2),463-467
15. Quirk, M.E. Harden, R.M. (2017). Curriculum planning and development. Chapter 2, Section 1. Curriculum development. In: Dent, J.A. Harden, R.M., Hunt D., *A practical guide for medical teachers*. Elsevier, 9th ed. PP. 4-12. (Accessible at <https://edc.savehums.ac.ir/file/download/page/1618211225-harden-a-practical-guide-for-medical-teachers5-th-edition.pdf#page=22>. [Accessed: 28 Jan 2025])
۱۶. گزیده‌ای از: فوکو، میشل؛ *مراقبت و تنبیه: تولد زندان*، مترجمین: نیکو سرخوش و افشین جهان‌دیده، نشر نی ۱۳۷۸، اقتباس از "لوح"، شماره ۷، ص ۴۳، دی ۱۳۷۸
۱۷. شهریاری، پرویز. (. استقرای ریاضی. انتشارات مدرسه، دفتر انتشارات کمک‌آموزشی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، وزارت آموزش و پرورش، صص ۱۱-۱۳.
۱۸. جفودی، یوسف. (۱۳۷۸). آموزش تخصص پزشکی، دردهای کهنه و گرفتاری‌های تازه. لوح، شماره ۷، صص ۱۶-۱۹.
۱۹. حسینی، پروانه (گردآورنده). (۱۳۷۹). صیقل زدن وسیله‌ای که به همه ملتها تعلق دارد. لوح، شماره ۱۰، صص ۱۵-۱۷.
۲۰. مجله مثلث، شماره ۲۴۶، دی ۱۳۹۳.
۲۱. شریفی، کامران. (۱۳۷۸). زنگ‌ها برای که به صدا درآمده‌اند. فصلنامه دامپزشک، سال دوم، شماره سوم، صص ۲۵-۳۱.
22. Hubble, J.A. Shaffer, A. (1998). A circle model of Veterinary education. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 212(2),186189.
۲۳. کریشنا کریپالانی (۱۹۶۰). همه مردم برادرند. ترجمه محمود تفضلی. (۱۳۷۶). چاپ نهم. تهران: مؤسسه انتشارات امیرکبیر. (مطالب این کتاب، جمع‌آوری زندگی و افکار گاندی از زبان خودش است).
24. Hayakawa, SI. (1990). *Language in Thought and action*. 5th ed. Orlando, Fla, Harcourt Brace Jovanovich Inc, 83-95.
۲۵. دودرستاد، جیمز؛ استانلی، ایکنبری؛ هارولد، ویلیامز. (۱۹۹۹). *دانشگاه و محیط پیرامون: تعامل با فناوری و بازار*. ترجمه مهدی عباسی و قدرت حاجی رستم‌لو. (۱۳۸۱). چاپ اول. دفتر برنامه‌ریزی اجتماعی و مطالعات فرهنگی معاونت فرهنگی و اجتماعی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ص ۳.
26. Hayakawa De la Mothe, and Dufour, P. Is science Policy in the Daldrums, *Nature*, 374 ,209 ,16 March, 1995. <https://doi.org/10.1038/374209a0>.

گرانش، حیات و فرگشت

احمد شیخی

استاد فیزیک دانشگاه شیراز و عضو وابسته گروه علوم پایه فرهنگستان علوم ایران

asheykhi@shirazu.ac.ir

نامه علوم پایه شماره ۱۲ و ۱۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۲

چکیده

در این مقاله به بررسی اثرات نیروی گرانش بر پیدایش کیهان، شکل‌گیری ساختارهای اولیه کیهانی، تشکیل کهکشان راه شیری و سامانه خورشیدی، تشکیل سیاره زمین، پیدایش حیات روی زمین، فرگشت^۱ (تکامل) جانداران و تکامل اندام‌های پیچیده انسان روی سیاره زمین می‌پردازیم.

مقدمه

را کنار همدیگر نگه می‌دارد و تحول آنها را مدیریت می‌کند، منفی است. بنابراین این امکان وجود دارد که مجموع انرژی ماده کیهانی و انرژی میدان گرانشی روی هم صفر شود. این بدان معناست که کیهان ما می‌تواند از هیچ شروع شده باشد!

نیروی گرانش از بدو پیدایش کیهان، در تشکیل ساختارها و تحول آنها نقش ممتازی ایفا کرده است. تشکیل کهکشان‌ها، ستارگان از جمله خورشید و سپس شکل‌گیری سامانه خورشیدی و سیارگان سامانه خورشیدی وابسته به نیروی گرانش بوده است. سرد شدن کره زمین و سپس شکل‌گیری حیات بر روی زمین و فرگشت موجودات زنده نیز وابسته به گرانش بوده است. در بخش‌های بعدی سعی خواهیم نمود برخی از جنبه‌های نیروی گرانش را در پیدایش حیات روی کره زمین و فرگشت موجودات زنده و تکامل انسان و سایر جانداران بررسی نماییم.

۲- نقش گرانش در پیدایش ساختارهای کیهانی

بعد از انفجار بزرگ، پلاسمای کیهانی شامل ذرات گوناگونی بوده است که در اثر انفجار اولیه شروع به دور شدن از یکدیگر کرده و در نتیجه کیهان شروع به گسترش نموده است. ذرات موجود در پلاسمای کیهانی شامل انواع ذرات فرمیونی و بوزونی از جمله فوتون‌ها، نوترینوها، الکترون‌ها، پروتون‌ها، نوترون‌ها و پاد ذره آنها بوده است. انبساط کیهان یک فرآیند بی‌دررو^۲ است، به این معنی که کیهان با محیط دیگری مبادله انرژی ندارد. دلیل این امر آن

مدل استاندارد کیهان شناسی که بر مبنای اصل کیهان شناختی (همگنی و همسان‌گردی کیهان در مقیاس‌های بزرگ) و معادلات میدان نسبیت عام استوار است، توصیفی نسبتاً موفق از تحول کیهان ارائه می‌دهد. بر اساس مشاهدات و داده‌های کیهان شناختی، امروز می‌دانیم که کیهان حدود $13/8$ میلیارد سال قبل با یک انفجار بزرگ از یک نقطه با ابعاد صفر آغاز شده است. از جمله مهم‌ترین مشاهداتی که درستی مدل استاندارد کیهان شناسی را تایید می‌کنند، عبارتند از تابش زمینه کیهانی که شامل یک گاز فوتونی بر جای مانده از کیهان اولیه است. دمای کنونی این تابش در حدود 2.7 درجه کلوین است. شاهد دیگر بر درستی مدل استاندارد کیهان شناسی درصد فراوانی هیدروژن و هلیوم کیهانی است. نتایج طیف سنجی از نقاط مختلف کیهان نشان می‌دهد که در حدود 24 درصد جرم ماده باریونی کیهان از گاز هلیوم و حدود 75 درصد از گاز هیدروژن و سایر عناصر روی هم رفته کمتر از یک درصد جرم ماده باریونی کیهان را تشکیل می‌دهند. انفجار بزرگ سرآغاز شروع زمان و پیدایش مفهوم فضا در کیهان ما بوده است. بر اساس اصل قوی ماخ^۳ در غیاب ماده، صحبت از فضا بی‌معنی است. فضا چیزی جز فاصله انتزاعی بین نقاط مادی نیست. زمان هم مفهومی است که تغییرات (حرکت) ماده را نشان می‌دهد. بنابراین بدون حرکت یا تغییر در ماده اساساً نیازی به تعریف زمان نیست. انفجار آغازین کیهان منجر به پیدایش انبوه انرژی و ماده گردیده است. نکته جالب توجه آن است که کل انرژی ماده موجود در کیهان مثبت است. این در حالی است که انرژی پتانسیل گرانشی که اجزا کیهان

1. Evolution

2. Mach's strong principle

3. Adiabatic

است که فضا و زمان همراه با خلق و گسترش کیهان خلق می‌شوند و صحبت از فضای بیرون کیهان، مفهومی ندارد. در فرآیندهای بی‌دررو همراه با انبساط سیستم، چگالی، دما و فشار آن کاهش می‌یابد. با توجه به اصل کیهان شناسی، قسمت فضایی کیهان، در مقیاس‌های بزرگ، همگن و همسانگرد است. فرض می‌کنیم که این همگنی و همسانگردی از ابتدای کیهان هم وجود داشته است و به همین دلیل پارامترهای اصلی پلاسمای کیهانی را در سرتاسر کیهان مستقل از مکان در نظر می‌گیریم. این بدان معناست که فشار و چگالی انرژی کیهان را تابعی از دما (زمان) کیهانی در نظر می‌گیریم. با گذشت زمان کیهانی، قسمت فضایی آن گسترش می‌یابد. این گسترش به وسیله فاکتور مقیاس کیهانی^۱ مشخص می‌گردد. تغییرات نسبی فاکتور مقیاس کیهانی با پارامتر دیگری تعیین می‌شود که به آن پارامتر هابل^۲ گفته می‌شود. بنابراین پارامتر هابل نرخ انبساط کیهان را نشان می‌دهد. در دماهای بالا و لحظات اولیه بعد از انفجار بزرگ، ذرات موجود در پلاسمای کیهانی با همدیگر برهمکنش شدید داشته‌اند و در تعادل ترمودینامیکی بوده‌اند. با گذشت زمان برخی ذرات به تدریج از حالت تعادل با پلاسمای کیهانی خارج و به صورت مستقل در انبساط آزاد کیهان شرکت می‌کنند. در حدود چند دقیقه بعد از مه‌بانگ، اولین هسته‌های اتم هلیوم شکل گرفته‌اند. تشکیل هسته‌های هلیوم در دقیقه‌های اولیه بعد از مه‌بانگ، برای حفظ نوترون‌ها، و در نتیجه امکان تشکیل هسته‌های سنگین‌تر و تشکیل ساختارهای پیچیده در مراحل بعدی تحول کیهان بسیار مهم و یکی از تنظیم‌های دقیق در کیهان اولیه بوده است.

از سوی دیگر یکی از ذراتی که در پلاسمای کیهانی وجود داشته، نوترینوها بوده‌اند. نوترینوهای کیهانی زمانی که سن کیهان حدود ۵ ساعت و دمای آن صد میلیون درجه کلوین بوده، از پلاسمای کیهانی جدا شده و رفته رفته سرد شده‌اند. دمای امروزی نوترینوهای کیهانی کمتر از ۲ درجه کلوین است. البته آشکار سازی نوترینوهای کیهانی روی زمین، بدلیل انرژی کم و برهمکنش ضعیف، بسیار مشکل است. هنگامی که سن کیهان در حدود ۳۸۰ هزار سال و دمای آن در حدود ۳۰۰۰ درجه کلوین بوده است، اتم‌های خنثی هیدروژن و هلیوم و به مقدار بسیار اندکی لیتیم شکل گرفته‌اند. بعد از آن برخورد بین اتم‌های خنثی و فوتون‌های کیهانی بسیار کم شده و بنابراین فوتون‌ها بصورت آزادانه به هر سو گسترش یافته‌اند. در این زمان کیهان شفاف شده است، چرا که فوتون‌ها با پلاسمای کیهان برهمکنش ندارند. امروز این گاز فوتونی برجای مانده از کیهان اولیه در همه جهات دیده می‌شود و دمای تقریبی آن کمتر از ۳ درجه کلوین است.

سوال اساسی این است که اگر ذرات پلاسمای کیهانی بدلیل

گسترش کیهان در حال دور شدن از همدیگر بوده‌اند، و اگر کیهان اولیه یکنواخت بوده است، ساختارهای کیهانی چگونه شکل گرفته‌اند؟ ساختارهای منظم و پیچیده‌ای که در کیهان وجود دارند چگونه و با چه فرآیندی شکل گرفته‌اند؟ امروزه کیهان شناسان بر این باورند که از بین نیروهای موجود در طبیعت، یگانه نیرویی که می‌توانسته ضد انبساط کیهان عمل کند و موجب تجمع ذرات پلاسمای کیهانی و در نتیجه تشکیل ساختارهای اولیه کیهان گردد، گرانش بوده است. کیهان کنونی ما از میلیاردها کهکشان تشکیل شده است. چرا ما امروزه ساختارهای فراوانی در کیهان می‌بینیم؟ این ساختارها چگونه شکل گرفته و رشد کرده‌اند؟ یافته‌های امروزی نشان می‌دهند پلاسمای کیهانی اولیه اگر چه یکنواخت بوده ولی در برخی قسمت‌ها ناهمگنی‌هایی داشته است. به نظر می‌رسد که همین اختلالات ناچیز چگالی در طول زمان با کمک نیروی گرانش رشد کرده و اولین کهکشان‌ها را در چند میلیون سال پس از مه‌بانگ تشکیل داده‌اند. همان گونه که گفتیم مه‌بانگ، کیهان را به صورت پلاسمای غلیظ داغ و ناآشکاری از ذرات بسیار پرانرژی آغاز کرد. با بیرون آمدن این ماده از انفجار اولیه، ماده سرد شد و ذرات در گاز هیدروژن خنثی جمع و ادغام شدند. برخی از بخش‌ها متراکم‌تر از سایر بخش‌ها بودند و در نهایت گرانش آنها بر انبساط کیهانی غلبه کرد و مواد به سمت داخل فرو ریخت و در نتیجه در فرآیندی به نام رُمیش گرانشی ساختارهای اولیه کیهانی شکل گرفتند.

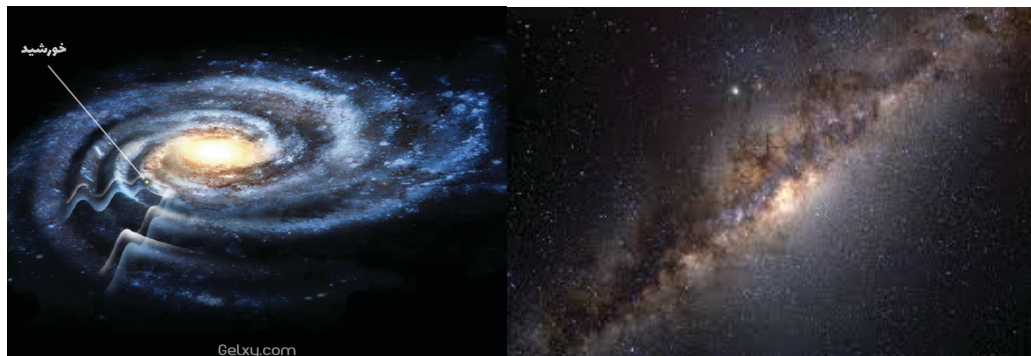
به طور خلاصه می‌توان گفت گرانش همان نیرویی است که باعث رشد بذر اولیه ناهمگنی‌ها و در نتیجه موجب تراکم پلاسمای کیهانی گردیده است. وقتی در ناحیه‌ای چگالی انرژی کمی متفاوت شود، در طی میلیون‌ها سال و با کمک نیروی جاذبه گرانشی این مواد بتدریج متراکم‌تر می‌شوند تا در نهایت یک کهکشان متولد شود. کهکشان راه شیری به عنوان یکی از این کهکشان‌های اولیه، به تدریج مواد بیشتری را از محیط بین کهکشانی جذب کرده است. گرانش نه تنها مواد خارجی را به سمت کهکشان جذب می‌کرد، بلکه ستارگان و سیستم‌های ستاره‌ای را نیز در داخل کهکشان به تعادل نگه می‌داشت. در ادامه خواهیم گفت که چگونه گرانش موجب تشکیل سامانه خورشیدی گردیده است.

۳- گرانش و شکل‌گیری سامانه خورشیدی

زمین ما یکی از سیارگان سامانه خورشیدی است که در فاصله ۱۵۰ میلیون کیلومتری خورشید، با سرعت ۳۰ کیلومتر بر ثانیه، هر ۳۶۵ روز یکبار به دور آن می‌گردد. خورشید ما یکی از ستارگان کهکشان راه شیری است که بر روی یکی از بازوهای مارپیچی آن و در فاصله ۲۶۰۰۰ سال نوری از مرکز کهکشان قرار گرفته و با سرعت ۲۵۰ کیلومتر بر ثانیه به دور مرکز کهکشان می‌چرخد. هر

و غبار میان ستاره‌ای است که مانع از رسیدن نور ستارگان زمینه به چشم ما می‌شود. قطر صفحه کهکشان راه شیری حدود ۱۰۰ هزار سال نوری است. سال نوری مسافتی است که نور در مدت یکسال طی می‌کند. ضخامت صفحه کهکشان راه شیری در بیشتر قسمت‌ها در حدود ۱۰۰۰ سال نوری است ولی در مرکز به ۱۲۰۰ سال نوری هم می‌رسد بنابراین صفحه کهکشان راه شیری در مرکز برجسته‌تر دیده می‌شود. جرم کهکشان راه شیری در حدود ۸۵۰۰ میلیارد برابر جرم خورشید و شامل ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلیارد ستاره است. بیش از ۹۰ درصد جرم کهکشان را ماده تاریک تشکیل می‌دهد که بر همکنش الکترومغناطیسی ندارد ولی از طریق جاذبه گرانشی بر حرکت ستارگان کهکشان تاثیر می‌گذارد. ماده تاریک به صورت هاله‌ای کهکشان را در بر گرفته است و قطر آن ۳ تا ۴ برابر قطر کهکشان است. اخیراً تأیید شده که در مرکز کهکشان راه شیری یک سیاهچاله غول پیکر وجود دارد که همه ستارگان و اجزای درون کهکشان به دور آن می‌چرخند. این ساختار عظیم و پیچیده به وسیله نیروی گرانش در طی میلیون‌ها سال ایجاد شده است و همین نیرو حرکت و تحول کهکشان و همه اجزای درون آن را مدیریت می‌کند.

سال نوری تقریباً معادل ۹۰۰۰ میلیارد کیلومتر است. کهکشان راه شیری با سرعت ۵۵۰ کیلومتر بر ثانیه نسبت به تابش زمینه کیهانی در حال حرکت است. راه شیری کهکشانی مارپیچی میله‌ای است. شکل کلی کهکشان‌های مارپیچی را می‌توان به یک دیسک یا قرص تشبیه کرد. بخش اصلی اجزای تشکیل دهنده کهکشان (ستاره‌ها، گاز و غبار) در قالب بازوهای مارپیچی در سطح تخت این دیسک قرار دارند. ستارگان کمتری نیز به صورت هاله‌ای اطراف دیسک را دربر گرفته‌اند. این ساختار مارپیچی تنها در صورتی قابل مشاهده است که بیننده‌ای در خارج کهکشان از روبه‌رو به آن نگاه کند. ما به عنوان بیننده‌ای که از داخل صفحه کهکشان به آن می‌نگریم، اجزای واقع در صفحه کهکشان را به صورت نوار دایره‌ای شکل متراکمی از ستارگان، دورتادور خود می‌بینیم. این همان راه شیری است که شب‌ها در آسمان می‌بینیم. علاوه بر نوار شیری رنگ مورد اشاره، تمام ستارگان دیگری نیز که با چشم غیرمسلح در آسمان می‌بینیم، متعلق به کهکشان راه شیری هستند و این نوار نورانی تنها نشانگر آن دسته از ستارگان راه شیری است که در راستای صفحه کهکشان قرار گرفته‌اند. بخش‌هایی از کهکشان راه شیری که تاریک به نظر می‌رسند، به علت وجود گاز



شکل ۱: سمت راست تصویر بخشی از کهکشان راه شیری که از زمین دیده می‌شود. شکل سمت چپ نمای کلی کهکشان راه شیری و موقعیت خورشید در کهکشان را نشان می‌دهد.

تراکم خود ادامه می‌دهد و تحت فشار زیاد و دمای بالا، پیش‌ستاره در مرکز شکل می‌گیرد. این پیش‌ستاره در نهایت به خورشید تبدیل می‌شود. در دیسک پیش‌سیاره‌ای، ذرات غبار و گاز به هم چسبیده و توده‌های کوچکتری به نام سیاره‌نماها را تشکیل می‌دهند. این فرآیند افزایش، تحت تأثیر گرانش است که توده‌های کوچکتر را به هم جذب می‌کند. این توده‌های کوچک به هم می‌پیوندند و اجرام بزرگتری به نام پیش‌سیارگان را تشکیل می‌دهند. گرانش نقش اصلی را در جذب و ادغام این اجرام ایفا می‌کند. پیش‌سیارگان به تدریج بزرگتر می‌شوند و به سیارگان مختلف تبدیل می‌شوند. سیارگان در ناحیه‌های مختلف از دیسک پیش‌سیاره‌ای شکل می‌گیرند و بر این اساس می‌توان آنها را به سه دسته سیارگان خاکی، غول‌های گازی و سیارگان یخی تقسیم کرد.

• **تشکیل سامانه خورشیدی:** سامانه خورشیدی ما حدود ۵ میلیارد سال پیش از یک سحابی بزرگ بین‌ستاره‌ای که عمدتاً از هیدروژن و هلیوم و مقادیر کمتری از عناصر سنگین‌تر تشکیل شده بود، پدید آمد. این سحابی می‌توانست توسط گرانش یک ابرنواختر مجاور تحریک شده باشد. به دلیل ناپایداری درون سحابی و بر اثر جاذبه گرانشی، این ابر گازی شروع به رُمبش به درون کرد. وقتی این فرآیند آغاز می‌شود، افزایش فشار و چگالی در مرکز سحابی منجر به رُمبش سریع‌تر گاز می‌شود و پدیده‌های متعددی به وقوع می‌پیوندد. رُمبش گرانشی ماده، باعث چرخش شدیدتر آن می‌شود. به دلیل چرخش بالا، مواد شروع به مسطح شدن کرده و دیسکی چرخان به نام دیسک پیش‌سیاره‌ای تشکیل می‌دهند. این دیسک عمدتاً از گاز و غبار تشکیل شده است. ماده در مرکز این دیسک به

به پراکندن گازها و غبارهای باقی‌مانده در دیسک پیش‌سیاره‌ای کردند. این امر باعث پاکسازی مناطق خالی از ماده باقی‌مانده و تثبیت مدارهای سیارگان گردید. پس از پاکسازی و تثبیت مدارها، سامانه خورشیدی به شکل امروزی خود تکامل یافت. خورشید در مرکز، سیارگان سنگی درونی، غول‌های گازی و سیارگان یخی خارجی به دور آن، جای گرفتند.

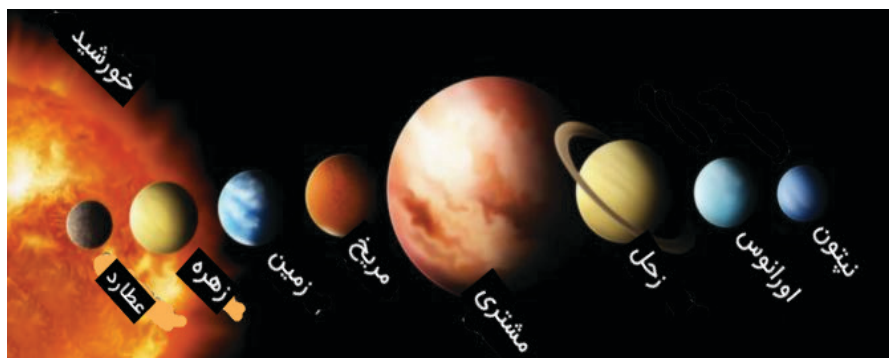
به طور خلاصه گرانش نه تنها عامل اصلی در رمبش^۱ اولیه سحابی و تشکیل دیسک پیش‌سیاره‌ای بود، بلکه نقش کلیدی در جذب و ادغام ذرات گاز و غبار، تشکیل سیاره‌نماها و پیش‌سیارگان، و پاکسازی باقی‌مانده‌ها داشت. گرانش نیروی پیش‌ران اصلی در تمام مراحل شکل‌گیری و تکامل سامانه خورشیدی بوده است. بدون گرانش، نه تنها سامانه خورشیدی بلکه هیچ‌یک از ساختارهای بزرگ‌مقیاس جهان نمی‌توانستند وجود داشته باشند. علاوه بر آن گرانش سیارگان سامانه خورشیدی به ویژه سیاره مشتری مانند سپر دفاعی برای زمین عمل می‌کنند و باعث می‌شوند شرایط برای پیدایش حیات و بقای جانداران روی زمین فراهم شود. در غیاب مشتری، زمین به وسیله شهاب سنگ‌ها و دنباله دارها سرگردان در فضا بمباران می‌شود و به احتمال زیاد محیطی امن برای پیدایش حیات نخواهد بود.

• **سیارگان خاکی:** مانند عطارد، زهره، زمین و مریخ در نزدیکی خورشید، جایی که دما بسیار بالا است و مواد سنگین می‌توانند متراکم شوند.

• **غول‌های گازی:** مانند مشتری و زحل، که دورتر از خورشید و در مناطقی با دمای پایین شکل می‌گیرند و قادر به جمع‌آوری بیشتر گازها و یخ‌های و شهاب سنگ‌های درون سامانه خورشیدی هستند. مشتری به تنهایی جرمی معادل ۲,۵ برابر جرم سیارگان سامانه خورشیدی دارد. نیروی گرانش سیاره مشتری بسیاری از شهاب سنگ‌ها و اجرام فضایی را که به سوی زمین می‌آیند، جذب می‌کند و از این لحاظ مانند یک سپر دفاعی برای سیاره زمین عمل می‌کند و شرایط پیدایش حیات و موجودات زنده را مهیا می‌سازد. اگر سیاره مشتری و گرانش قدرتمندش وجود نداشت، زمین آنقدر در معرض بمباران شهاب سنگ‌ها قرار می‌گرفت و شرایط آن ناپایدار می‌شد که امکان پیدایش حیات در آن منتفی می‌گشت.

• **سیارگان یخی:** مانند اورانوس و نپتون که حتی دورتر از خورشید قرار دارند و حاوی مقادیر زیادی یخ هستند.

با تشکیل سیارگان، بادهای خورشیدی ناشی از خورشید جوان شروع



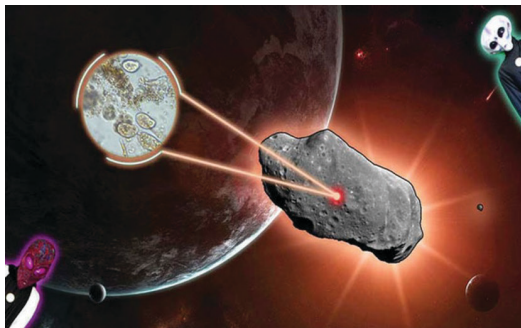
شکل ۲: سیارگان سامانه خورشیدی، مشتری به تنهایی جرمی معادل ۲,۵ برابر مجموع جرم سیارگان سامانه دارد و گرانش آن مانند یک سپر دفاعی برای زمین عمل می‌کند.

در فضای بین‌ستاره‌ای پراکنده شده، وارد ابرهای گازی و غباری می‌شوند که بعدها سیارگان و ستارگان جدیدی را تشکیل می‌دهند. وقتی که سحابی خورشیدی شروع به رمبش کرد، عناصر سنگین نیز در این سحابی حضور داشتند. این عناصر نقش مهمی در تشکیل سیارگان سنگی مانند زمین داشتند. تجمع این عناصر سنگین باعث به وجود آمدن هسته‌های فلزی در سیارگان خاکی شدند. حرارت کره زمین پس از تولد، به تدریج کاهش یافت و جو زمین به حد و نقطه‌ای بحرانی رسید که دیگر نتوانست بر تراکم خود بیافزاید و ابرها به جای ضخیم تر شدن، رطوبت خود را به صورت باران بر زمین سرازیر کردند. بارندگی‌ها تا میلیون‌ها سال ادامه یافت تا

پیدایش سیاره زمین: در مراحل اولیه جهان، بیشتر مواد شامل هیدروژن و هلیوم بودند. فرآیندهای هم‌جوشی هسته‌ای در هسته‌های ستارگان باعث شدند که هیدروژن به هلیوم تبدیل شود. در ستارگان عظیم‌تر، واکنش‌های هم‌جوشی ادامه یافت و عناصر سنگین‌تری مانند کربن، اکسیژن و آهن تشکیل شدند. این فرآیندها در هسته‌های ستارگان در اثر فشار و دمای بسیار بالا رخ می‌دهند. وقتی یک ستاره بزرگ به پایان عمرش می‌رسد، با یک انفجار عظیم به نام ابرنواختر^۲ از هم می‌پاشد. این انفجار باعث پخش شدن عناصر سنگین که در هسته ستاره تشکیل شده‌اند، به فضا می‌شود. عناصر سنگین، شامل آهن، نیکل، طلا و اورانیوم،

1. Collapse
2. Supernova

موجود در فضا حفظ کنند و به صورت سالم به زمین برسانند. این فرضیه، بعنوان یکی از نظریه‌های منشا حیات، تحت نام نظریه پان اسپرمیا شناخته می‌شود و در میان زیست‌شناسان طرفدارانی دارد. عامل اصلی که باعث حرکت دنباله دارها در فضا و جذب آنها توسط سیاره زمین می‌شود، نیروی گرانش است. برخی اخترشناسان معتقدند پذیرش پان اسپرمیا نه تنها معادله منشأ حیات را حل خواهد کرد، بلکه مسیر جستجوهای ما را برای یافتن موجودات زنده ی فرازمینی تغییر خواهد داد. فرایند تشکیل حیات بر روی زمین شاید بسیار پیش‌تر از ۳ تا ۴ میلیارد سال پیش آغاز شده باشد؛ چرا که وقتی هنوز زمین متولد نشده بود- اگر نظریه پان اسپرمی درست باشد- بذره‌ای زندگی سفر طولانی خود را به سمت این سیاره آغاز کرده بودند. بدین ترتیب کار تولید سلول‌های زنده و سازمان‌دهی ارگان‌های آن در جایی دیگر از کیهان اتفاق افتاده است و تحت تاثیر گرانش به زمین رسیده است. بر طبق فرضیه پان اسپرمیا حیات در تمامی نقاط جهان وجود دارد. این که در یک سیاره سامانه خورشیدی، تمدنی هوشمند مانند نوع بشر، تا این حد متعالی می‌شود، ناشی از صلاحیت زمین برای پذیرش بذره‌ای زندگی است. شاید سیارگانی دیگر بسیار دورتر از ما، این شایستگی را میلیون‌ها سال پیش از زمین کسب کرده‌اند. اگر نظریه پان اسپرمیا درست باشد، می‌توان گفت گرانش نیرویی است که بذر اولیه حیات را به سیاره زمین کشانده است.



شکل ۳: بر اساس فرضیه پان اسپرمیا، بذر اولیه حیات از سایر نقاط فضا و بوسیله شهاب سنگ‌ها به زمین منتقل شده است.

• **اخترزیست‌شناسی^۱:** آشکارسازی سیارگان فراخورشیدی در سال‌های اخیر به همراه شبیه‌سازی‌های دقیق برای پی بردن به منشا تشکیل سیارگان و رشد علم زیست‌شناسی و بیوفیزیک از نظر کنکاش فرایندهای تشکیل حیات، منجر به ظهور علم جدیدی به نام اخترزیست‌شناسی شده است. می‌توان گفت اخترزیست‌شناسی مطالعه حیات در کل جهان و جستجوی محیط‌های قابل سکونت در سامانه خورشیدی و سیارگان اطراف ستارگان دیگر است. اخترزیست‌شناسی تلفیقی از چندین حوزه‌ی علمی است که

سرانجام نواحی ژرف و عمیق زمین را پر کرد. موادی که به آسانی در آب حل می‌شوند، در آب دریاها حل و موجب تشکیل رسوبات آهکی گردیدند. بدین ترتیب به‌طور مداوم دی‌اکسید کربن از جو زمین به اقیانوس منتقل شد.

به طور خلاصه می‌توان گفت گرانش عامل اصل فرایندهای پیچیده‌ای بوده است که به تشکیل سیاره زمین و پیدایش عناصر سنگین انجامید. از رُمِش سحابی خورشیدی و تشکیل دیسک پیش‌سیاره‌ای و ادغام پیش‌سیارگان و تشکیل سیارگان سامانه خورشیدی گرفته، تا تمایز لایه‌های زمین و پخش عناصر سنگین در فضای بین ستاره‌ای، گرانش نقشی اساسی و کلیدی داشته است. این عناصر سنگین که توسط فرایندهای نوکلئوسنتز در ستارگان و ابرنواخترها تولید شدند، برای حیات و ساختاری که امروزه می‌شناسیم ضروری‌اند.

۴- منشا فرازمینی حیات

برخی دانشمندان معتقدند که ممکن است حیات در نقطه دیگری خارج از سیاره زمین آغاز شده باشد و بعدها خود را از طریق شهاب سنگ‌ها یا دنباله دارها به زمین رسانده باشد. اگر این فرضیه درست باشد، نیروی گرانش در انتقال بذره‌ای حیات به سیاره زمین نقش مستقیم داشته است، زیرا که شهاب سنگ‌ها و دنباله دارها تحت تاثیر گرانش اجرام کیهانی در فضا حرکت می‌کنند و وقتی به نزدیکی زمین می‌رسند، گرانش زمین آنها را جذب می‌کند.

• **فرضیه پان اسپرمیا^۲:** زمانی که فیلسوف یونانی آناکساگوراس^۲ در قرن پنجم پیش از میلاد اعلام کرد که امکان دارد نطفه‌های حیات برای نخستین‌بار از فضا وارد سیاره زمین شده باشند، مورد توجه کسی قرار نگرفت؛ زیرا نظریه‌ی ارسطو، مبنی بر زایش خود به خودی جانداران، سایه‌ای سنگین بر جامعه‌ی علمی آن روزگاران افکنده بود. این باور پس از آناکساگوراس بیش از دو هزار سال راکد باقی ماند تا اینکه در سال ۱۷۴۳ میلادی، این ایده مجدد مطرح شد که موجودات زنده‌ی کوچک ممکن است نخستین‌بار از فضا بر پهنه ی اقیانوس‌های خالی از حیات زمین وارد شده باشند و بعد از طی مسیر تکامل، جانداران امروزی را به وجود آورده باشند. در سال ۱۸۶۴، لوئی پاستور^۳، دانشمند مشهور فرانسوی، با آزمایش‌های تاریخی خود نشان داد نظریه‌ی زایش خود به خودی خیالی بیش نیست. امروزه اخترشناسان با رصد ستارگان دوردست و تجزیه‌ی طیف نوری آن‌ها به شواهدی از امکان وجود مولکول‌های حیاتی در غبار پیش منظومه‌ای بدست آورده‌اند. آن‌ها عنوان کردند که دنباله‌دارها و شهاب‌سنگ‌هایی که از این غبارها به وجود می‌آیند، می‌توانند حامل ترکیبات آلی و هاگ باکتری‌ها باشند. این اجرام که از سنگ و یخ تشکیل شده‌اند، قادرند این مواد را از فشارهای

1. Panspermia
2. Anaxagoras

3. Louis Pasteur
4. Astrobiology

وجود دارد. این پدیده در طی میلیاردها سال، به شکلی چشم‌گیر در حال تکامل بوده است. با توجه به شواهد علمی و کشف‌های جدید، می‌توان گفت که حیات بر روی سیاره زمین بیش از $\frac{3}{8}$ میلیارد سال پیش شکل گرفته است. شرایط پیشینی برای پیدایش حیات، شامل ترکیبی از شرایط فیزیکی و شیمیایی بود که توانایی ایجاد و حفظ زندگی را داشت. برای پیدایش حیات، به دو شرط اساسی نیاز است: منبع انرژی و محیط پایدار برای حفظ زندگی. منبع انرژی اولیه برای پیدایش حیات، آفتاب بود که از آن برای تولید انرژی و تامین نیازهای زندگی استفاده می‌شد. در حالی که منابع انرژی دیگری مانند گرما، انرژی شیمیایی و رادیواکتیویته نیز برای حفظ زندگی مهم هستند، اما انرژی خورشیدی مهم‌ترین منبع انرژی برای زندگی در کره زمین است.

به طور مشابه، پایداری محیط نیز برای پیشرفت و حفظ حیات ضروری است. تعادل بین شرایط غیرمستقر و پایدار در محیط زیست، باعث شده است که حیات بتواند در محیط‌های مختلفی مانند دریا، خشکی و قطب‌ها برقرار بماند. این تعادل به دلیل تأثیرات متقابل بین موجودات زنده و محیط زیست به وجود آمده است. اگرچه گرانش به عنوان تنها نیروی موثر در فراهم آوردن شرایط لازم برای حیات روی زمین نیست، اما نقشی بسیار حیاتی و چندجانبه در این فرآیند ایفا کرده است. در زیر به برخی از نقش‌های کلیدی گرانش در فراهم کردن این شرایط اشاره می‌کنیم.

• **حفظ جو زمین:** زمین جاذبه‌ای کافی برای نگه داشتن لایه‌هایی گسترده از گازهای مختلف دارد. گرانش باعث نگه داشتن جو در اطراف زمین می‌شود. بدون گرانش زمین، جو به فضا فرار می‌کرد و شرایط حیات غیرممکن می‌شد. لایه‌ای از گازها که توسط گرانش نگه داشته می‌شوند، شامل اکسیژن، نیتروژن، و دی‌اکسید کربن است که برای فرآیندهای زیستی ضروری هستند. علاوه بر آن جو زمین، که شامل لایه اوزون است، توسط گرانش نگه داشته می‌شود و از سطح زمین در برابر تابش‌های مضر خورشید و اشعه‌های کیهانی محافظت می‌کند. این محافظت برای نگهداری و توسعه مولکول‌های آلی، پیدایش و بقاء حیات ضروری است.

• **حفظ آب‌های سطحی:** بیشتر آب‌های سطحی زمین، شامل دریاها، دریاچه‌ها و رودها نیز توسط گرانش زمین در محل خود نگه داشته می‌شود. بدون جاذبه زمین، آب به فضا پراکنده می‌شد و سطح زمین خشک و غیرحیات‌بخش می‌شد. آب نیز یکی از اساسی‌ترین نیازهای حیات است و برای واکنش‌های شیمیایی و زیستی ضروری است.

• **اثرات جزر و مدی:** تعامل گرانشی بین زمین و ماه باعث پدید آمدن جزر و مدهایی می‌شود که تأثیر بسیاری بر محیط‌های ساحلی و چرخه‌های زیستی دارند. جزر و مد‌ها باعث مخلوط کردن آب‌های سطحی و عمیق می‌شوند و تغذیه‌های موردنیاز دیگر

کاوش حیات برون‌زمینی و مطالعه درباره دیگر سیارگان سامانه خورشیدی و قمرهایشان از منظر زیست‌شناسی، وضعیت حیاتی فضاوردان در شرایط خارج از زمین و نیز پی بردن به این که حیات روی زمین از کجا نشأت گرفته است را در بر می‌گیرد. این دانش به ما اجازه می‌دهد تا یافته‌های مربوط به اخترشناسی و زیست‌شناسی را در کنار هم بررسی کنیم. یک نمونه‌ی عالی از دستاوردهای اخترزیست‌شناسی را می‌توان در مأموریت‌های مریخ‌نوردان دانست که توانستند داده‌های بسیاری از شرایط محیطی حاکم بر مریخ نظیر ویژگی‌های جوی، شیمیایی، دما و سایر موارد جمع‌آوری و به زمین مخابره نمایند. ترکیب دو علم اخترشناسی و زیست‌شناسی منجر به پی بردن به این حقیقت شده است که برخی میکروب‌ها قطعاً می‌توانند در محیط سیاره مریخ بقا یابند، ولی با این حال هنوز موجود دارای حیاتی روی مریخ یافت نشده است. اخترزیست‌شناسی همچنین در پی یافتن مکان‌هایی است که حیات را در خود جای داده‌اند. برخی پرسش‌هایی که در اخترزیست‌شناسی مطرح می‌شوند عبارتند از: منشأ حیات در سیاره زمین چیست؟ چرا تاکنون موجود زنده‌ای در سایر سیارگان یافت نشده است؟ آیا حیات پیش‌تر در سیارگان دیگر نابود شده است؟ آیا ما تنها موجودات زنده در این گیتی پهناور هستیم؟

به طور خلاصه می‌توان گفت فرستادن کاوشگرهای فضایی به سایر سیارگان سامانه خورشیدی به منظور پی بردن به ترکیب شیمیایی موجود در آنها و بررسی شرایط وجود حیات، استفاده از تلسکوپ‌های پیشرفته فضایی مانند تلسکوپ جیمز وب برای رصد سیارگان فراخورشیدی و پی بردن به ساختار و مواد تشکیل دهنده آنها همگی با دخالت و کمک نیروی گرانش امکان پذیر است. یکی از مأموریت‌های اصلی تلسکوپ فضایی جیمز وب جستجوی نشانه‌های حیات در سایر سیارگان است. این تلسکوپ در فاصله ۱٫۵ میلیون کیلومتری زمین و تحت تأثیر نیروی گرانش خورشید و زمین در مدار خود مستقر است. اشیاء در این فاصله می‌توانند هماهنگ با زمین، تحت تأثیر نیروی گرانش خورشید، به دور آن بچرخند. این امر اجازه می‌دهد که تلسکوپ در یک فاصله تقریباً ثابت از زمین باقی بماند. برای محافظت تلسکوپ از گرما و نور خورشید از یک سپر خورشیدی استفاده می‌شود. این باعث می‌شود که دمای فضایی زیر ۲۲۰- درجه‌ی سانتی‌گراد نگه داشته شود که برای رصد امواج مادون‌قرمز مورد نیاز است. در همه این اکتشافات فضایی تأثیر نیروی گرانش آشکار است. بدون این نیرو نه کاوشگرهای فضایی می‌توانستند به نقاط دور دست سامانه خورشیدی بروند و نه تلسکوپ‌های فضایی مانند جیمز وب می‌توانستند در مکان خود مستقر شوند.

۵- نقش گرانش در پیدایش حیات روی زمین

زندگی، یکی از پیچیده‌ترین پدیده‌هایی است که در جهان طبیعی

جریان‌ها نه تنها به تأمین آب و مواد غذایی کمک می‌کنند بلکه به تنظیم دما و تعادل اکوسیستم نیز کمک می‌کنند.

• **فتوستتز:** گرایش زمین به حفظ جو و توزیع مناسب گازها کمک می‌کند. این جو باعث می‌شود که نور خورشید به سطوح مختلف زمین برسد. این فرآیند برای فتوستتز، که اساس تولید انرژی برای بسیاری از گونه‌های حیات روی زمین است، ضروری است.

• **ژئوشیمی و ژئوفیزیک:** گرایش زمین باعث ایجاد فشار و دمای بالا در لایه‌های داخلی زمین می‌شود. این شرایط می‌تواند واکنش‌های شیمیایی پیچیده‌تری را تسهیل کند که به تشکیل مولکول‌های آلی پیچیده منجر می‌شود. گرایش نقش مهمی در تفکیک و توزیع مواد معدنی در زمین دارد. مواد معدنی می‌توانند به عنوان کاتالیزور در واکنش‌های شیمیایی عمل کنند و به تشکیل مولکول‌های آلی کمک می‌کنند. واکنش‌های رادیواکتیو در هسته زمین تحت تأثیر گرایش باعث تولید گرمای پایدار در طول زمان می‌شود که می‌تواند به فرآیندهای شیمیایی اولیه کمک کند. انرژی گرمایی داخلی زمین می‌تواند منبع انرژی برای واکنش‌های شیمیایی اولیه باشد که به تشکیل مولکول‌های پیچیده‌تر و ظهور حیات اولیه کمک می‌کند. گرایش به نگهداری و پایداری پوسته‌های زمین کمک کرده که به نوبه خود باعث حفظ میدان مغناطیسی زمین می‌شود. میدان مغناطیسی از سطح زمین در برابر تابش‌های مضر کیهانی محافظت می‌کند، که نقش مهمی در حفظ شرایط مناسب برای تشکیل حیات دارد.

خلاصه اینکه گرایش به عنوان یکی از نیروهای بنیادی جهان، نقش بسیار مهمی در فراهم آوردن شرایط لازم برای حیات روی زمین ایفا کرده است. از حفظ جو و آب‌های سطحی گرفته تا ایجاد و تثبیت فصول و تأمین منابع معدنی، گرایش به کلیه فرآیندهای زیستی و محیط‌زیستی که برای حیات ضروری هستند، کمک کرده است. بدون نیروی گرایش، این شرایط به احتمال زیاد هرگز فراهم نمی‌شد و حیات به شکل کنونی آن نمی‌توانست پا به عرصه وجود بگذارد.

۶- نقش گرایش در فرگشت موجودات زنده

گرایش نقش بسیار مهمی در فرگشت موجودات زنده روی کره زمین ایفا کرده است. این نقش‌ها شامل تأثیرات فیزیولوژیکی، ریخت‌شناسی^۱ و رفتاری بر موجودات زنده است. در اینجا به برخی از نقش‌های اصلی گرایش در فرگشت موجودات زنده می‌پردازیم:

• **توسعه ساختارهای بدنی و ریخت‌شناسی:** گرایش فشار مکانیکی مداومی بر موجودات زنده اعمال می‌کند که موجب توسعه و تقویت سیستم‌های اسکلت‌بندی و استخوانی شده است. مثلاً،

بخش‌های اکوسیستم‌های دریایی را فراهم می‌آورند. همچنین جزر و مد‌ها به شکل‌گیری محیط‌های بین جزر و مدی کمک می‌کنند که ممکن است مکان‌های مناسبی برای تشکیل مولکول‌های آلی و واکنش‌های شیمیایی اولیه باشند.

• **پایداری اقلیمی:** گردش زمین به دور محور خودش و همچنین گردش زمین به دور خورشید در اثر نیروی گرایش خورشید، باعث پیدایش فصول و تغییرات دما می‌شوند. این تغییرات فصلی برای بسیاری از فرآیندهای زیستی و الگوهای زندگی حیاتی هستند. همچنین گرایش ماه و خورشید به حفظ زاویه انحراف محور زمین کمک می‌کند، که به نوبه خود تأثیر بسزایی در اقلیم و فصول دارد. بدون انحراف زاویه چرخش زمین و شرایط فصلی که توسط این زاویه به وجود می‌آید، حیات به شکل کنونی غیرممکن می‌شد.

• **تأمین مواد غذایی و مواد معدنی:** گرایش نقش عمده‌ای در تشکیل و تأمین مواد معدنی و غذایی برای حیات دارد. حرکت آب در چرخه هیدرولوژیک، که شامل تبخیر، تراکم، بارش، جریان رودخانه‌ها و جریان‌های زیرزمینی است، توسط گرایش تسهیل می‌شود. این چرخه‌ها امکان توزیع آب تازه در سطح زمین را فراهم می‌کنند و منابع آبی و معدنی را در دسترس موجودات زنده قرار می‌دهند و به حفظ اکوسیستم‌ها کمک می‌کنند. جریان رودخانه‌ها از ارتفاعات و کوهستان‌ها به سمت دشت‌ها و دریاها به وسیله نیروی گرایش و به دلیل اختلاف انرژی پتانسیل گرانشی بین نقاط پست و نقاط مرتفع فراهم می‌شود. همچنین رودخانه عناصر گوناگون مورد نیاز برای فرگشت جانداران را از کوهستان به دشت‌ها، جنگل‌ها و دریاها منتقل می‌کند و از این حیث نقش اساسی در گونه‌زایی و پیدایش گونه‌های مختلف دارد. حیات از موجودات تک سلولی شروع شده است که از نظر سازمانی پیچیدگی کمتری در ساختار بدن آنها- به عنوان یک موجود زنده مستقل- وجود دارد. فعل و انفعالات در موجودات پیچیده‌تر مستلزم وجود عناصر گوناگون در ساختار اندام‌های آنهاست. بررسی‌ها نشان می‌دهند که بیش از ۹۳ درصد عناصر تشکیل دهنده بدن انسان از خاکستر برجای مانده از انفجار ستارگان تشکیل شده است. به عنوان نمونه انتقال پیام‌های عصبی در موجودات عالی مانند انسان شامل یک سلسله پیچیده از فرآیندهای الکتروشیمیایی است که از ترکیب‌های شیمیایی متعدد و یون‌های مختلف استفاده می‌کند. یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم، کلر، انتقال‌دهنده‌های عصبی، کانال‌های یونی و آنزیم‌ها همه نقش‌های حیاتی در این فرآیند ایفا می‌کنند. بدون وجود این عناصر در بدن امکان تشکیل ساختار پیچیده عصبی و انتقال پیام وجود ندارد. بنابراین جریان آب رودخانه‌ها و دریاها، که توسط گرایش ایجاد می‌شوند، نقش کلیدی در فراهم نمودن عناصر مورد نیاز برای پیدایش موجودات با ساختارهای مختلف را داشته است. این

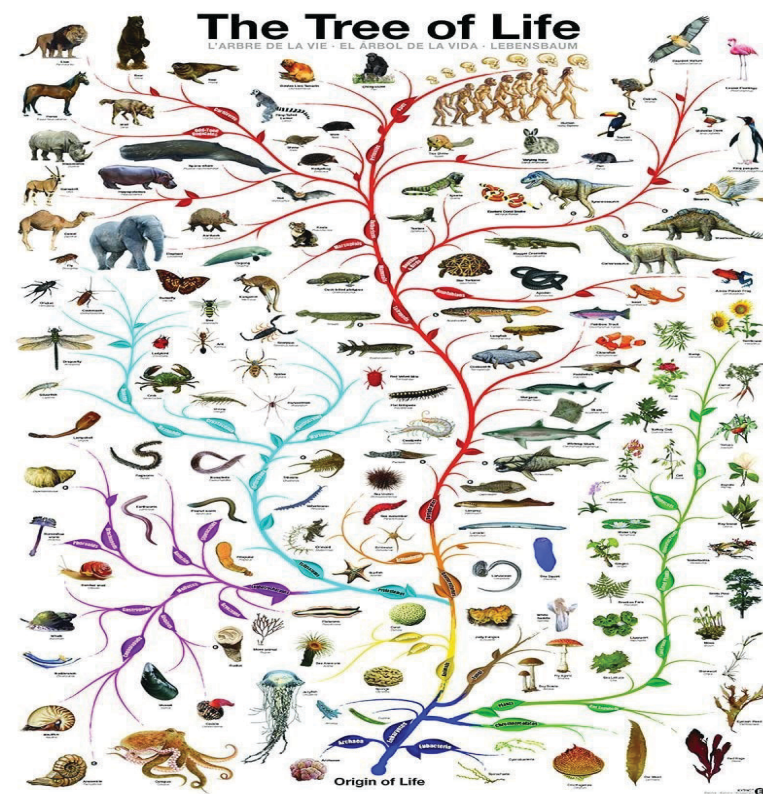
که کارایی تنفس در برابر نیروی گرانش حفظ شود.

• **رفتارها و راهبردهای بقا:** موجودات زنده راهبردهای مختلفی برای سازگاری با نیروی گرانش زمین و جابجایی در اطراف زمین اتخاذ نموده اند. از ماهی‌های شناگر در آب گرفته تا پرندگان و حشرات پرنده، هر کدام سازوکارهای خاصی برای مقابله با گرانش دارند. نحوه جستجوی غذا و منابع غذایی نیز تحت تأثیر گرانش قرار دارد. برای مثال، حیوانات چراگر برای چرا باید به طور مداوم سر خود را به سمت پایین نگه دارند، در حالی که جانوران شکارچی ممکن است نیاز داشته باشند برای تعقیب شکار به سرعت بدوند. علاوه بر آن، گرانش تعیین کننده نوع زیست بوم‌ها نیز بوده است. گونه‌هایی که از محیط‌های آبی به محیط‌های خشکی مهاجرت کرده‌اند، مجبور به تطابق با شرایط جدیدی از جمله نیروی گرانش بیشتر بوده‌اند. این تطابق شامل تغییرات فیزیولوژیکی، ریخت شناسی و رفتاری بوده که در نهایت منجر به پیدایش گونه‌های جدید و ایجاد تنوع زیستی بزرگتری شده است.

به طور خلاصه، گرانش به عنوان یک عامل محیطی ثابت، تأثیرات گسترده و چند بعدی بر فرگشت موجودات زنده روی کره زمین داشته است. این نیرو باعث تغییرات در ساختارها، رفتارها و حتی راهبردهای بقا شده است و نقش کلیدی در شکل‌گیری تنوع زیستی بازی کرده است.

موجوداتی که بیشتر زمان عمر خود را بر روی خشکی می‌گذرانند، دارای استخوان‌های قوی‌تر و محکم‌تری هستند. موجوداتی که در آب زندگی می‌کنند، به دلیل نیروی شناوری (آرشمیدس)، نیروی گرانشی کمتری را تحمل می‌کنند و به همین دلیل می‌توانند بدن‌ها و استخوان‌های نرم‌تری داشته باشند. نیروی شناوری به موجودات دریا کمک می‌کند که به طور مؤثرتری در آب حرکت کنند و انرژی کمتری برای مقابله با گرانش مصرف کنند. همچنین تلاش برای کاهش وزن بدن و تقویت شناوری ممکن است منجر به ایجاد ساختارهای بدن خاصی مانند کیسه‌های گازی در ماهی‌ها شود که به آنها کمک می‌کند وزن خود را تنظیم کنند و در عمق‌های مختلف آب به راحتی حرکت کنند. به علاوه گرانش به طور مستقیم بر اندازه و شکل بدن موجودات تأثیر می‌گذارد. برای مثال، جانوران بزرگ‌تر نیاز به استخوان‌ها و عضلات قوی‌تری دارند تا بتوانند وزن خود را حمل کنند.

• **توسعه سیستم‌های فیزیولوژیکی:** سیستم گردش خون باید به گونه‌ای کار کند که خون را به سمت بالا و در برابر نیروی گرانش پمپاژ کند. این موضوع به ویژه در موجودات بلندتر مانند درختان بلند (برای جریان شیره‌های گیاهی) یا حیواناتی مانند زرافه‌ها که باید خون را به ارتفاعات زیادی پمپاژ کنند، اهمیت پیدا می‌کند. سیستم تنفسی نیز تحت تأثیر گرانش قرار دارد. برای مثال، حجم و شکل ریه‌ها و مجاری تنفسی باید به گونه‌ای باشد



شکل ۴: بر اساس فرضیه پان اسپرمیا، بذر اولیه حیات از سایر نقاط فضا و بوسیله شهاب سنگ ها به زمین منتقل شده است.

۷- نقش گرایش در فرگشت انسان

گرایش نه تنها در پیدایش حیات و فرگشت موجودات زنده نقش داشته است، بلکه در پیدایش گونه انسان روی سیاره زمین و سازگار نمودن وی با محیط طبیعی به منظور طی مسیر تکامل اندام‌های پیچیده و فراهم نمودن شرایط بقای این گونه نقش داشته است. در زیر به برخی کارکردهای نیروی گرایش در فرگشت گونه انسان اشاره می‌کنیم.

• **نقش گرایش در تکامل فیزیولوژیکی انسان:** گرایش نیرویی است که باعث می‌شود استخوان‌ها و ماهیچه‌ها برای مقابله با آن تقویت شوند. پیدایش استخوان‌های قوی‌تر و ماهیچه‌های کنترل‌کننده نیازمند مقابله با نیروی گرایش بوده است، و این یکی از دلایل اصلی توسعه ستون فقرات و عضلات محکم در انسان است. به علاوه یکی از تغییرات بزرگ در تکامل انسان، راه رفتن روی دو پا بوده است. ایستادن و راه رفتن روی دو پا نیازمند تعادل و تغییرات ساختاری وسیعی در اسکلتی و عضلانی بوده است. این تغییرات شامل تعدیل مفاصل، تقویت استخوان‌های پا و تغییرات در ساختار لگن بوده‌اند. دوپا شدن همچنین باعث آزاد شدن دست‌ها و امکان استفاده از ابزار شد، که به نوبه خود باعث تکامل بیشتر مغز شده است. مغز بزرگ‌تر به فرآیندهای پیچیده‌تری مانند تفکر، حل مسئله و پیچیدگی‌های اجتماعی منجر شده است. نیروی گرایش بر سیستم گردش خون تأثیر می‌گذارد. بدن انسان سیستم‌های مختلفی مانند پمپاژ قوی قلب و دریچه‌های وریدی را توسعه داده است تا خون را به مؤثرترین شکل ممکن به سراسر بدن برساند. وزن سر و مغز باعث شده است که ساختار جمجمه و گردن برای تحمل این وزن به شکلی بهینه تکامل یابد. ساختار استخوانی جمجمه باید مقاوم باشد تا بتواند مغز را که بخش حساسی از بدن است، محافظت کند. توانایی جابجایی بر روی دو پا و مقاومت در برابر نیروی گرایش به انسان‌ها امکان مهاجرت و کشف مناطق جدید را داده است. این مهاجرت‌ها باعث تنوع ژنتیکی و سازگاری با محیط‌های گوناگون شده‌اند.

• **گرایش و هضم غذا:** گرایش نقش مهمی در فرآیند هضم غذا ایفا می‌کند. گرچه سیستم گوارشی انسان به طور عمده به توانایی‌های عضلانی و آنزیمی برای هضم و جذب غذا وابسته است، گرایش نیز اثرات خود را دارد. در اینجا به برخی از نقش‌های گرایش در هضم غذا اشاره می‌شود: گرایش به طور مستقیم در جابجایی و حرکت غذا در سیستم گوارشی تأثیر گذار است. در هنگام بلع، غذا از دهان وارد مری می‌شود و گرایش به همراه انقباضات موجی شکل عضلانی به حرکت آن به سمت معده کمک می‌کند. گرایش همچنین به تخلیه تدریجی معده کمک می‌کند. وقتی غذا وارد معده می‌شود، ترکیب آن با آنزیم‌ها و اسید معده آغاز می‌شود. با کمک گرایش، محتویات معده به سمت روده کوچک

هدایت می‌شوند. این فرایند، که به تخلیه معده معروف است، به طور جزئی تحت تأثیر نیروی گرایش قرار دارد. در روده کوچک، که محل اصلی جذب مواد مغذی است، گرایش به حرکت غذا و محتویات مایع به سمت جلو کمک می‌کند. این باعث می‌شود تا غذا به دیواره‌های دستگاه گوارش برخورد کرده و جذب مواد مغذی بهینه‌تر انجام شود. گرایش همچنین در حرکت فضولات به پایین‌تر بخش‌های روده بزرگ و در نهایت به راست‌رونده و مقعد برای حذف از بدن تأثیرگذار است. خروج مدفوع از بدن (دفع) با کمک گرایش و انقباضات عضلانی انجام می‌شود. به طور کلی، گرچه سیستم گوارشی انسان می‌تواند در غیاب گرایش نیز به کار خود ادامه دهد (به عنوان مثال، شرایط بی‌وزنی در فضا)، وجود گرایش این فرآیندها را تسهیل و بهبود می‌بخشد.

• **اثرات زیست محیطی گرایش:** انتخاب زیستگاه‌ها و مهاجرت‌های انسان‌ها تا حد زیادی تحت تأثیر عوارض طبیعی زمین و گرایش بوده است. انتخاب مکان‌های نزدیک به منابع آب و غذا، و همچنین استفاده از ارتفاعات برای مواقع دفاعی، همگی تحت تأثیر گرایش قرار داشته‌اند. انسان‌های اولیه با استفاده از ابزارها، شکار و کارهای بدنی بر علیه نیروی گرایش کار می‌کردند، که این عوامل محیطی به توسعه توانایی‌های فیزیکی و ذهنی و تکامل انسان کمک کرده است. این عوامل همگی به شکل‌گیری ویژگی‌های فیزیولوژیکی و تکامل انسان کمک کرده‌اند و نشان می‌دهند که گرایش نقش مهم و چند بعدی در زندگی و تکامل انسان داشته است.

۸- خلاصه و نتیجه گیری

نیروی گرایش نقشی کلیدی، در تمام سلسله مراتب و مراحل تکوین کیهان، از تشکیل ساختارهای کیهانی، تا تشکیل کهکشان‌ها از جمله کهکشان راه شیری، تشکیل سامانه خورشیدی و شکل‌گیری منزلگاه ما یعنی سیاره زمین داشته است. گردش ماه به دور زمین، گردش زمین به دور خورشید، تثبیت زاویه انحراف محور چرخش زمین به دور خودش که موجب پیدایش شب و روز و فصل‌ها می‌شود، نتیجه عملکرد نیروی گرایش است. بدون پیدایش فصل‌ها امکان شکل‌گیری حیات به شکل کنونی آن روی زمین منتفی می‌شد. نگهداری جو در اطراف زمین، حفظ آب دریاها و دریاچه‌ها بر روی سطح زمین، بارش برف و باران، جاری شدن نهرها، رودخانه‌ها و چشمه‌سارها بر روی زمین که جملگی پیش‌نیاز ظهور حیات، تنوع اقلیمی و گونه‌زایی می‌باشند، تحت تأثیر نیروی گرایش است. همین‌طور تشکیل عناصر سنگین در مرکز ستارگان غول پیکر، وابسته به نیروی گرایش است. این ستارگان غول پیکر بعد از انفجار، عناصر سنگین را در فضا منتشر کرده‌اند و از آنجا به وسیله نیروی گرایش جذب سیاره زمین شده و در طی میلیون‌ها سال وارد چرخه حیات و بدن موجودات زنده شده است. امروزه ثابت

شده است که بیش از ۹۳ درصد عناصر موجود در بدن ما از خاکستر برجای مانده از ستارگان تشکیل شده است. گرانش همچنین برای بارش برف و باران و به جریان انداختن چرخه آب روی کره زمین بسیار اهمیت دارد. همه این عوامل در کنار همدیگر منجر به ظهور حیات روی سیاره زمین، فرگشت موجودات زنده و پیدایش گونه انسان شده است. به طور خلاصه می‌توان گفت گرانش از

طریق تأثیرات چندانگانه‌اش بر محیط زیستی، فیزیولوژیکی، از نگه داشتن جو و آب‌های سطحی گرفته تا افزایش فشار برای سازگاری‌های فیزیولوژیکی، به شکل‌گیری ویژگی‌های منحصر به فرد انسان کنونی کمک کرده است. بدون نیروی گرانش، فرگشت انسان به شکل کنونی خود امکان‌پذیر نمی‌بود.

بازاندیشی در باب عوامل موفقیت در ریاضی: باورهای نادرست و راهبردهای مناسب

امیر قادرمرزی
عضو هیئت علمی دانشکده ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر، دانشکده‌گان علوم، دانشگاه تهران
ghadermarzi@ut.ac.ir
نامه علوم پایه شماره ۱۲ و ۱۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۲

چکیده

با توجه به گستردگی اهداف آموزش ریاضی، مسأله‌ی ارتقای تحصیلی و دست‌آوردهای ریاضی دانش‌آموزان و دانشجویان در سطوح مختلف دغدغه‌ای جدی است. باورهای نادرست و مخرب در این زمینه، به ویژه در نسبت هوش و موفقیت در ریاضی، در این راه مانع آموزشی جدی به حساب می‌آیند. شناخت عوامل متنوع موفقیت و به کارگیری استراتژی‌های مناسب آموزشی می‌تواند از این امر جلوگیری کند. در این مقاله، ضمن مرور نظریه‌های مختلفی که عوامل موفقیت در ریاضی را پیش‌بینی می‌کنند، به راهبردهای آموزشی مناسب جهت کاهش تاثیر باورهای نادرست می‌پردازیم.

کلید واژگان: آموزش ریاضی، موفقیت تحصیلی، باورهای نادرست آموزشی، هوش، عوامل عاطفی انگیزشی

مقدمه

از پیش تعیین‌شده و غیرقابل تغییر (هوش و توانایی ثابت ریاضی) محدود می‌دانند، موانع جدی در مسیر آموزش ریاضی ایجاد می‌کنند. این باورها در آموزش ریاضی بیش از هر موضوع دیگری برجسته هستند. پیامدهای این باورهای نادرست تنها دامن‌گیر دانش‌آموزانی که در آغاز تحصیل با چالش‌های یادگیری ریاضی روبرو می‌شوند نیست، بلکه در سطوح بالاتر آموزش نیز می‌تواند بر نگرش دانش‌آموزان و دانشجویانی با پیش‌زمینه‌های قوی‌تر نیز تأثیر منفی بگذارد.

پیام این ایده، که امکان یادگیری ریاضی تنها مختص برخی افراد جامعه بر اساس توانایی‌های پیشینی ثابت است، در نهایت موجب از دست دادن اعتماد به نفس و هراس از یادگیری ریاضی برای برخی اقشار جامعه می‌شود. اثرات سوء ناشی از فاصله‌گیری از یادگیری ریاضی تنها به آموزش متخصصان رشته‌های علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات^۱ محدود نمی‌شود، بلکه دیگر متخصصان را نیز از دستیابی به برخی ابزارهای مهم شناختی و کاربردی محروم می‌کند.

در سطوح بالاتر آموزش ریاضی، برای برخی دانشجویان تصور این‌همانی موفقیت در ریاضی با هوش و یا ارجحیت اثبات توانایی‌های ادراکی بر یادگیری، به‌صورت خودآگاه یا ناخودآگاه، مانعی برای تمایل به سمت اهداف تبحری ایجاد می‌کند. این

مسأله‌ی ارتقای موفقیت تحصیلی و دست‌آوردهای آموزشی دانش‌آموزان، مستقل از گفتمان آموزشی، یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های نظام‌های آموزشی است. شاید برشمردن عوامل دخیل در موفقیت تحصیلی دانش‌آموزان چندان چالش‌برانگیز نباشد و افراد مختلف با دیدگاه‌های متفاوت فهرستی کمابیش مشابه از عوامل موفقیت ارائه کنند. با این حال، با توجه به تأثیر مستقیم و غیرمستقیم مربیان و سیستم آموزشی در شکل‌گیری نگرش دانش‌آموزان نسبت به یادگیری، درک سهم عوامل مختلف در دست‌آوردهای آموزشی و از آن مهم‌تر، اتخاذ رویکردهایی که به شکل‌گیری نگرش‌های منجر به موفقیت کمک کنند، امری حیاتی است.

این موضوع در آموزش ریاضی برجسته‌تر است. از یک سو گستره‌ی اهداف آموزش ریاضی، از جمله ضرورت آموزش همگانی ریاضی، نقش ریاضی در توسعه‌ی اقتصادی، اهمیت ریاضی در پرورش متخصصان علوم و حرفه‌های مختلف، و نیاز به تربیت متخصصان ریاضی برای حفظ پویایی فرهنگ ریاضی جامعه که بر سایر اهداف آموزش ریاضی نیز سایه می‌افکند، موجب تنوع مخاطبان آموزش ریاضی می‌شود. این تنوع خاستگاه نشان‌دهنده ضرورت اتخاذ رویکردهایی است که باور به نیاز و توانایی در یادگیری ریاضی را برای همگان تقویت کند. از سوی دیگر، باورهای عمومی گاه همراه‌کننده و گاه مخرب که موفقیت در ریاضیات را به توانایی‌های

به‌ویژه زمانی که (به‌درستی) درک می‌کنیم که افرادی که در یک توانایی ذهنی خوب هستند معمولاً در سایر توانایی‌های ذهنی نیز عملکرد خوبی دارند. این توانایی‌ها شامل به‌خاطر سپردن اطلاعات، پردازش و دست‌کاری داده‌ها، استخراج اصول کلی از مجموعه‌ای از مثال‌ها و سپس به‌کارگیری آن‌ها در زمینه‌های گسترده‌تر، تفکر سریع، سازمان‌دهی فعالیت‌های ذهنی، حل مسائل در دو یا سه بعد، شناخت معانی کلمات و دانستن حقایق مربوط به جهان می‌شود^۱.

در پس‌زمینه‌ی این توصیف پر از جزئیات نیز به روابط علی داده‌های مربوط به نمرات آزمون‌های شناختی و هوش و همچنین پروتایپ افراد دارای توانایی‌های ذهنی اشاره شده است. با وجود این که در این توصیف‌ها شناخت افراد دارای توانایی ذهنی (پروتایپ فرد باهوش) واضح به نظر می‌رسد، امکان خطا در کلاس‌های درسی در تمیز دادن هوش دانش‌آموزان همچنان بالا است. خطای جدی‌تر آموزشی تعریف بخشی از هویت حرفه‌ای مربی آموزشی بر اساس رده‌بندی دانش‌آموزان بر مبنای هوش است. این خطا می‌تواند به‌طور ناخودآگاه منجر به نادیده گرفتن وظایف آموزشی نسبت به دانش‌آموزانی که ضعیف یا بسیار قوی طبقه‌بندی می‌شوند گردد.

گذشته از آنچه که تعریف‌های کلی و محل مناقشه‌ی هوش در بر دارند، آنچه برای ما اهمیت دارد این است که هوش در جایگاه ابزاری برای پیش‌بینی موفقیت است. مطالعات آماری بسیاری هم‌بستگی معناداری میان هوش و بسیاری از دستاوردها، از جمله موفقیت تحصیلی، عملکرد شغلی، تحصیلات عالی، کاهش نرخ ارتکاب به جرم و ... را نشان می‌دهند (۵و۶). لازم به ذکر است که در ابتدا هدف بینه و سایمون (۷) از معرفی آزمون‌های سنجش هوش نه شناسایی ظرفیت‌های موفقیت در بزرگسالی بلکه شناسایی دانش‌آموزان ضعیف‌تر در مدارس فرانسه بود که امکان موفقیت در کلاس‌های معمول را نداشتند و نیاز به حمایت بیشتری از طرف محیط آموزشی داشتند (۸) با این حال از آن زمان تا کنون هدف اصلی آزمون‌های هوش پیشگویی امکان موفقیت بوده است. موفقیت صورت‌های متنوع این آزمون‌ها در این امر آنها را به بخشی فراگیر از سیستم‌های آموزشی تبدیل کرد. از شکل تحول‌یافته‌ی این آزمون‌ها، مانند آزمون اسایتی^۱، به طور گسترده در فرآیند پذیرش دانشجویان در دانشگاه‌ها و کالج‌های آمریکا استفاده می‌شود.

۱.۱. ملاحظات تفسیرهای آماری و باورهای نادرست

با این همه، لازم است در تفسیر آماری و آموزشی مشاهدات آماری ذکر شده ملاحظات مهمی را در نظر بگیریم. از آن جا که به طور خاص موفقیت در ریاضی همبستگی قوی‌تری با هوش عمومی نسبت به سایر دروس نشان می‌دهد (۹)، این ملاحظات به طور

دانشجویان، هرچند به اهمیت دیگر عوامل موفقیت واقفاند، با این حال این دیدگاه‌ها تأثیر منفی بر عملکرد دیگر عوامل، از جمله انگیزش، خودباوری، تلاش و استمرار برای آن‌ها دارد. گویی اولویت یادگیری برای آن‌ها کم‌رنگ می‌شود.

شکل‌گیری باورهای اجتماعی امری فرهنگی و اجتماعی است. باورها درباره اهمیت و امکان آموزش ریاضی در فرهنگ‌های جوامع مختلف متفاوت‌اند (۱). گاهی باورهای نادرست درون فرهنگ آموزشی یک جامعه خود موجب عمیق‌تر شدن تبعیض‌های طبقاتی، نژادی و جنسیتی در امر آموزش می‌شوند. با این حال، با توجه به تأثیر بلاواسطه و عمیق کلاس‌های درسی در شکل‌گیری باورهای دانش‌آموزان، نقش مربیان آموزشی پررنگ می‌گردد. مربیان آموزشی، با درک درست از عوامل موفقیت و تأثیر متقابل آن‌ها بر یکدیگر، می‌توانند در مقابله با این باورها یا دست‌کم کاهش تأثیر منفی آن‌ها بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان مؤثر باشند.

علاوه بر شناخت نقش عوامل مهم، به‌کارگیری استراتژی‌های صحیح آموزشی در جهت تقویت این تأثیرات متقابل نیز اهمیت زیادی دارد. در این نوشتار هدف این است تا عوامل مختلف مؤثر بر موفقیت تحصیلی، به‌ویژه در حوزه آموزش ریاضی بررسی شوند و همچنین رویکردها و استراتژی‌های مختلفی معرفی شوند که به تقویت این عوامل و مقابله با باورهای نادرست کمک می‌کنند.

۱. هوش و باورهای نادرست

تأکید بر باورهای نادرست در زمینه ارتباط هوش با موفقیت در ریاضی به معنای انکار اهمیت هوش و استعداد تحصیلی در موفقیت نیست. تعریف دقیق هوش، نسبت آن با آزمون‌های مرتبط با تخمین هوش، دقت این آزمون‌ها، تنوع انواع هوش و تأثیر هر یک بر موفقیت، و کارکرد هر یک از انواع هوش در زندگی روزمره، محل مناقشات جدی است (۲) که موضوع بحث این مقاله نیست. به‌ویژه آن‌که، همان‌طور که نایزر (۳) توضیح می‌دهد، به دلیل ماهیت مفاهیم مرتبط با هوش، نمی‌توان آن را به‌صراحت تعریف کرد و تعریف هوش در جایگاه ظرفیت قابل اندازه‌گیری که در ادامه این نوشتار نیز به آن ارجاع داده می‌شود، دارای مغالطه‌ی تعریف دوری با آزمون‌های سنجش هوش است. با این حال، درک افراد از هوش بیشتر وابسته به پروتایپ تعریف‌شده انسان باهوش است. دیری و ریچی (۴) توصیف زیر از مفهوم هوش را ارائه می‌دهند:

«هوش به معنای ساختاری عظیم و در حال انباشته شدن است که شبکه‌ای قوی از روابط علی میان داده‌های مربوط به نمرات آزمون‌های توانایی شناختی را شکل می‌دهد: نحوه همبستگی آن‌ها، آن‌چه پیش‌بینی می‌کنند و دلایل شکل‌گیری آن‌ها. هوش کیفیتی است که ما با مشاهده تفاوت‌های بین افراد تشخیص می‌دهیم،

در تضمین موفقیت تحصیلی دارند و چه چیزی مقدار قابل توجهی از واریانس نتایج را توضیح می‌دهد؟

در پاسخ به سوال اول، از آنجا که در تعریف هوش به ارتباط آن با یادگیری سریع و تحلیل داده‌ها اشاره شده است، ممکن است این گونه به نظر برسد که هوش مهم‌ترین عامل پیش‌بینی پیشرفت تحصیلی نیز هست. با این وجود و بر خلاف انتظار رایج، مطالعه‌ی طولانی مورایاما و همکارانش (۱۳) درباره‌ی دستاوردهای ریاضی دانش‌آموزان آلمانی در طول زمان نشان می‌دهد که هر چند هوش دست‌آوردهای اولیه در ریاضیات را پیش‌بینی می‌کند، همبستگی آماری چندانی را با پیشرفت ریاضی در طولانی‌مدت نشان نمی‌دهد. برخی عوامل انگیزشی و استراتژی‌های یادگیری قدرت پیش‌بینی بهتری در پیشرفت آموزشی ریاضی دارند. در بخش بعد به این موارد خواهیم پرداخت.

و آخرین ملاحظه این که، اگر ضرورت آموزش و یادگیری ریاضی را در سطوح مختلف یک اصل در نظر بگیریم، باید به تفاوت میزان همبستگی‌های آماری اشاره‌شده در سطوح مختلف یادگیری (از مبتدیان تا خبرگان) توجه داشته باشیم. تفسیر این تفاوت‌های آماری در سطوح مختلف یادگیری و شناختی موجب به کارگیری استراتژی‌های آموزشی متفاوتی می‌شود.

پرسش اساسی این است که عدم توجه به این ملاحظات چگونه می‌تواند موجب باورهای نادرست شود و این باورهای نادرست چگونه در عمل مانع یادگیری ریاضی می‌شوند؟ از نظر نگارنده، مهم‌ترین نتیجه‌ی عدم توجه به ملاحظه‌ی اول، ایجاد تصور نادرست این‌همانی هوش و موفقیت در ریاضیات است. این تصور دانش‌آموزان را در معرض قضاوت دائمی توانایی‌های خود در مواجهه با مسائل ریاضی قرار می‌دهد. مسیر یادگیری ریاضی همواره هموار نیست و هر ریاضی‌خوان و ریاضی‌دانی، فارغ از تجربه و دانش خود، در طول این مسیر با ناهمواری‌هایی مواجه خواهد شد. فرایند یادگیری ریاضی گاه کند و گاه، به‌ویژه در سطوح بالاتر، شبیه به حرکت در مسیری تاریک است. آن‌چه برای دانش‌آموزان در این مسیر مهم است نحوه‌ی مواجهه با این ناهمواری‌هاست. تعبیر کردن مواجهه با این ناهمواری‌ها به ناتوانی امکان پیشرفت را از بین می‌برد. من و احتمالاً بسیاری از همکارانم، بارها جملاتی مانند این را از دانشجویان شنیده‌ایم: «من در دبیرستان دانش‌آموز باهوشی بودم، اما از زمانی که وارد دانشگاه شدم دیگر توانایی قبلی و امکان یادگیری‌ام را از دست داده‌ام». نحوه‌ی برخورد مربیان آموزشی با چنین گزاره‌هایی، که از سوی دانش‌آموزان و دانشجویان به ویژه در برخورد با ریاضیات جدیدتر بیان می‌شود، اهمیت تعیین‌کننده‌ای دارد. در یک بررسی (۱۴) نویسندگان توضیح

ویژه باید در آموزش ریاضی در نظر گرفته شوند. همچنین باید در نظر داشت که چنین پیش‌بینی‌هایی کامل نیستند و در موقعیت‌های واقعی مقدار قابل توجهی از واریانس را توضیح نمی‌دهند. آنچه در ادامه‌ی این بخش به آن می‌پردازیم توضیحی بر این ملاحظات است و این که چگونه در نظرگرفتن این ملاحظات منجر به باورهای نادرست و خطاهای آموزشی می‌شود.

نخستین ملاحظه آن‌که این نتایج تصویر لحظه‌ای از عملکرد ارائه می‌دهند. آنالاستاسی (۱۰) این موضوع را معضلی در ارزیابی آزمونهای هوش توصیف می‌کند: «یکی از معضلات در ارزیابی‌های مدرن هوش این است که در مقاطع مختلف نمرات آزمون هوشیهر ۱ نشان‌دهنده «ظرفیت» فرد برای شایستگی‌های ذهنی تلقی شده است، به جای آن‌که تصویری لحظه‌ای از عملکرد فرد در نظر گرفته شود که بتوان از آن استنباط‌هایی مانند احتمال موفقیت تحصیلی کودک انجام داد.» در واقع در تحلیل نتایج باید به تمایز بین هوش به معنای مفهوم بالقوه و مفهوم بالفعل در تعبیر ارسطویی کلمه توجه شود. این ظرفیت بالقوه، که در اندازگیری به صورت کمیت نسبی و نرمال شده‌ی آماری در نظر گرفته می‌شود، در ذات خود برابر با موفقیت نیست. به زبان دیگر، ظرفیت موفقیت به طور غیر مستقیم قابل استنباط است و به فعل رساندن آن نیازمند تلاش و برنامه‌ریزی آموزشی است. واضح است که هیچ دانش‌آموز و دانشجویی اهمیت کار و تلاش را برای رسیدن به موفقیت انکار نمی‌کند. مشکل نحوه‌ی تعبیر دست‌آوردها و سدهای مسیر موفقیت است. تعبیر ناخودآگاه هر موفقیتی به تائیدی بر استعداد و هر سدی به مثابه ناکافی بودن استعداد و هوش به ویژه در میان دانش‌آموزان و مربیان ریاضی (مطلق‌انگاری نتایج مطالعات و فراموش کردن واریانس نتایج) بیش از هر رشته‌ی دیگری دیده می‌شود (۱۱).

در وهله‌ی دوم می‌توان به سویه‌ای دیگر از این تصویر لحظه‌ای، یعنی فراموشی ارتقای آموزشی، پرداخت. این گونه نتایج توضیحی در مورد جایگاه عوامل مختلف در میزان پیشرفت تحصیلی و ارتقای آموزشی، که در سطوح مختلف هدف نظام آموزشی است، ارائه نمی‌دهد. بدون در نظر گرفتن امکان پیشرفت چنین نتایجی می‌تواند به تقویت این باور نادرست که «ریاضی برای همه نیست» منجر شود (۱۲)، که از قضا در تضاد با اهداف اولیه‌ی معرفی آزمون‌های هوش است. فراموشی اهمیت امکان ارتقای آموزشی برای همگان می‌تواند منجر به پررنگ شدن وجوه تبعیض‌آمیز آموزش شود. پرسش کلیدی در این زمینه این است: اگر هوش را ظرفیت اولیه‌ی موفقیت قلمداد کنیم، نقش هوش و دیگر عوامل در پیشرفت تحصیلی چیست؟ این سوال دو جنبه‌ی مشخص دارد. ۱) آیا هوش مهم‌ترین عامل پیش‌بینی ارتقای تحصیلی نیز هست؟ و ۲) با ثابت در نظر گرفتن تاثیر هوش، چه عواملی نقش بیشتری

پیشرفته‌تر امری مطلوب است ولی بخش مهمی از یادگیری ریاضی با ریاضی ورزیدن اتفاق می‌افتد.

صورت اغراق شده‌ی تاکید بیش از اندازه بر اهمیت هوش را می‌توان در باور به ارجحیت توانایی‌ها و اثبات آن بر یادگیری و موفقیت یافت. گویی موفقیت و یادگیری که بر اساس تلاش به دست آید نشان ناتوانی است و از ارزش پایین‌تری برخوردار است. در ذهن بعضی دانش‌آموزان و دانشجویان موفقیت در آزمون با صرف زمان کمتر نشانی از توانایی‌های ذهنی و در نتیجه موفقیتی بزرگتر است. از تجربه‌ی شخصی خود مثال جالبی در این زمینه در ذهن دارم. بعد از اتمام تدریس یکی از دروس متوجه شدم که یکی از دانشجویان موفق درس بسیاری از تمرین‌های چالشی مرجع معتبر درس را حل کرده و برای خود یادداشت‌برداری کرده بود. در پاسخ به ستایش من از عملکرد دانشجو که نشانی از استراتژی عمیق یادگیری بود دانشجو آن را دلیلی بر ضعف توانایی‌های خود می‌دانست که برای رقابت با همکلاسی‌های خود نیازمند تلاش بیشتری بوده است. این درحالی است که موفقیت‌های کوتاه مدت در برخی از آزمون‌ها با صرف زمان کمتر می‌تواند ناشی از استراتژی‌های یادگیری سطحی باشد که در بلند مدت کمک چندانی به ارتقای آموزشی نمی‌کند. در بخش بعد به این موضوع خواهیم پرداخت. این که دانش‌آموزان صرف زمان کمتر برای یادگیری مطلبی را نشانی از توانایی‌های ذهنی بالاتر می‌دانند به یکی دیگر از موارد تصویر فرد باهوش نزد افراد بازمی‌گردد. سرعت پردازش داده‌ها، سرعت تجزیه و تحلیل آن‌ها و هوش همبستگی معناداری دارند. با این همه، فروکاستن تفاوت‌های توانایی‌های ذهنی افراد به تفاوت در سرعت تحلیل خطا است (۱۵). صرف نظر از این مشاهده به ویژه در یادگیری ریاضی تعبیر صرف زمان به کمبود توانایی‌های ذهنی مانعی در راه یادگیری است. معضل جدی به طور خاص در برداشت ناتوانی از مساله‌ی کاهش سرعت یادگیری در مواجهه‌های اولیه با گرایش‌هایی از ریاضی که دانشجو در آن تجربه‌ی کمتری دارد به وجود می‌آید.

مواردی که به آن‌ها اشاره کردیم مثال‌هایی از تاثیر مستقیم برداشت‌های نادرست در پیشرفت و ارتقای آموزشی است. تاثیر غیرمستقیم باورهای ذکر شده در تضعیف دیگر عوامل انگیزشی است و چنانکه پیش‌تر گفته شد ورای هوش ارتقای آموزشی را پیش‌بینی می‌کنند. مواجهه‌ی ناصحیح با چالش‌ها، اشتباهات و ارجحیت اثبات توانایی‌های ذهنی بر یادگیری در بلندمدت باعث کاهش اعتماد به نفس، اضطراب آموزشی و درنهایت کاهش انگیزه می‌شود.

۱.۲. نظریه‌ی فکرت پایا، فکرت رشد و نقدهای وارده

یکی از پربحث‌ترین ایده‌ها در پاسخ به مشکلات بالا نظریه‌ی فکرت پایا و فکرت رشد دووک بوده است. کارل دووک تحقیقات مفصلی در مورد این که چرا بعضی از دانش‌آموزان حتی در مواجهه

می‌دهند که چگونه آن دسته از مربیان آموزشی که چالش‌های دانش‌آموزان را در برخورد با ریاضی جدید به کم‌توانی آنان تعبیر می‌کنند، با پاسخ‌های همدلانه به گزاره‌های این‌چنینی، در واقع به طور ضمنی برداشت آن‌ها را تایید می‌کنند و موجب کاهش انگیزه و تلاش دانش‌آموزان می‌شوند. به طور خاص، چنین برخوردهایی با دانشجویان تازه‌وارد به دوره‌ی کارشناسی، که بیشتر مستعد زیر سوال بردن توانایی‌های خود در مواجهه با محیط تازه‌ی آموزشی و وظایف ناشی از استقلال‌اند، تاثیر مخرب بیشتری دارد و شاید توضیحی برای بخشی از دلایل افت تحصیلی در آغاز راه باشد. ضمن به رسمیت شناختن چالش‌های دانش‌آموز و اعلام آمادگی برای کمک به او برای گذر از آن‌ها باید این اطمینان به او داده شود که: وجود چالش‌ها ارتباطی با توانایی‌هایش ندارد، بدون چالش امکان رشدی وجود ندارد و چالش‌های جدید نیازمند راهکارهایی متفاوت‌اند. تشویق رشد و حرکت قدم به قدم در برخورد با چالش‌ها امر مطلوبی است ولی خطای آموزشی اینجا حرکت به سمت ریاضیات پیش‌پا افتاده است. هر چند این استراتژی با نیت افزایش اعتماد به نفس دانشجو صورت گیرد پیام ناتوانی در مواجهه با چالش را به دانشجو منتقل می‌کند که نقض غرض اولیه است.

صورت دیگر مواجهه با چالش نحوه‌ی رودررویی با اشتباه است. با وجود اهمیت دقت دراستنتاج و تعریف گزاره‌ها و اشیای ریاضی، اشتباه جزئی مهم از یادگیری و انباشت تجربه‌ی ریاضی است. برخی از گرایش‌ها و مسایل عمیق و مهم ریاضی در پاسخ به اشتباه در استدلال‌ها و تعاریف پیشین ریاضی‌دانان گاه به نام ایجاد شده است. این پاسخ‌ها موجب تدقیق برخی تعاریف و مفاهیم، بازتعریف مفاهیم پیشین و یا ساخت اشیای تعاریف جدید ریاضی بوده است. در سطح فردی نیز ریاضی ورزیدن بدون ارتکاب خطا و تلاش برای رفع خطاهای پیشین و یادگیری از اشتباهات امکان‌پذیر نیست. در این باره که یادگیری ریاضی با حل مساله و تمرین فراوان به ویژه در دروس پایه اتفاق می‌افتد اتفاق نظر وجود دارد. هراس از اشتباه، در نتیجه‌ی برابر فرض کردن هوش و موفقیت در ریاضی، می‌تواند موجب از دست دادن این بخش مهم از تجربه‌ی ریاضی می‌شود. از سوی دیگر سرخوردگی، اضطراب و قضاوت توانایی‌های شخصی پس از هر اشتباه مانع از سود بردن از تمامی امکاناتی است که مواجهه‌ی صحیح با اشتباه در اختیار دانش‌آموزان قرار می‌دهد. هراس از اشتباه و رویارویی نادرست با آن، علاوه بر کاهش اعتماد به نفس، به اشکال متفاوتی مانع یادگیری می‌شود. برای برخی از دانش‌آموزان این امر موجب عدم تمرین کافی و تلاش برای حل مساله می‌شود و برای برخی دیگر هراس از اشتباه مانعی در جهت مواجهه با ریاضیات چالشی‌تر می‌شود. راهکار دیگر برخی از دانشجویان در مواجهه با هراس از مواجهه‌ی واقعی خود با حل مساله تلاش برای مطالعه‌ی منابع بیشتر و پیشرفته‌تر در ارتباط با مساله است. واضح است که مطالعه‌ی منابع بیشتر و مباحث

ذهنیت دانش‌آموزان، مداخله در جهت تغییر ذهنیت مربیان آموزشی و بررسی تاثیر این گونه مداخلات در برخی گروه‌های خاص. نتایج برخی مطالعات نشان‌دهنده تغییراتی مثبت به طور خاص در میان دانشجویان در خطر تحصیلی، و برخی گروه‌ها و اقشار در معرض پیش‌داوری بوده است (۲۴ و ۲۵).

با این حال نقدهای وسیع و مشاخره‌انگیزی به ایده‌ی فکرت پایا و فکرت رشد و تاثیرات آنها وارد شده است. که شاید مهم‌ترین آنها به خصلت تقلیل‌گرایانه‌ی آن به معنای فروکاستن امکان پیشرفت به تنها ذهنیت افراد و فراموشی باقی عوامل از جمله عوامل فرهنگی، اجتماعی، طبقاتی و حتی توانایی‌های ذاتی باشد. منصفانه نیست که تمامی موانع پیشرفت را به نداشتن ذهنیت آماده‌ی تحول در دانش‌آموزان تقلیل داد. ممکن است برخی مربیان آموزشی به طور ناخودآگاه عدم پیشرفت دانش‌آموز را به مشکلات فکرت پایا او تعبیر کنند و از انجام وظایف آموزشی و مداخلات مناسب خودداری کنند. برخی از شواهد علوم اعصاب که برای تایید نظری ایده‌ی فکرت پایا و فکرت رشد ارائه شده‌اند، از جمله موردی که درباره اشتباه ذکر شد، محل تردیدند. برخی دیگر از نقدها با توجه به قدمت نه چندان طولانی این نظریه، حتی با وجود مطالعات انجام شده، ابراز قطعیت در موثر بودن آن را اغراق‌آمیز می‌دانند. در این راستا نقدهای جدی در مورد مطالعات انجام‌شده و نیز نحوه‌ی اقتباس این مطالعات در عمل و کلاس‌های درس وجود دارد. از جمله‌ی مهم‌ترین مراجع نقد می‌توان به فرامطالعه‌ی انجام شده توسط سیسک و همکارانش (۲۶) اشاره کرد که همبستگی آماری میان مداخلات ناظر به تغییر فکرت و دستاوردهای آموزشی را ضعیف‌تر از آن ارزیابی می‌کند که بتوان از آن نتیجه‌ای قاطع گرفت. برخی دیگر به مسئله‌ی امکان تکرارپذیری و اجرای عملی دوباره‌ی مطالعات اولیه‌ی ایده‌ی فکرت ثابت و فکرت رشد نقد وارد کرده‌اند. در مطالعه‌ای با مشارکت بیش از ۶۰۰ دانش‌آموز چینی (۲۷) تلاش شده تا مطالعات اولیه‌ی نظریه به صورت مشابه بازسازی شود. نتایج همبستگی معناداری میان فکرت رشد و دست‌آوردهای علمی و تاب‌آوری در برابر سختی‌ها بین دانشجویان نشان نداد. با این حال در توضیح نتایج این مطالعه می‌توان به اهمیت تفاوت‌های فرهنگی اشاره کرد. تفاوت‌های فرهنگی احتمالاً مداخلات متفاوتی را برای تغییر ذهنیت روا و ممکن می‌دانند و ایده‌ی بازسازی مطالعه‌ی اولیه به همین سبب شاید بسیار منطقی نباشد. علاوه بر آن شواهد بسیار کمی از تاثیر تغییر فکرت مربیان و نتایج حاصل از آن در عمل آموزش دیده شده است (۲۸).

نقدهای جدی‌تر توسط مکنامارا و برگوین (۲۹) وارد شده است. آنان در مطالعات خود دقت علمی مطالعات انجام شده را زیر سوال می‌برند و قوت برخی نتایج را ناشی از سوگیری‌ها، نقص‌های گزارش‌دهی و طراحی نادرست مطالعات می‌دانند. همچنین این

با موانع از یادگیری لذت می‌برند و چرا برخی دیگر از چالش‌ها استقبال نمی‌کنند انجام داده است. راهکاری را که او و همکارانش در تفسیر این موضوع ارائه می‌دهند میتوان به طور خلاصه در توصیف فکرت پایا و فکرت رشد بیان کرد. سرچشمه‌ی این نظریه مطالعات وسیعی است که نشان می‌دهد باورها عامل قوی پیش‌بینی‌کننده‌ی موفقیت‌اند (۱۶). از نظر او باور به فکرت رشد، به این معنی که هوش و استعداد قابل یادگیری است و امکان رشد در طول زمان را دارد و مغز بر اثر تمرین و اشتباه امکان رشد دارد، حلال مشکلات خواهد بود. و در مقابل باور به فکرت پایا که قائل به امکان رشد توانایی‌های ذهنی نیست منشا مشکلاتی است که ذکر شد. از نظر او دانش‌آموزان دارای فکرت پایا، بیش و پیش از همه چیز به اینکه چگونه قضاوت می‌شوند توجه دارند؛ از درس گرفتن از اشتباهاتشان ابا دارند (۱۷ و ۱۸) و حتی سعی در مخفی کردن اشتباهاتشان دارند (۱۹). در مقابل دانش‌آموزان با فکرت رشد بیشتر به یادگیری توجه دارند، در مواجهه با خطا آن را تصحیح می‌کنند و تلاش را بسیار ارج می‌نهند (۱۹ و ۱۸). معتقدین به این ایده از علوم اعصاب نیز در تایید عقاید خود کمک گرفته‌اند و حتی ادعا می‌کنند هر اشتباه باعث ایجاد سیناپسی در مغز و در نتیجه رشد توانایی‌ها می‌شود. بنابراین راهکار غایی انجام برخی مداخلات آموزشی است که سبب ایجاد و تقویت فکرت رشد در دانش‌آموزان می‌شود. دووک و دیگران (۱۷، ۲۰ و ۲۱) راهکارهایی نیز در راستای مداخلات مد نظر ارائه می‌دهند، از جمله تلاش برای ایجاد فکرت رشد در دانش‌آموزان از طریق توضیح این ایده، تبیین شواهد مربوط به علوم اعصاب و کمک گرفتن از استراتژی‌های آموزشی مناسب. از جمله‌ی مهم‌ترین مداخلات آموزشی که دووک مطرح می‌کند توجه به تاثیر ستایش یا تشویق بر تغییر فکرت است. از دیدگاه بسیاری از مربیان آموزشی ستایش هوش دانش‌آموزان موجب افزایش اعتماد به نفس و انگیزه‌ی یادگیری آنان می‌شود. درحالی که دووک این نظریه را کاملاً اشتباه می‌داند. از نظر او ستایش هوش دانش‌آموزان به آنها حس افتخار کوتاه مدتی می‌دهد که پیامدهای منفی طولانی مدت دارد. پیامد منفی طولانی مدت در این دیدگاه در واقع تقویت فکرت پایا است و در مقابل پیشنهاد می‌کند که دانش‌آموزان بابت تلاش و کوشش در راستای یادگیری ستایش شوند.

در تایید این نظریه مطالعات و آزمایش‌های وسیعی انجام شده است (۱۹ و ۲۲) و نظریه با اقبال وسیعی در تحقیقات مربوط به سلامت روان، حل منازعات و مدیریت و به ویژه در میان متصدیان آموزشی مواجه شده است (۲۳). در نظرسنجی‌های ملی انجام شده در آمریکا اکثریت قریب به اتفاق معلمان با به کارگیری ایده‌های فکرت رشد در مدارس موافق بودند با وجود آن که درصد بسیار کمتری ایده‌های روشنی راجع به نحوه‌ی اجرای آن داشتند. مطالعات در این زمینه بر چند محور تاکید داشته‌اند: بررسی تاثیر مداخله در جهت تغییر

۱.۳. هوش و عملکرد نخبگان

در راستای توجه به زمینه‌ی سؤال آموزشی، می‌توان به ملاحظه‌ی سومی که پیش‌تر بیان شد بازگشت. همبستگی‌های آماری میان هوش و دستاوردها در سطوح مختلف یادگیری (از مبتدیان تا خبرگان) چه میزان است؟ در کنار تأکید بر آموزش همگانی، بخشی از وظایف نظام‌های آموزشی معطوف به پرورش خبرگان در رشته‌های متنوع است. به نظر می‌رسد افرادی که در بالاترین سطوح دستاورد در رشته‌های مختلف قرار می‌گیرند، مسیری کمابیش مشابه را طی کرده‌اند (۸). مسیری که برای بیشتر افراد امکان طی کردن آن در بیش از یک رشته وجود ندارد. اریکسن و سیمون (۳۱) توضیح می‌دهند که برخی از خبرگان هرگز مرحله‌ی شناختی را ترک نمی‌کنند و همواره به پالایش تفکر خود برای بهبود عملکرد از طریق شناسایی اهداف جدید ادامه می‌دهند. در مقابل، برخی دیگر در نقطه‌ای تصمیم می‌گیرند که تلاش‌های خود برای بهبود را متوقف کنند و عملکرد خود را در سطحی متوسط حفظ نمایند. در این موارد، کسب تجربه بر اساس انجام فعالیت‌های مشابه، حتی در بلندمدت، تأثیر چندانی در ارتقای عملکرد آنها ندارد در کنار توضیحات رفتاری فوق، سؤال اصلی ما به نسبت میان هوش و عملکرد نخبگان در هر رشته بازمی‌گردد. واضح است که به‌ویژه در برخی رشته‌ها، میان توانایی‌های پیشینی نخبگان و میانگین جامعه تفاوت معناداری مشاهده می‌شود. با این حال، هرچند توانایی‌های ذهنی در ابتدا بستری برای یادگیری فراهم می‌کنند، این مسئله در چارچوب عملکرد نخبگان دیگر موضوعیت ندارد. اریکسن (۸) این نکته را به‌خوبی بیان می‌کند: «نخبگان ماهر طیف گسترده‌ای از بازنمایی‌های ذهنی و مهارت‌های حافظه را برای پشتیبانی از عملکرد خود به‌دست آورده‌اند و به‌جای اتکا به مکانیسم‌های سنجیده‌شده توسط آزمون‌های توانایی عمومی، از این مهارت‌های تخصصی برای اجرای عملکرد ماهرانه خود بهره می‌برند. بنابراین، جای تعجب نیست که محققان رابطه معناداری میان هوش و تفاوت عملکرد نخبگان در یک حوزه خاص نیافته‌اند.»

این نکته به معنای انکار توانایی‌های استثنایی برخی افراد نادر در حوزه‌های خاص نیست، بلکه تأکیدی بر این است که افرادی با توانایی‌های بالا، که قصد دارند به بالاترین سطوح دستاوردها در یک رشته خاص برسند، نیازمند عواملی فراتر از توانایی‌ها یا دستاوردهای پیشینی خود هستند. این موضوع به‌ویژه باید مورد توجه دانشجویان جوانی قرار گیرد که در آغاز مسیر حرفه‌ای خود با چالش‌های اجتناب‌ناپذیر روبه‌رو می‌شوند.

۲. عوامل عاطفی، احساسی و انگیزشی

اگر این پیش‌فرض را بپذیریم که هوش یگانه عامل موفقیت

شبهه را نیز که منافع مالی ممکن است بر سوگیری برخی از افراد تأثیرگذار در ترویج ایده‌ی فکرت رشد از جمله دووک موثر بوده باشد مطرح می‌کنند. تمامی این نقدها، نقدهایی جدی و نیازمند بررسی‌اند، البته افراد تأثیرگذار در ترویج این ایده در پاسخ به انتقادات شفاف بوده‌اند و سعی در انطباق ایده‌های اولیه با نقدها داشته‌اند. از جمله مواردی که دووک خود بدان اشاره می‌کند درک ناصحیح ایده و تعبیر نادرست آن در محیط‌های آموزشی بوده است

موفقیت هرگونه مداخله‌ی آموزشی به کلاس درس و زمینه‌ی مورد مطالعه وابسته است. نتایج متضاد و گاه متناقض مطالعات در زمینه‌ی مداخلات معطوف به فکرت رشد نیز شاید به این صورت قابل تفسیر باشد: همانند هر ایده‌ی آموزشی دیگر، هیچ مداخله‌ای بدون در نظر گرفتن زمینه‌ی اجرا و سایر عوامل مؤثر موفق نخواهد بود. بنابراین، با توجه به زمینه‌ی بحث، شاید بهتر باشد مداخلات آموزشی، از جمله تلاش برای تغییر ذهنیت دانش‌آموزان، بر اساس حوزه‌ی مورد مطالعه برنامه‌ریزی شود (۳۰). به‌طور خاص، در آموزش ریاضی با توجه به غالب بودن فکرت ثابت در میان دانش‌آموزان و معلمان، این مسئله نیازمند توجه ویژه‌ای است.

صرف نظر از تمامی بحث‌های انجام شده، چه به امکان رشد توانایی‌های ذهنی اعتقاد داشته باشیم یا خیر و چه در میزان تأثیر آن نظر قطعی داشته باشیم یا خیر، تقلیل ماجرا به جملات و پوسته‌های انگیزشی در مورد امکان تغییر فکرت کمکی به افزایش انگیزه و حل مشکلات ذکر شده نمی‌کند. دانش‌آموزان باید نتایج تلاش خود را عملاً در قالب پیشرفت مشاهده کنند. این که کلاس درس محیط امنی برای خطا باشد و دانش‌آموزان با هدایت مربیان آموزشی از اشتباهات خود راهکاری برای یادگیری بیابند، بسیار موثرتر از آموزش مفاهیم مربوط به فکرت رشد است. در کلاس درس و محیط آموزشی باید این ایده که یادگیری ریاضی لزوماً فرآیند سریعی نیست مورد توجه قرار گیرد. بررسی تعداد کمتری از مثال‌ها اما با عمق بیشتر و از زوایای مختلف، به دانش‌آموز کمک می‌کند تا تجربه‌ی رشد در فرآیند یادگیری را شخصاً لمس کند. روند یادگیری باید از درون کلاس بجوشد؛ هر ایده‌ای که از سوی دانش‌آموزان، چه سطحی و چه عمیق، مطرح می‌شود باید جدی گرفته شود. ایده‌ی نهایی که توسط خود دانش‌آموزان ارائه و با راهنمایی معلم اصلاح و تکمیل می‌شود، نسبت به هر ایده‌ی از پیش طراحی‌شده‌ای، تأثیر بسیار عمیق‌تری بر یادگیری دارد. اما دشوارترین بخش برای هر مربی آموزشی، برجسته‌کردن اهمیت یادگیری برای دانش‌آموزان، فراتر از هر عامل و انگیزه دیگری است. روشن است که تقلیل این هدف به کلاس درس کافی نیست، اما این واقعیت به معنای سلب مسئولیت‌های آموزشی نیست.

به نسبت عوامل و ساختارهای انگیزشی، موفقیت و پیشرفت در ریاضی بسیار گسترده است و احتمالاً بیش از هر رشته‌ی دیگری مورد بررسی قرار گرفته است.

مورایاما و همکارانش (۱۳) به مطالعه‌ی عوامل انگیزشی (کنترل درک‌شده‌ی فرد، انگیزش درونی و انگیزش بیرونی) و استراتژی‌های مطالعه (سطحی و عمیق) در مقایسه با هوش به‌عنوان عامل پیش‌بینی‌کننده‌ی پیشرفت ریاضی در بلندمدت پرداخته‌اند. کنترل فردی درک‌شده به‌عنوان ارزیابی ذهنی فرد از پیوند علت و معلولی بین اعمال او و نتایج آن تعبیر می‌شود (۳۵) که به‌دلیل ارتباط آن با تعهد به یادگیری فعال و پایداری در مواجهه با مشکلات، نقش مهمی در نظریه‌های مربوط به انگیزه ایفا می‌کند (۳۶). انگیزش درونی به‌عنوان میل به درگیر شدن در فعالیت به‌دلیل علاقه به خود فعالیت و لذت بردن از انجام آن (مثلاً لذت حل و درک مسائل و مفاهیم ریاضی) تعریف می‌شود. در مقابل، انگیزش بیرونی به‌عنوان میل به انجام فعالیت به‌دلیل عوامل خارجی (نمرات امتحانی، دریافت تشویق و تأیید دیگران) تعریف می‌شود. استراتژی‌های عمیق یادگیری شامل به‌چالش کشیدن صحت داده‌های دریافتی و تلاش برای ادغام داده‌های جدید با دانش قبلی است، درحالی‌که استراتژی‌های یادگیری سطحی به معنای تکرار و حفظ داده‌ها بدون تحلیل اضافی است (۳۷).

بر اساس نتایج مطالعه‌ی طولانی‌مدت آن‌ها، انگیزه و استراتژی‌های مطالعاتی، فراتر از هوش، پیش‌بینی‌کننده‌ی پیشرفت در عملکرد ریاضی‌اند. به‌طور دقیق‌تر، هوش پیش‌بینی‌کننده‌ی قوی دستاوردهای اولیه است، اما با سرعت پیشرفت در ریاضی ارتباطی معنادار و قوی نشان نمی‌دهد. کنترل درک‌شده‌ی افراد همبستگی معناداری با دستاوردهای اولیه دارد و در کنار انگیزه‌های درونی و استراتژی‌های عمیق یادگیری پیشرفت در ریاضی را قویاً پیش‌بینی می‌کند. انگیزه‌های بیرونی در عملکرد اولیه تأثیرگذار هستند، ولی عامل پیش‌بینی‌کننده‌ی پیشرفت نیستند.

نتیجه‌ای که شاید غیرقابل انتظار باشد، این است که انگیزه‌های درونی و استراتژی‌های عمیق مطالعاتی، اگرچه عامل قوی برای پیش‌بینی رشد دانش ریاضی‌اند، اما در دستاوردهای اولیه چندان تأثیری ندارند. شاید بتوان این موضوع را این‌گونه توضیح داد که دانش‌آموزانی که این ویژگی‌ها را دارند، بیشتر بر یادگیری بلندمدت تمرکز می‌کنند و این موارد به‌تنهایی باعث تمرکز آن‌ها بر دستاوردهای کوتاه‌مدت نمی‌شود. همچنین، اثر استراتژی‌های یادگیری عمیق بیشتر در بلندمدت و نه در کوتاه‌مدت آشکار می‌شود.

از دیگر ساختارهای مهم مرتبط با عوامل انگیزشی می‌توان به خودپنداره‌ی تحصیلی^۱ و خودکارآمدی تحصیلی^۲ اشاره کرد.

در ریاضی نیست، پرسش دیگری مطرح می‌شود: دیگر عوامل تأثیرگذار در موفقیت چیست و نقش هر یک در ارتباط با هوش و سایر عوامل چیست؟ واضح است که عوامل فرهنگی، اجتماعی و طبقاتی، به‌ویژه در شکل‌دهی باورها و انگیزه‌های دانش‌آموزان، نقش بسیار مهمی ایفا می‌کنند. برشمردن عوامل فردی و آموزشی در کلاس درس بدون در نظر گرفتن این موارد، تصویری ناقص از عوامل موفقیت ارائه می‌دهد. با در نظر گرفتن این مهم، به بررسی عوامل فردی و آموزشی مؤثر بر موفقیت در ریاضی در کلاس‌های درس، به‌ویژه عوامل عاطفی، حسی و انگیزشی می‌پردازیم.

برخی آغاز دوره‌ی جدید تحقیق در مورد تأثیر عوامل احساسی و عاطفی بر یادگیری ریاضی را با انتشار کتاب احساسات و حل مسائل ریاضی نوشته مک‌لئود و آدامز می‌دانند. این اثر با اثبات نقش مهم این عوامل در حل مسائل ریاضی (۳۲)، بر ضرورت گسترش مطالعات نظام‌مند در این زمینه و تدقیق تعاریف و مفاهیم پیشین تأکید کرد. از جمله، به تعریف دقیق‌تر «نگرش» به‌عنوان منشأ دیگر عوامل انگیزشی و احساسی پرداختند. تأکید بر اهمیت نگرش، سوییچی مهم آموزشی دیگری نیز دارد: دی مارتینو و همکارانش (۳۳) توضیح می‌دهند که عبارت «آن دانش‌آموز نگرش منفی نسبت به ریاضیات دارد» اغلب نشان‌دهنده‌ی نوعی تسلیم شدن معلم است تا تشخیص دقیق برای مداخله‌ی آموزشی مؤثر. همچنین، با توجه به نتایج مطالعات گسترده، توضیح می‌دهند که هرگز برای تغییر نگرش دانش‌آموزان نسبت به یادگیری ریاضی دیر نیست. آنان همچنین به الگوی سه‌گانه‌ی تعامل متقابل میان بُعد عاطفی-احساسی، تصور از ریاضی، و ادراک شایستگی اشاره می‌کنند.

در بحث درباره‌ی عوامل احساسی، عاطفی که موفقیت و ارتقای تحصیلی را پیش‌بینی می‌کنند، هر چند تقدم انگیزه بر دستاورد یا تقدم دستاوردهای پیشین بر انگیزه موضوع محل بحثی است، همواره به عوامل انگیزشی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل اشاره شده است. در زمینه‌ی آموزش ریاضی و انگیزه‌ی یادگیری آن برخی به تناقضی درونی اشاره کرده‌اند. هانولا و همکاران (۳۴) این تناقض را چنین بیان می‌کنند که «آموزش ریاضی در طول سال‌ها با نوعی تناقض روبرو بوده است. ما ریاضیات را برای منافع عمومی آموزش می‌دهیم. درک استدلال‌های علمی، اقتصادی و اجتماعی مبتنی بر داده‌ها تا از این ادراک برای تصمیم‌گیری آگاهانه در مورد خود و سیاست جمعی استفاده کنند. با این حال، در بسیاری از کشورها در حالی که ریاضیات از نظر اجتماعی مفید تلقی می‌شود، اکثر دانش‌آموزان آن را شخصاً مفید نمی‌دانند». شاید از این رو است که مسئله‌ی ارتباط بین عوامل انگیزشی و یادگیری ریاضی همواره موضوعی مطرح بوده است و مطالعات و تحقیقات راجع

این مورد باید در برنامه ریزی آموزشی نیز مورد توجه قرار گیرد. با این که دوره‌ی کارشناسی دوره‌ای عمومی است و بر اخذ دروس متنوع و پایه‌ای باید تاکید شود، سطحی از آزادی عمل، انعطاف برنامه و امکان اخذ دروس جدی‌تر در گرایش‌های خاص می‌تواند با فراهم کردن امکان دستاوردهایی ملموس برای دانشجویان، ادراک خودکارآمدی را در گرایش‌ها و مسایل خاصی برای آنان تقویت کند. اعتماد به نفس ایجاد شده از این طریق به دستاوردهای بعدی دانشجو کمک خواهد کرد.

در نهایت، درک عوامل انگیزشی به‌عنوان سازوکار خودتنظیمی دانشجویان از اهمیت بالایی برخوردار است. با وجود تمام توضیحات ارائه شده، تمرکز بر هر یک از این عوامل به‌تنهایی کافی نیست. در واقع، تعامل میان اهداف و رفتارهای اجتماعی و فردی با الزامات مشارکت در تکالیف و پیگیری‌های ریاضی همراه است که خود عمق و تمرکز یادگیری را در دانشجویان شکل می‌دهد و هدایت می‌کند.

آنچه مربیان آموزشی باید انجام دهند، تلاش برای مقابله با باورهای نادرست و ایجاد فرآیندهایی است که دانش‌آموز و دانشجو در فرآیندی خودتنظیم درگیر یادگیری ریاضی و از لذت یادگیری ریاضی بهره‌مند شود. غایت موفقیت آموزشی هر مربی ریاضی کمک به دانش‌آموز برای درگیر شدن عمیق با ریاضی‌ورزی به مفهوم درک لذت مفاهیم و حل مساله‌ی ریاضی است. بدون در نظر گرفتن عوامل بیرونی، تنها درک این لذت است که ارجحیت یادگیری را برای دانش‌آموز پر رنگ می‌سازد و تاب‌آوری در برابر ناهمواری‌های مسیر را برای دانش‌آموزان ممکن می‌سازد.

آندره ویل از تاثیرگذارترین ریاضی‌دانان قرن بیستم در مورد تجربه‌ی ریاضی‌ورزیدن چنین می‌گوید:

«هر ریاضیدانی که شایسته‌ی این نام باشد، احساس متعالی شفافیتی را تجربه کرده است که در آن افکار به طور معجزه آسایی در پی هم ظاهر می‌شوند. این احساس ممکن است زمانی برای ساعت‌ها و حتی گاهی برای روزها ادامه یابد. هنگامی که آن را تجربه کردید، مشتاق به تکرار آن هستید. اما نمی‌توانید به اختیار دوباره به آن برسید مگر شاید با کار سخت»

بندورا (۱۶)، خودکارآمدی ادراک‌شده را به‌عنوان باور فرد به توانایی‌های خود در ساماندهی و انجام اعمال لازم برای دستیابی به دستاوردهای مشخص تعریف می‌کند. در مقابل، خودپنداره‌ی تحصیلی نه به یک تکلیف خاص، بلکه به یک دامنه‌ی مشخص از دانش اشاره دارد. بنابراین، فردی با ادراک خودپنداره‌ی تحصیلی ممکن است به توانایی‌های خود در ریاضیات به‌طور کلی باور داشته باشد، درحالی‌که خودکارآمدی تحصیلی را می‌توان به باور به توانایی حل مسائل در یک حیطه‌ای خاص تعبیر کرد.

با وجود شباهت معنایی این دو ساخت، آن‌ها مفاهیم مستقلی هستند. از زمان تعریف این مفاهیم توسط بندورا، به‌ویژه مفهوم خودکارآمدی توجه بسیاری را به خود جلب کرده است، و آموزش ریاضی به‌عنوان یکی از حوزه‌های پرارجاج در این زمینه شناخته شده است (۴۰).

خودکارآمدی تحصیلی دانش‌آموزان به‌عنوان عاملی قوی در پیش‌بینی نحوه‌ی انتخاب دروس، ادامه‌ی تحصیلات آکادمیک و دستاوردهای آکادمیک شناخته شده است. همچنین تأثیر آن بر تلاش، تاب‌آوری و کاهش استرس دانش‌آموزان اثبات شده است (۳۸). اگر چه توجه به این نکته که رابطه تقدم و تأخر بین دستاوردها و خودکارآمدی محل بحث است و نیاز به دقت در مطالعات دارد، به‌ویژه در حوزه‌ی ریاضی که اهمیت خودپنداره و خودکارآمدی تحصیلی به‌تفصیل بررسی شده است.

در دو پژوهش جداگانه (۳۹ و ۴۰) با انجام مطالعات طولانی‌مدت در مورد خودپنداره‌ی تحصیلی و خودکارآمدی تحصیلی، ارتباط آن‌ها با یکدیگر و نقش مهم این عوامل در موفقیت‌های تحصیلی و پیشرفت ریاضی بررسی شده است. اسکالویک و اسکالویک (۴۱) در دو مطالعه‌ی وسیع و طولانی‌مدت به نقش این عوامل در پیش‌بینی موفقیت ریاضی مستقل از دستاوردهای پیشین پرداختند. نتایج نشان داد خودکارآمدی تحصیلی به‌طور قوی دستاوردهای آموزشی را، مستقل از دستاوردهای پیشین، پیش‌بینی می‌کند. باید توجه داشت که توافق عمومی بر این است که باورهای خودکارآمدی عمدتاً از طریق تجربه و محیط تقویت می‌شوند.

منابع

1. Han, Sandie, and Janet Liou-Mark. «Self-efficacy and attitudes towards mathematics of undergraduates: A US and Taiwan comparison». *Journal of Mathematics Education* 8.1(2015), 1-15.
2. Pfeifer, Rolf, and Christian Scheier. «Understanding intelligence». MIT press, 2001.
3. Neisser, Ulric. «The concept of intelligence.» *Intelligence* 3.3(1979), 217-227.
4. Deary, I. J., & Ritchie, S. J. *Intelligence in Edinburgh, Scotland: «Bringing intelligence to life»*. In R. J. Sternberg (Ed.), *The nature of human intelligence*. Cambridge University Press. (2018):64-84.

5. Kretzschmar, André, Jonas C. Neubert, Sascha Wüstenberg, and Samuel Greiff. «Construct validity of complex problem solving: A comprehensive view on different facets of intelligence and school grades». *Intelligence* 54(2016),55-69.
6. Cullen, Francis T., Paul Gendreau, G. Roger Jarjoura, and John Paul Wright. «Crime and the bell curve: Lessons from intelligent criminology». *Crime & Delinquency* 43, no. 4(1997),387-411.
7. Binet, A., and T. Simon. «New methods for the diagnosis of the intellectual level of the abnormal». *L'année psychologique* 11(1905),236-45.
8. Ericsson, K. A. «Intelligence as domain-specific superior reproducible performance: The role of acquired domain-specific mechanisms in expert performance». In R. J. Sternberg (Ed.), *The nature of human intelligence*. Cambridge University Press.(2018),85-100.
9. Calvin, Catherine M., Cres Fernandes, Pauline Smith, Peter M. Visscher, and Ian J. Deary. «Sex, intelligence and educational achievement in a national cohort of over 175,000 11-year-old schoolchildren in England.» *Intelligence* 38, no. 4(2010),424-432.
10. Anastasi, Anne. «Evolving trait concepts.» *American Psychologist* 38, no. 2(1983):175.
11. Frank, Martha L. «What myths about mathematics are held and conveyed by teachers?». *The Arithmetic Teacher* 37, no. 5(1990),10-12.
12. Boaler, Jo. «The elephant in the classroom: Helping children learn and love maths». Souvenir Press, 2015.
13. Murayama, Kou, Reinhard Pekrun, Stephanie Lichtenfeld, and Rudolf Vom Hofe. «Predicting long-term growth in students' mathematics achievement: The unique contributions of motivation and cognitive strategies.» *Child development* 84, no. 4(2013),1475-1490.
14. Rattan, Aneeta, Catherine Good, and Carol S. Dweck. «“It's ok—Not everyone can be good at math”: Instructors with an entity theory comfort (and demotivate) students.» *Journal of experimental social psychology* 48, no. 3(2012),731-737.
15. Deary, Ian. Deary, Ian. «Looking down on human intelligence: From psychometrics to the brain». Vol. 36. OUP Oxford, 2000.
16. Bandura, Albert. «Self-efficacy: the exercise of control.» *Theoretical perspectives* (1997):1-35.
17. Mueller, Claudia M., and Carol S. Dweck. «Praise for intelligence can undermine children's motivation and performance.» *Journal of personality and social psychology* 75, no. 1(1998):13.
18. Nussbaum, A. David, and Carol S. Dweck. «Defensiveness versus remediation: Self-theories and modes of self-esteem maintenance.» *Personality and Social Psychology Bulletin* 43, no. 5(2008),599-612.
19. Blackwell, Lisa S., Kali H. Trzesniewski, and Carol Sorich Dweck. «Implicit theories of intelligence predict achievement across an adolescent transition: A longitudinal study and an intervention.» *Child development* 78, no. 1(2007),246-263.
20. Boaler, Jo. *Mathematical mindsets: «Unleashing students' potential through creative mathematics, inspiring messages and innovative teaching»*. John Wiley & Sons, 2022.
21. Boaler, J. «Ability and mathematics: The mindset revolution that is reshaping education.» *Forum*,55(1),143-152.» In *Symposium Journals*. Retrieved July, vol. 10:-2015-2013.
22. Dweck, Carol S. «Mindset: The new psychology of success». Random house, 2006.
23. Denworth, Lydia. «Debate arises over teaching» growth mindsets» to motivate students.» *Scientific American Mind* 30, no. 6(2019),4-7.
24. Paunesku, David, Gregory M. Walton, Carissa Romero, Eric N. Smith, David S. Yeager, and Carol S. Dweck. «Mind-set interventions are a scalable treatment for academic underachievement.» *Psychological science* ۲۶, no. 6(2015),784-793.
25. Steele, Claude M., and Joshua Aronson. «Stereotype Threat Does Not Live by Steele and Aronson (1995) Alone.» *American Psychologist* 59, no. 1(2004),47-48.
26. Sisk, Victoria F., Alexander P. Burgoyne, Jingze Sun, Jennifer L. Butler, and Brooke N. Macnamara. «To what extent and under which circumstances are growth mind-sets important to academic achievement? Two meta-analyses.» *Psychological science* 29, no. 4(2018),549-571.

27. Li, Yue, and Timothy C. Bates. «You can't change your basic ability, but you work at things, and that's how we get hard things done: Testing the role of growth mindset on response to setbacks, educational attainment, and cognitive ability.» *Journal of Experimental Psychology: General* 148, no. 9 (2019):1640.
28. Foliano, Francesca, Heather Rolfe, Jonathan Buzzeo, Johnny Runge, and David Wilkinson. «Changing mindsets: Effectiveness trial.» Education Endowment Foundation: London, UK. 2019.
29. Macnamara, Brooke N., and Alexander P. Burgoyne. «Do growth mindset interventions impact students' academic achievement? A systematic review and meta-analysis with recommendations for best practices.» *Psychological bulletin* 149, no. 3-4(2023):133.
30. Bui, Phuong, Nonmanut Pongsakdi, Jake McMullen, Erno Lehtinen, and Minna M. Hannula-Sormunen. «A systematic review of mindset interventions in mathematics classrooms: What works and what does not?.» *Educational Research Review* (2023):1-31.
31. Simon, Herbert Alexander, and K. Anders Ericsson. «Protocol analysis: Verbal reports as data.» (1984).
32. McLeod, Douglas B. «The role of affect in mathematical problem solving.» In *Affect and mathematical problem solving: A new perspective*, pp. 20-36. New York, NY: Springer New York, 1989.
33. Di Martino, Pietro, and Rosetta Zan. «'Me and maths': Towards a definition of attitude grounded on students' narratives.» *Journal of mathematics teacher education* 13(2010),27-48.
34. Hannula, Markku S., Pietro Di Martino, Marilena Pantziara, Qiaoping Zhang, Francesca Morselli, Einat Heyd-Metzuyanim, Sonja Lutovac et al. «Attitudes, beliefs, motivation and identity in mathematics education: An overview of the field and future directions». Springer Nature, 2016.
35. Perry, Raymond P., and Steven Hladkyj. «Academic Control and Action Control in the Achievement of College Students: A Longitudinal Field Study.» *Journal of Educational Psychology* 93, no. 4(2001),776-789.
36. Bandura, Albert. «Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change.» *Advances in behaviour research and therapy* 1, no. 4(1978),139-161.
37. Fry, Heather, Steve Ketteridge, and Stephanie Marshall. «Understanding student learning.» In *A handbook for teaching and learning in higher education*, pp. 26-44. Routledge, 2008.
38. Pajares, Frank. «Self-efficacy beliefs in academic settings.» *Review of educational research* 66, no.4 (1996),543-578.
39. Kriegbaum, Katharina, Malte Jansen, and Birgit Spinath. «Motivation: A predictor of PISA's mathematical competence beyond intelligence and prior test achievement.» *Learning and individual differences* 43 (2015),140-148.
40. Arens, A. Katrin, Anne C. Frenzel, and Thomas Goetz. «Self-concept and self-efficacy in math: Longitudinal interrelations and reciprocal linkages with achievement.» *The Journal of Experimental Education* 90, no. 3 (2022): 615-633
41. Skaalvik, Einar M., and Sidsel Skaalvik. «Self-concept and self-efficacy in mathematics: Relation with mathematics motivation and achievement.» *The concept of self in education, family and sports* (2006):51-74.

نشانه‌شناسی زیستی: علم جدیدی از زیست‌شناسی؟

ربابه لطیف

پردیس فرزندگان دانشگاه سمنان، ایران

r.latif@semnan.ac.ir

نامه علوم پایه شماره ۱۲۱۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۲

چکیده

نشانه‌شناسی زیستی^۱ یک حوزه رو به پیشرفت است که فرآیندهای نشانه‌شناسی را در قلمروی جهان زنده بررسی می‌کند؛ این علم به مفهوم، نشانه‌سازی، ارتباط و شکل‌گیری عادت در سیستم‌های زنده و شرایط فیزیوشیمیایی برای کنش و تفسیر نشانه‌ها می‌پردازد. رشته‌های علمی مانند زیست‌شناسی مولکولی، رفتارشناسی شناختی، علوم شناختی، روباتیک و زیست‌شناسی اعصاب که با فرآیندهای اطلاعاتی در سطوح مختلف، سروکار دارند، دانش مربوط به بیوسمیوز^۲ (نشانه‌وری زیستی) را فراهم می‌کنند. نشانه‌شناسی زیستی تلاش می‌کند تا یافته‌های این رشته‌ها را ادغام کند و پایه‌ای نشانه‌شناختی برای زیست‌شناسی بسازد. در توسعه نشانه‌شناسی زیستی به‌عنوان یک زمینه تحقیقاتی، ساخت مدل‌های خاصی از فرآیندهای زیستی، با تأکید بر ماهیت نشانه‌دار آن، و در نتیجه، کمک به غنی‌سازی و تکمیل علوم زیست‌شناختی به‌طور استاندارد، اهمیت ویژه‌ای دارد.

کلید واژگان: نشانه‌شناسی زیستی، زیست‌شناسی، نشانه‌شناسی، نشانه

مقدمه

(به عنوان یک حوزه پژوهشی) و نشانه‌شناسی (به عنوان مطالعه نشانه‌ها) تعریف می‌شود. نشانه‌شناسی زیستی راهی برای درک حیات ارائه می‌دهد که در آن حیات، نه تنها از منظر فیزیک و شیمی، بلکه از دیدگاه سیستم‌های زنده نیز بررسی می‌شود. از این نظر، پیچیدگی فرآیندهای زنده در حوزه‌های زیست‌شناسی، از زیست‌شناسی مولکولی تا علوم اعصاب و مطالعات رفتاری، را بدیهی می‌داند و بر آن تأکید می‌ورزد. همچنین، نشانه‌شناسی زیستی تلاش می‌کند تا یافته‌های مجزا از رشته‌های مختلف زیست‌شناسی (از جمله زیست‌شناسی تکاملی) را در یک دیدگاه نظری نشانه‌ای در مورد پدیده‌های مرکزی دنیای زنده، از ریوزوم تا اکوسیستم و از آغاز حیات تا پایان آن، گرد هم آورد (Kull et al, 2009).

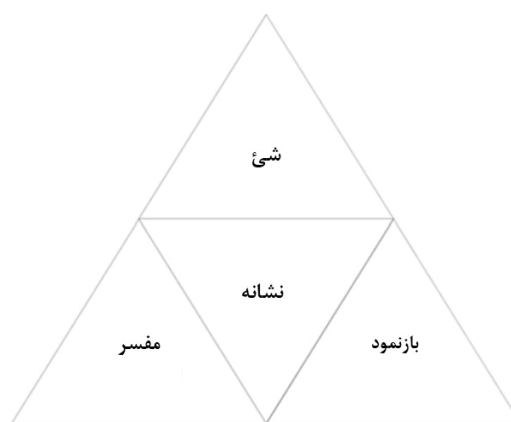
بیوسمیوتیک (نشانه‌شناسی زیستی)^۲

بیوسمیوتیک (نشانه‌شناسی زیستی) چیست؟ تأکید می‌شود که نشانه‌شناسی زیستی، حداقل از دیدگاه طرفداران آن، صرفاً یک رشته مطالعاتی جدید در زیست‌شناسی یا رشته جدیدی نیست

نشانه‌شناسی زیستی حوزه در حال پیشرفتی است که فرآیندهای نشانه‌شناسی در قلمروی جهان زنده را بررسی می‌کند و تلاش می‌کند تا یافته‌های علوم زیستی و نشانه‌شناسی را با هم ترکیب کند. فرآیندهای نشانه‌شناسی کمابیش همان چیزی هستند که زیست‌شناسان معمولاً از آن به عنوان «سیگنال‌ها»، «کدها» و «پردازش اطلاعات» در سیستم‌های زیستی یاد می‌کنند، اما این فرآیندها در اینجا تحت مفهوم کلی‌تر نشانه‌شناسی، یعنی تولید، کنش و تفسیر نشانه‌ها در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین، نشانه‌شناسی زیستی را می‌توان به‌عنوان مطالعه سیستم‌های نشانه‌های زنده تعبیر کرد. همچنین نشانه‌شناسی یا فرآیند نشانه‌ای را می‌توان به عنوان ماهیت خود حیات در نظر گرفت. به عبارت دیگر، نشانه‌شناسی زیستی حوزه تحقیقاتی است که به بررسی فرآیندهای نشانه‌شناسی (مفهوم، نشانه‌سازی، ارتباط و شکل‌گیری عادت در سیستم‌های زنده) و پیش‌شرط‌های فیزیوشیمیایی برای کنش و تفسیر نشانه می‌پردازد (Markoš et al, 2006).

نشانه‌شناسی زیستی به عنوان تفسیر زیست‌شناختی سیستم‌های نشانه‌ای، با تأکید بر یک رابطه نظری مهم بین زیست‌شناسی

که به مطالعه مبانی زیستی نشانه‌شناسی، درباره انسان و حیوان بپردازد؛ بلکه به عنوان فرآیندی تبادلی، نشانه‌شناسی زیستی برای زیست‌شناسان علم جدیدی از زندگی است، الگوی جدیدی برای زیست‌شناسی با یک چارچوب نظری جدید است که باید ما را به درک عمیق‌تری از زندگی هدایت کند. همان طور که از نامش پیداست، بیوسمیوتیک^۱ علمی است که نشانه‌شناسی (رشته‌ای در زبان‌شناسی که نشانه‌شناسی یا فرآیندهای نشانه را مطالعه می‌کند) را با زیست‌شناسی (مطالعه موجودات زنده) برای مطالعه اینکه موجودات زیستی چگونه از طریق نشانه‌ها معنا پیدا می‌کنند ترکیب می‌کند (Brier, 2006). حوزه جدیدی از تحقیقات است که از مطالعه پدیده‌های نشانه‌شناسی در حیوانات سرچشمه گرفته، سپس در همه جانداران گسترش یافته است.



شکل ۱: نشانه‌شناسی پیرسی. اقتباس از (Peirce 1931-1935).

به طور خاص‌تر، علم نشانه‌شناسی زیستی را می‌توان به عنوان «مطالعه نشانه‌شناسی در طبیعت زنده» و «زیست‌شناسی که به مطالعه سیستم نشانه می‌پردازد» تعریف کرد (Hoffmeyer & Kalevi, 1998; kull2009a,b; kull et al2011b15; Kull, 2011).

در واقع نشانه‌شناسی زیستی «درک علمی از چگونگی تجربه ذهنی موجودات است که بسته به ساختار زیستی خاص هر گونه به طور متفاوتی امکان‌پذیر است و نقشی علی واقعی در سازمان‌دهی مداوم طبیعت ایفا می‌کند» (Favareau, 2007). در چنین چشم‌اندازی، نشانه‌شناسی، زیربنای ارتباط است و به عنوان یک فرآیند ارتباطی و معنابخش بین موجودات و جهان درک می‌شود. بیوسمیوتیک را می‌توان به عنوان مطالعه دانش و دانستن در همه سیستم‌های زنده تعریف کرد اما این شناخت و دانش منحصرأ از طریق مطالعه نشانه‌ها درک می‌شود. بخش نشانه‌شناسی در حوزه «نشانه‌شناسی

زیستی» به شاخه خاصی از نشانه‌شناسی بازمی‌گردد که توسط چارلز پیرس در اواخر قرن نوزدهم معرفی شد. نشانه‌شناسی پیرسی (جدول ۱) بر مفهوم سه‌گانه‌ای از نشانه استوار است که به عنوان رابطه‌ای بین یک شیء، یک نماینده و یک مفسر در نظر گرفته می‌شود (Peirce 1931-1935). از نظر پیرس^۲ هر نشانه دارای نسبتی سه‌گانه است که شامل خود نشانه^۳، شیء^۴ و تفسیرکننده^۵ است. نشانه یا بازنمود چیزی است که به شخص یا چیزی دلالت می‌کند. شیء همان چیزی است که نشانه و یا باز نمود ما به ازای آن است. مفسر که غالباً آنرا نشانه ذهنی میدانند، همان چیزی است که وقتی انسان با یک نشانه برخورد می‌کند، در ذهن او ایجاد می‌شود. تفسیرکننده شخص نیست؛ بلکه فکری است که در ذهن ایجاد می‌شود.

علاوه بر این، به طبقه‌بندی سه‌گانه رابطه نشانه‌ای بین شیء و مفسر، که می‌تواند به شکل نمایه‌ها و نمادها باشد، پایبند است. متخصصان نشانه‌شناسی زیستی به روش‌های مختلف از چنین طبقه‌بندی استفاده می‌کنند و انواع مختلف نشانه‌ها را به حالت‌های مختلف نشانه‌شناسی در موجودات مختلف مرتبط می‌کنند. زیست‌شناسی عمومی، قلمروی است که سازماندهی و برهمکنش‌های همه سیستم‌های زنده را توصیف کرده و توضیح می‌دهد، که بیشتر آن بر اساس توانایی موجودات زنده برای درک، دانستن و برقراری ارتباط است. بر این اساس، تفسیر و کاربرد نشانه در بسیاری از گونه‌ها به جز انسان، دلیل اصلی اجتناب‌ناپذیر بودن کاربرد نشانه‌شناسی در زیست‌شناسی است. اما دلیل دیگری نیز وجود دارد که مربوط به خود پدیده حیات است. در تعریف «زنده بودن»، پدیده‌های عملکردی یا ارزش و معنی‌دار گنجانده شده است که خود بنا به تعریف، کیفیت‌های نشانه‌شناسی هستند. رابطه نشانه‌شناسی و زیست‌شناسی به شکلی ریشه‌ای در دیدگاه سبوک^۶ بیان شده است: «پدیده‌ای که اشکال حیات را از اشیاء بی‌جان متمایز می‌کند، نشانه‌شناسی است» (Sebeok, 2001).

نتیجه قیاسی این نظریه این است که شناخت و دانستن، ویژگی کلی حیات است، زیرا دانستن، پدیده‌ای نشانه‌شناختی است. در حالی که بحث در مورد اینکه آیا پدیده‌های نشانه‌شناسی در کل جهان زنده وجود دارند یا فقط به برخی از اشکال آن محدود می‌شوند (مثلاً فقط یوکاریوت‌ها، یا حیوانات یا مهره‌داران) ادامه دارد؛ وجود نشانه‌شناسی در قلمرو زیستی تقریباً توسط همه مکاتب نشانه‌شناسی پذیرفته شده است و مطالعه زندگی به عنوان یک پدیده سمیوتیک (نشانه‌شناسی)^۷ به طور منظم در زیست‌شناسی وجود داشته است (به بررسی‌های فاوارو، ۲۰۱۷^۸ مراجعه کنید).

1. Biosemiotics
2. Peirce
3. Sign
4. Object

5. Interpretant
6. Sebeok
7. Semiotics
8. Favareau 2017

همچنین به دلیل تفاوت‌های ناگسستگی بین علوم طبیعی و علوم انسانی (نظری، روش‌شناسی، مفهومی)، این بحث خیلی زود کنار گذاشته شد.

آنچه در زیست‌شناسی از این تجربه باقی مانده است، استفاده از عباراتی مانند «رونویسی» (انتقال اطلاعات از توالی نوکلئوتیدهای موجود در DNA به توالی نوکلئوتیدی در RNA) و «ترجمه» (انتقال اطلاعات از توالی نوکلئوتیدها در RNA به توالی آمینواسیدهای موجود در پروتئین) می‌باشد اما این ایده همچنان باقی مانده، به اشکال جدیدی تبدیل شده است (Longo ۲۰۲۰).

توماس سبوک^۲ نشانه‌شناس دهه ۱۹۶۰ با مطالعه‌ای در مورد ارتباطات حیوانی، اصطلاح «زوسمیوتیک»^۳ را ارائه داد. از دیدگاه او، ارتباط حیوانی نیز مبتنی بر فرآیندهای مشابه (یا حداقل مشابه) نشانه‌شناسی ارتباط انسانی است. سپس سبوک دیدگاه‌های خود را به این معنا گسترش داد که نه تنها ارتباطات، بلکه تمام قلمرو زندگی فرآیندی از تفسیر نشانه‌ها است و اصطلاح «بیوسمیوتیک» را (که برای اولین بار توسط فردریش روچیلد در سال ۱۹۶۲ استفاده شده بود) پذیرفت.

سبوک به عنوان یک نشانه‌شناس از ایده‌های اوکسکول^۴ زیست‌شناس آلمانی نیمه اول قرن بیستم، به ویژه از ایده او در مورد «آمولت»^۵ (محیط بیرونی موجود زنده) الهام گرفت (Kull et al, 2011).

آمولت یعنی جهان آن‌گونه که از سوی یک موجود زنده مشخص تجربه می‌شود. این واژه با تعریف جریانی از داده‌های حسی ورودی که از سوی یک موجود زنده تجربه می‌شود، شناخته می‌شود. برای مثال اوکسکول درباره کُنه می‌نویسد: «... این جانور بدون چشم فقط با کمک حساسیت عمومی پوستش به نور، راهش را به سمت بالاترین قسمت لبه یک چمن پیدا می‌کند. برای کُنه نزدیک شدن طعمه فقط از طریق حس بویایی‌اش برای این جانور که قادر به دیدن نیست آشکار می‌شود. بوی بوتیریک اسید که از فولیکول‌های چربی همه پستانداران منشأ می‌گیرد، در کُنه به عنوان سیگنالی عمل می‌کند که در نتیجه آن، جایگاه خود را در نوک چمن رها کرده و کورکورانه به سمت شکارش به سمت پایین می‌افتد. در این صورت تنها به حس لامسه خود نیاز دارد تا خود را به مناسب‌ترین نقطه ممکن برساند...».

برخلاف معنای امروزی آمولت، به معنای محیط بیرونی موجود زنده، «اوکسکول» به معنای دنیای درونی موجود زنده بود؛ اینکه هر موجود زنده دنیای خود را ایجاد می‌کند، و اثر خود را با توجه

این اساس تفسیر و معناسازی در حوزه زیست‌شناسی حداقل دو هدف مهم دارد:

- ۱- کشف شرایط اولیه برای پیدایش معنا در موجودات زنده و همراه با آن، پایه‌گذاری برای نشانه‌شناسی عمومی.
 - ۲- تعریف دوباره نظریه زیست‌شناسی عمومی به گونه‌ای که رابطه آن با نشانه‌شناسی آشکار شود.
- بنابراین، دامنه نشانه‌شناسی مناسب برای زیست‌شناسی را می‌توان به عنوان مطالعه الگوها، فرآیندها، فرآورده‌ها و پیامدهای رفتار فرمول‌بندی کرد (Pap 1979: 3401).

در مرحله‌ای کامل‌تر، زیست‌شناسی عمومی در کنار زیرشاخه‌های بیوفیزیک، بیوشیمی، سلول‌شناسی، بافت‌شناسی، فیزیولوژی، رفتارشناسی، ریخت‌شناسی، تکوین فردی^۱، تبارشناسی، اکولوژی، زیرشاخه‌هایی از نشانه‌شناسی زیستی را نیز شامل می‌شود که راه‌های کسب و استفاده از «علم» را در موجودات زنده و نیز انواع عوامل تفسیر کننده و مکانیسم‌های تفسیر را شرح می‌دهد. نشانه‌شناسی را نمی‌توان از مطالعه موجودات زنده حذف کرد، چراکه زیست‌شناسی عمومی با استناد به کارهایی که قبلاً انجام شده در بررسی معناسازی در رشته نشانه‌شناسی، سود زیادی خواهد برد. در این فرآیند، تغییرات مهمی در مدل کلی نشانه‌شناسی به عنوان بخش مهمی از یک دیدگاه یکپارچه لازم است، و چون شامل تعاریف و تحلیل‌های اساسی بیشتری از تفسیر، انتخاب، طبقه‌بندی، معنا، عادت، بازنمایی، یادگیری، تکامل و ترجمه است، سودمند خواهد بود. در نهایت، برخی از مشکلات، نقاط ضعف و اولویت‌های تحقیقاتی برای پیشرفت زیست‌شناسی عمومی بر مبنای نشانه‌شناسی مورد توجه قرار خواهد گرفت.

در زیست‌شناسی، شباهت‌های بین زبان انسان و دیگر سیستم‌های تبادل اطلاعات، گاه مورد توجه و بحث قرار می‌گیرد. به معنای استفاده از کلمه «زبان» در زمینه‌ای متفاوت از ارتباطات خاص انسانی، مشابه‌ترین آنها شاید زبان اسیدهای نوکلئیک و زبان زنبورها باشد. به خصوص زبان اسیدهای نوکلئیک را می‌توان به عنوان نمونه‌ای «الگویی» از چنین قیاسی در نظر گرفت. هنگامی که ساختار DNA و سپس رمز ژنتیکی در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ کشف شد، شباهت‌های رمزگذاری اطلاعات در زبان انسان و رمزگذاری اطلاعات (اطلاعات ژنتیکی) در «زبان» اسیدهای نوکلئیک جالب و الهام‌بخش شد. نقاط اشتراک احتمالی بین زیست‌شناسی به عنوان یک علم طبیعی و زبان‌شناسی به عنوان علمی از علوم انسانی بررسی شد، اما به دلیل سطحی بودن شباهت‌ها و وجوه تفاوت بسیار بین دو سیستم رمزگذاری و

1. Ontogeny
2. (Sebeok 1968)
3. Zoosemiotics

4. Uexküll
5. Umwelt

۴- تفاوت روش شناختی، نشانه‌شناسی زیستی را از زیست‌شناسی غیرنشانه‌شناسی متمایز می‌کند. هدف این پروژه تطبیق خصوصیات غایت‌شناختی و فیزیکوشیمیایی حیات است که در زیست‌شناسی سنتی ناسازگار با رویکردهای فیزیکوشیمیایی و غایت‌شناسی، امکان‌پذیر نیست.

۵- عملکرد به طور ذاتی با سازماندهی، معناداری و مفهوم یک عامل خود-مستقل مرتبط است. اگرچه این پروژه عملکرد به عنوان یک خروجی و در عین حال به عنوان پیش نیاز برای تکامل زیستی است، ممکن است از دیدگاه زیست‌شناسی سنتی بی‌اهمیت به نظر برسد. در دیدگاه نشانه‌شناسی زیستی این زمینه برای یک «منطق» جدید از زندگی است که این «منطق» البته به عنوان محصول شناخت و تفکر انتزاعی انسان نیست، بلکه فرآیند رشد موجود به شیوه‌ای استنتاجی مطابق با محیط آن است (Cannizzaro & Cobley, 2015).

۶- در زمینه‌سازی نشانه‌شناسی عمومی باید از ابزارهای نشانه‌شناسی زیستی استفاده کرد. همان طور که قبلاً اشاره شد، نشانه‌شناسی عمومی پیامد ضروری فرض نشانه‌شناسی زیستی اولیه است.

۷- نشانه‌شناسی که یک مفهوم اصلی برای زیست‌شناسی است نیاز به تعریف دقیق‌تری دارد. شاید این مشکل‌سازترین نقطه نشانه‌شناسی زیستی باشد. از یک سو آماده به چالش کشیدن نقص زیست‌شناسی سنتی، نادرستی، مبهم بودن و ماهیت استعاری برخی از مفاهیم آن است، از سوی دیگر، خود یک درمان پیشنهادی حتی کم‌دقت‌تر، مبهم‌تر و استعاری‌تر به نظر می‌رسد.

۸- موجودات، محیط بیرونی خود را ایجاد می‌کنند. این ایده یاکوب فون اوکسکول، به شدت تحت تأثیر فلسفه امانوئل کانت بود و بر بازتاب فعال محیط توسط موجود و این واقعیت که هر موجودی ویژگی‌های مختلف محیط را متمایز می‌کند و ذات خود را ایجاد می‌کند، تأکید دارد. (Kull et al, 2009)

استدلال و برهان علمی

اگر نظام‌هایی در سیستم‌های زنده وجود داشته باشد که قطعی و یا تصادفی نیستند، بلکه بر اساس تفسیر خود موجودات شکل گرفته اند، همان طور که نشانه‌شناسی زیستی استدلال می‌کند، در روش‌های اندازه‌گیری و ارزیابی مدل‌ها تفاوت‌های عمیق در عدم قطعیت اندازه‌گیری، و در نتیجه روش‌شناسی، بین زیست‌شناسی و علوم ماده غیرزنده باید در نظر گرفته شوند. به عبارت دیگر، با توجه به ماهیت نشانه‌شناختی اشیاء زیستی مورد مطالعه، روش تحقیق مناسب نیز باید منعکس‌کننده این ویژگی‌ها باشد.

به محیط اطراف ایجاد و در این محیط اعمال می‌کند. با توجه به این بازتاب، موجودات زنده سوژه‌های منفعل عملکرد قوانین طبیعی نیستند، بلکه سوژه‌های فعالی هستند که بر فرآیندهای طبیعت تأثیر می‌گذارند. شایان ذکر است که همین ایده، الهام‌بخش مبانی نظری اخلاق‌شناسی، تحقیق تطبیقی رفتار حیوانات در دهه ۱۹۳۰ و سپس مورد توجه نظریه تکاملی بود (Chiu & Gilbert, 2015).

به منظور شناسایی مفروضات نظری مشترک و ایجاد مبنایی برای اصطلاحات رایج، در سال ۲۰۰۹ در مجله تئوری زیستی^۱ هشت پروژه در زمینه نشانه‌شناسی زیستی منتشر شد که عبارت اند از:

۱- در حوزه زیست‌شناسی عمومی، تمایزواژه‌های نشانه‌شناسی- غیرنشانه‌شناسی همراه با تمایز واژه‌های حیات- غیرحیات، بسط و توسعه یافت. این نظریه در مورد نشانه‌ورزی به عنوان یک ویژگی اساسی زندگی است. همچنین به این معنی است که مفاهیم عملکرد و نشانه‌ورزی در هم تنیده شده‌اند.

۲- زیست‌شناسی به عنوان یک علم، در غیاب کاربست صریح مفاهیم نشانه‌شناسی ناقص است. به گفته زیست‌نشانه‌شناسان، زیست‌شناسی وابسته به مفروضات نشانه‌شناختی تحلیل نشده است و از «انبوهی از اصطلاحات نشانه‌شناسی ضمنی» مانند «اطلاعات»، «انطباق»، «سیگنال»، «کد»، «پیام رسان» و غیره استفاده می‌کند که «اغلب به شکلی استعاره‌ای به کار می‌روند» (Ibid, 169).

نویسندگان، نمونه‌ای از آنچه را که معتقدند توضیح مناسبی از عملکرد هموگلوبین به عنوان ناقل اکسیژن باشد، ارائه می‌دهند. شناخت این عملکرد فقط از روی ساختار سه بعدی آن ممکن نیست و با این دیدگاه، توضیح عملکرد فقط یک حدس و گمان خواهد بود. اما با دانستن اینکه هموگلوبین بازتابی از نیاز موجودات چند سلولی برای تامین انرژی برای متابولیسم بافت‌های بدنی است، بلافاصله روشن می‌شود که باید دارای برخی از ویژگی‌های ساختاری برای اتصال و انتقال اکسیژن در خون باشد. همچنین انتظار می‌رود ناحیه اتصال به اکسیژن در مولکول هموگلوبین در طول تکامل حفظ شود، و اینکه اشکال مختلف هموگلوبین بسته به روش‌های خاص سازگار با نیازهای مختلف حمل و نقل اکسیژن، متفاوت‌اند (به عنوان مثال، در گونه‌های مختلف یا در دوران پیش از تولد شامل رویان و جنین پستانداران) (Ibid, 169).

۳- قدرت پیش‌بینی زیست‌شناسی در وجه عملکردی تعبیه شده است و نمی‌توان آن را تنها بر اساس شیمی استوار کرد. در نشانه‌شناسی زیستی، حساب کتاب فیزیکوشیمیایی لزوماً کامل نیست و نمی‌تواند به این سؤال پاسخ دهد که «این (ماکرومولکول، بافت و غیره) برای چیست».

بخواهیم «تصور» حقیقی در مورد آنها داشته باشیم، باید فرض کنیم که واقعاً برای موجود زنده وجود دارد. در حالی که چیزی شبیه «اندازه کره چشم» واقعی است که از لحاظ رابطه‌ای تجسم یافته است، اما به صورت تجربی تجسم یافته نیست؛ ممکن است توسط ناظر بیرونی دیده شود، اما لزوماً برای خود موجود زنده چنین فرض نمی‌شود. زیست‌شناسی سنتی مدت‌هاست که تعریف و توضیح مفاهیم عملکرد و معنا برای موجود زنده را بسیار سخت می‌یابد، زیرا ممکن است هر وسیله‌ای که قادر به تشخیص «وجود» معنا باشد، باید خود توانایی ایجاد همین معنا را داشته باشد. کاربرد نشانه‌شناسی در زیست‌شناسی ممکن است دقیقاً همان چیزی باشد که بتوان واقعیت معنا و نیز شرایط لازم و کافی آن را در موجودات زنده تبیین کرد.

نشانه‌شناسی زیستی و تکامل

کلوی کول^۱ بیان کرده است که نشانه‌شناسی زیستی «علم نشانه‌ها در سیستم‌های زنده» است (Kull 1999, 386). نشانه‌شناسی زیستی رشته‌ای جایگزین از علم دقیق نشانه‌ها، یعنی نشانه‌شناسی است. زمانی که چارلز سندرز پیرس منطق سه‌گانه روابط را توصیف کرد، نشانه‌شناسی جایگاه یک علم منطقی دقیق را به دست آورد. نشانه‌شناسی درک عملکرد نشانه‌ها را ارائه می‌کند، بنابراین، «نشانه رسانه‌ای از اطلاعات است که ادعا می‌کند هدف خود را در برخی جنبه‌ها نشان می‌دهد تا اثری تولید کند که تفسیرگر آن است» (Romanini and Fernández, 2014).

هنگامی که ساختار مناسب روابط نشانه‌ها را درک می‌کنیم، می‌توانیم در مورد سیستم‌های زنده، منشأ حیات، تنوع، تکامل و عملکرد این سیستم‌ها و همچنین تعامل آنها با محیطشان تحقیق کنیم. دونالد فاوارو^۲ (۲۰۰۹) کار فوق‌العاده‌ای انجام داده است که، تاریخچه و روندهای نشانه‌شناسی زیستی ماقبل تاریخ را مرور می‌کند. او در بررسی فوق‌العاده‌اش عمیقاً در تاریخ فلسفه و زیست‌شناسی کاوش می‌کند. او تلاش می‌کند تا درک درستی از چگونگی این نشانه‌ها در همان ابتدای تحقیق در مورد سیستم‌های زنده به ارمغان آورد. او همچنین مورد بسیار قانع‌کننده‌ای را بیان می‌کند که چگونه تقسیم دکاری بدن/ذهن به تعصب جداسازی معنا و تفسیر از نشانه‌ها تبدیل شد، و الگویی از جدایی بین ماده و شناخت را تشکیل داد. البته، دکارت تنها کسی نبود که چنین شکافی را تأیید کرد، بلکه در بسیاری از فلسفه‌های عقل‌گرا و تجربه‌گرایانه وجود دارد، به ویژه از زمان گالیله و نیوتن به بعد در فیزیک بدیهی تلقی می‌شود. باربری^۳ (۲۰۰۸) یادآور می‌شود که زیست‌شناسی معاصر در واقع تحت تأثیر تقسیم‌بندی دکاری فوق‌الذکر قرار می‌گیرد که نه تنها فلسفه، بلکه عملکرد علمی را

از آنجایی که قواعد نشانه‌شناسی (مانند قوانین و عادات)، برخلاف قوانین فیزیکی، بنا به ماهیت خود، ممکن است استثنایی داشته باشند، این نشان می‌دهد که موارد مشاهده‌شده بظاهر متناقض با قاعده، نمی‌توانند به‌عنوان گزاره‌های استدلال ناسازگاری قاعده مورد استفاده قرار گیرند. یک مثال معمولی وجود مرزهای گونه‌ها است؛ وجود اشکال و فرم‌های حدواسط نمی‌تواند وجود مرزها را رد کند. این به ماهیت بسیاری از سیستم‌های زیستی مربوط می‌شود که بر اساس شباهت خانوادگی شکل می‌گیرند.

به همین ترتیب، این ادعا که نواحی مغز به طور متراکم به هم مرتبط هستند، لزوماً مستلزم این نیست که برخی از بخش‌های مغز بیشتر (یا کمتر) از سایر بخش‌ها با هم در ارتباط باشند بلکه اینها ممکن است واحدهای عملکردی یا مورفولوژیک را شکل دهند.

منطق موجودات زنده با منطق ریاضیدان یا معمار مطابقت ندارد. بر این اساس، زیست‌شناسی همواره از روش‌های کیفی مشاهده به موازات روش‌های کمی استفاده کرده است. اگر ماهیت نشانه‌شناسی اشیاء مورد مطالعه را درک کنیم، نقش آنها آشکار و ضروری به نظر می‌رسد.

واقعیت معنا و عملکرد

عملکرد زیستی و معنا مفاهیمی نزدیک به هم هستند. با این حال، یکسان نیستند. عملکرد زیستی به عنوان «برخی یا بخشی از فرایندی که هدف آن نگهداری و تولیدمثل کل موجود زنده است» توصیف شده است (Kull et al, 2009).

واژه معنا به دلیل کاربرد چند مفهومی و تاریخی آن، در نظریه‌های نشانه‌شناسی یا به‌عنوان یک اصطلاح فنی استفاده نمی‌شود، یا به‌عنوان یک مفهوم نشانه‌شناسی اولیه در نظر گرفته می‌شود و تعریف نشده باقی می‌ماند.

ممکن است آن را به عنوان کل جهان ممکن تفسیر کنیم. عملکرد یک اندام، و همچنین معنای یک واسطه (مانند یک مولکول، کلمه یا نشانه)، با ارتباط آنها با چیزی غیر از خودشان تعریف می‌شود.

تأثیرات این رابطه را می‌توان (گاهی اوقات) توسط یک محقق یا یک ناظر خارجی به خوبی مشاهده کرد، اما اگر قرار باشد این رابطه به‌عنوان یکی از ویژگی‌های اصیل ذاتی یک موجود زنده (و نه فقط به عنوان یک موقعیت اسمی) در نظر گرفته شود، باید به همین صورت جزئی از وجود موجود باشد. بنابراین تجسم رابطه‌ای و تجربی، «عملکرد چشم» (چیزی به عنوان ابزار دیدن)، و همچنین «معنای شیئی که با چشم دیده می‌شود» (مثلاً چیزی برای گرفتن)، از لحاظ رابطه‌ای و تجربی تجسم یافته است. اگر

1. Kull
2. Favareau (2009)

3. Barbiery (2008)

به ایجاد این رشته به روشی نظری کمک کرد. سبوک اندیشه نشانه‌شناسی را به زیست‌شناسی آورد و هافمایر^۲ و همکارانش با تأثیر گرفتن، به پاسخی برای مهم‌ترین معماهای زیست‌شناسی و تحقیقات علمی به اندیشه نشانه‌شناسی رسیدند. همگرایی و ادغام این دو پروژه در یک برنامه مشترک نشان دهنده آن ثمربخشی است که پیرس برای یک جامعه علمی آرزو داشت.

مطالعات نشانه‌شناسی و ماهیت حیات

ویژگی‌های اصلی سیستم‌های زنده از سه فرآیند اساسی مشتق شده‌اند که زیربنای اصلی تبیین‌ها و نظریه‌های زیستی هستند و شامل تولیدمثل، هموستازی و نشانه‌شناسی هستند. همه این فرایندها باید در زندگی با هم وجود داشته باشند، و بنابراین، توصیف مناسب، و همچنین درک فرآیندهای زندگی باید شامل هر سه باشد. جنبه نشانه‌شناسی که نیاز به درک آن به تازگی ایجاد شده است، تا حد زیادی مدل کلی زندگی را تکمیل می‌کند. اجازه دهید به طور خلاصه بررسی کنیم که چگونه این سه جنبه ضروری زندگی به سه مدل توضیحی مختلف منجر شده است:

تولیدمثل: یک ویژگی ساده است که به طور کلی به عنوان یک فرآیند خودکاتالیزور چرخه‌ای توصیف می‌شود.

در رابطه $2O \rightarrow O + R$ ، یک ساختار، O، یک منبع R را جذب می‌کند و در نتیجه دو ساختار O را تولید می‌کند، در اینجا O می‌تواند یک مولکول ساده باشد. با این حال، به منظور در دسترس قرار دادن محصولات متنوع و بازتولید شونده (تکامل باز)، O باید دارای اشکال متنوعی باشد که همگی سنتر مبتنی بر الگو را برای همان نوع ارائه می‌کنند. اسیدهای نوکلئیک مولکول‌های ایده‌آلی از این نوع هستند. به طوریکه علاوه بر این ویژگی، می‌توانند به عنوان کاتالیزورهای خاص برای فرآیندهای دیگر نیز عمل کنند، هر نوع O می‌تواند ترکیب منحصر به فردی از مواد و فرآیندهای اطراف خود را داشته باشد و یک سلول یا موجود را تشکیل دهد. عدم دقت تصادفی در فرآیند تولیدمثل، راه را به سوی تنوع و تکامل باز می‌کند. این هسته اصلی نظریه داروینی و مکانیسم نئوداروینی تکامل است. بقای انواع خاصی از O به برازندگی یا موفقیت باروری آنها مربوط می‌شود، و همه تنوع حیات را می‌توان به عنوان پیامد دقیق این نوع تولیدمثل، همراه با اشتباهات «خوش شانس» آن در نظر گرفت.

هموستاز: فرآیندی شامل فرآیندهای فرعی خودکاتالیزوری است که مسئولیت فعالیت و کار را بر عهده دارد و می‌تواند به عنوان یک سیستم بازخورد مثبتی توصیف شود که پس از در نظر گرفتن

تحت تأثیر قرار می‌دهد. اولین دوگانگی که به ویژه مورد توجه است، دوگانگی ژنوتیپ/فنوتیپ است که به عنوان نوعی تقسیم نرم‌افزار/سخت‌افزار در نظر گرفته شده است، که همراه با توضیح رضایت‌بخش از نحوه عملکرد سیستم‌های زنده در حفظ خود، تصویر واضحی از مفهوم ندارد. همچنین، این مشکل همیشه در کمین متافیزیک است که همه واقعیت‌ها را به ماده‌گرایی اشیاء و ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری آن‌ها نسبت می‌دهد و هر چیزی را که از این نوع نیست (از جمله خود قوانین طبیعت!) کنار می‌گذارد. فیزیک‌انگاری فلسفه نوعی تقلیل‌گرایی وسواسی است و برای زیست‌شناسی فاجعه بار است، زیرا بهترین تبیین سیستم‌های زنده را کم اهمیت جلوه می‌دهد و آنها را به خواص مادی به عنوان مثال، به شیمی و فیزیک بخشی از ترکیبات مولکولی آنها نسبت می‌دهد. در نهایت، این باور که هر تازگی زیستی توسط انتخاب طبیعی به وجود آمده است نیز یکی از تقلیل‌گرایی‌های زیست‌شناسی معاصر را تشکیل می‌دهد و داستانی ناقص و ناکافی از پیشرفت تکاملی را ارائه می‌دهد که کلمات کلیدی را برای درک قابل فهم آن خارج از روایت مفاهیم زیستی می‌گذارد. دستیابی به تثبیت یک زمینه مطالعاتی، دستاورد آسانی نبود، بلکه نتیجه تلاش زیادی است که مدیون مطالعات سبوک است. سبوک نقش بسیار مهمی در یادآوری مراحل نشانه‌شناسی زیستی در ترکیب آن به عنوان یک الگوی جدید برای زیست‌شناسی ایفا کرد. اجازه دهید مروری سریع بر اهمیت کار او داشته باشیم:

توماس سبوک کار خود را به عنوان یک زبان‌شناس آغاز کرد، اما به زودی کاوش زبان‌ها او را به این نتیجه رساند که علم نشانه را با علم زیست‌شناسی پیوند دهد. سبوک در ابتدا از این موضوع آگاه بود که چگونه علم دقیق نشانه‌ها را می‌توان و باید ابتدا در دنیای حیوانات به کار برد و سپس جهان معنا را به همه سیستم‌های زنده گسترش داد. سبوک روحی آزاد داشت، و با وجود زندگی در دوران شکاف دنیای آکادمیک جهان غرب و جهان کمونیستی شرق زندگی می‌کرد. در طول جنگ سرد هیچ مانعی برای او برای برقراری ارتباطات مهم و ایجاد جامعه‌ای از محققان شرقی و غربی نبود.

در حالی که سبوک به علم دقیق نشانه‌ها نیاز داشت، به زودی متوجه شد که این را نمی‌توان در سنت ساختارگرایانه فردیناند^۱ یافت بلکه در مفهوم سه‌گانه نشانه‌ای که توسط چارلز سندرز پیرس ایجاد شده بود، باید جستجو کرد. ترکیب سبوک از نشانه‌شناسی چارلز سندرز پیرس، نه تنها شامل ایده‌های نشانه‌شناختی او، بلکه نظام معماری اندیشه‌اش، از جمله نظام سه‌گانه مورد قبول او بود. کشف تقدم نشانه‌ها و معنا در سیستم‌های زنده توسط سبوک

1. Ferdinand de Saussure
2. Hoffmeyer

3. Bio Cybernetics

تعبیر فعال - سمیوز فعالیتی است که توسط آن موجود زنده این لحظات عدم قطعیت را حل می‌کند.

بینش مهمی که نشانه‌شناسی به بوم‌شناسی ارائه می‌کند از این مشاهدات ناشی می‌شود که بیشتر پیوندهای بین‌گونه‌ای و درون‌گونه‌ای حاصل از یک شبکه اکولوژیک بر اساس فرآیندهای شناسایی هستند. این بدان معنی است که ظرفیت موجودات برای تفسیر، شرط لازم برای تشکیل و تداوم جوامع زیستی است.

رویکرد نشانه‌شناسی در بوم‌شناسی به معنای توصیف یا مطالعه‌ای است که به موارد زیر توجه دارد:

۱. تمایزاتی که خود موجودات ایجاد می‌کنند و روش‌هایی که موجودات زنده، جهان خود را درک می‌کنند، یعنی مطالعه Umwelt (محیط بیرونی موجود) یا طبقه‌بندی زیستی.

۲. عمدی بودن رفتار موجودات، نقش و انواع محرک‌های (نیازها) زیستی و تغییرات ناشی از جستجو، یادگیری، سازگاری (تطابق) و عادت کردن موجودات.

۳. ارتباطات و نقش آن در تمام سطوح سیستم‌های زنده. اشکال زیستی به عنوان ساختارهای ارتباطی

۴. تولید اکوسیستم‌ها در نتیجه طراحی‌های نوظهور توسط موجودات متعدد ساکن در جوامع آن.

۵. انواع فرآیندهای نشانه‌ای با توجه به تفاوت و تغییر در فرآیندهای منجر به تولید و کاهش تنوع.

خروجی اولی به عنوان ورودی، فیدبک منفی به آن ارائه می‌دهد. یک سیستم هموستاز می‌تواند با درگیر شدن در سیستم هموستاز دیگر با آن درهم تنیده شود، در نتیجه بدون از دست دادن ایستایی خود، به دلیل تداوم خودتنظیمی، خود را دوباره تنظیم کند. چنین مدلی به عنوان هسته یک موجود زنده یا یک سیستم زنده قابل توصیف است. نظریه‌های ارگانیسم، دانش زیست رایانیک^۱ (ادغام سطوح مختلف اطلاعات برای درک نحوه عملکرد سیستم‌های زیستی)، و اتوپوئیتیک^۲ همگی از این مدل اصلی مشتق می‌شوند. با توجه به مدل‌های هموستازی، تولیدمثل به عنوان یک ویژگی ثانویه دیده می‌شود که تحت کنترل فیدبک موجود ظاهر می‌شود، در حالی که انعطاف‌پذیری که یک ویژگی مهم است، مشخص می‌شود. بنابراین، نظریه‌های مبتنی بر این مدل اغلب به عنوان جایگزینی برای دیدگاه نئوداروینی در نظر گرفته شده است.

نشانه ورزی^۳: عملی است که در وضعیت نامعین انجام می‌شود و معمولاً به عنوان تفسیر توصیف می‌شود. عاملی نیاز دارد که به وضوح شامل یک فرآیند خودکاتالیزوری (یا معمولاً فرآیندها) است که مسئول کار آن است. در یک موقعیت نامشخص زمانی ظاهر می‌شود که عامل بیش از یک راه برای عمل در یک موقعیت خاص داشته باشد و باید فعالانه تنها یکی را انتخاب کند. تعدد اقدامات بالقوه بر اساس بیش از یک دایره عملکردی است که در یک موقعیت قابل اعمال است. به عبارت دیگر، احتمالات به دلیل قوانین ناسازگاری ظاهر می‌شوند که رفتار موجود را سازماندهی می‌کنند (که می‌توان آن را نوعی «چند حیاتی» در نظر گرفت).

منابع

1. Brier S (2006) Biosemiotics. Int Encycl Lang Linguist 2:31-40
2. Barbiery M (2008) Biosemiotics: a new understanding of life. Sci Nat 95(7):577-599
3. Christensen V (2000) Macro and micro-levels in physics. In: Andersen PB, Emmeche C, Finnemann NO, Christiansen PV (eds) Downward causation: minds, bodies and matter. Aarhus University Press, Århus, pp 51-62
4. Chiu, L., & Gilbert, S. F. (2015). The birth of the holobiont: Multi-species birthing through mutual scaffolding and niche construction. Biosemiotics, 8, 191-210.
5. Cannizzaro, S., & Cobley, P. (2015). Biosemiotics, politics and Th. A. Sebeok's move from linguistics to semiotics. *Biosemiotic perspectives on language and linguistics*, 207-222.
6. Favareau D et al (2017) How can the study of the humanities inform the study of biosemiotics? Biosemiotics 31-10:9
7. Kull K (1999) Biosemiotics in the twentieth century: a view from biology. Semiotica 127(1/4):385-414
8. Kull, K., Deacon, T., Emmeche, C., Hoffmeyer, J., & Stjernfelt, F. (2009). Theses on biosemiotics: Prolegomena to a theoretical biology. *Biological Theory*, 4, 167-173.

9. Kull K et al (2011) Theses on biosemiotics: prolegomena to a theoretical biology. In: Emmeche C, Kull K (eds) Towards a semiotic biology: life is the action of signs. Imperial College Press, London, pp 25-41
10. Longo G, Mossio M (2020) Geocentrism vs genocentrism: theories without metaphors, metaphors without theories. *Interdiscip Sci Rev* 45(3):380-405
11. Kirkpatrick RC, Blackwood E, Dickemann JM, Jones D, Muscarella F, Vasey PL (2000) The evolution of human homosexual behavior. *Curr Anthropol* 41(3): 385-413
12. Lestel D (2011) What capabilities for the animal? *Biosemiotics* 4(1):83-102
13. Longo G, Montévil M (2014) Perspectives on organisms: biological time, symmetries and singularities. Springer Science & Business Media
14. Merleau-Ponty M (2002) *Phenomenology of perception*. Routledge, London Romanini V, Fernández E (2014) Peirce and biosemiotics: a guess at the riddle of life. Springer, New York.
15. Markos, A., Faltynek, D (2010): Language Metaphors of Life. *Biosemiotics*, 4(2):171-200. MILLS, C. (2010): The semiosis of life. *Metascience*, 20(1):123-125.
16. Peirce CS (1931-1935) *Collected papers of Charles Sanders Peirce*, vol 1-8. Harvard University Press, Cambridge
17. Sebeok TA (1994) *Signs: an introduction to semiotics*. University of Toronto Press, Toronto
18. Sebeok TA (1996) Signs, bridges, origins. In: Trabant J (ed) *Origins of language*. Collegium Budapest, Budapest, pp 89-115
19. von Uexküll J (1921) *Umwelt und Innenwelt der Tiere*. 2. verm. u. verb. Aufl. J. Springer, Berlin

ریاضیات و هوش مصنوعی: همزیستی برای آینده‌ای هوشمندتر

محمد اکبری
استادیار علوم کامپیوتر-دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک ایران)
akbari.ma@aut.ac.ir
نامه علوم پایه شماره ۱۲۱۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۲

چکیده

امروزه ریاضیات و هوش مصنوعی یک رابطه همزیستی ایجاد کرده‌اند و برخی از پیشگامانه‌ترین پیشرفت‌های زمانی ما را به وجود آورده‌اند. ریاضیات، پایه‌های نظری هوش مصنوعی را فراهم می‌کند و آن را به ابزارهای ضروری مانند جبر خطی، احتمالات و بهینه‌سازی برای طراحی الگوریتم‌های پیچیده مجهز می‌کند. به نوبه خود، هوش مصنوعی با پرداختن به مسائل پیچیده‌ای که زمانی فراتر از توانایی‌های انسان بود، ریاضیات را متحول می‌کند. اثبات قضیه مبتنی بر هوش مصنوعی، تشخیص الگو و تجزیه و تحلیل داده‌ها، بینش‌های جدیدی را آشکار می‌کنند و ساختارهای ریاضی ناشناخته قبلی را حل می‌کند. این تقویت متقابل منجر به پیشرفت‌هایی در زمینه‌هایی مانند هندسه، نظریه اعداد و ترکیبات شده است. ریاضیات و هوش مصنوعی با هم آینده‌ای را شکل می‌دهند که با نوآوری بی‌سابقه و فناوری‌های هوشمند تعریف شده است. در این مقاله به بررسی این موضوع می‌پردازیم که چگونه این دو رشته باعث رشد یکدیگر می‌شوند، از اتکای هوش مصنوعی به مدل‌های ریاضی تا نقش آن در پیشبرد اکتشافات ریاضی بررسی خواهند شد. با عمیق‌تر شدن این همکاری، ریاضیات و هوش مصنوعی همچنان مرزهای دانش را پیش می‌برند و آینده‌ای هوشمندانه‌تر و نوآورانه‌تر را ایجاد می‌کنند.

مقدمه

ایجاد کند. از کشف‌های علمی گرفته تا بهبود کیفیت زندگی روزمره، این فناوری مرزهای علم و فناوری را به طرز قابل توجهی گسترش داده است.

در علم زیست‌شناسی، پروژه آلفافولد^۱ با پیش‌بینی ساختار سه‌بعدی پروتئین‌ها انقلابی در درک سیستم‌های زیستی ایجاد کرده است و به دانشمندان امکان داده تا مسائل پیچیده‌ای مانند طراحی دارو را سریع‌تر و دقیق‌تر حل کنند [۱۲]. در حوزه یادگیری تقویتی، مدل‌هایی مانند آلفاگو^۲ و آلفاگرو^۳ با حل مسائل استراتژیک غیرخطی، از جمله بازی‌های پیچیده، قدرت هوش مصنوعی را در ارائه راهکارهای نوآورانه به نمایش گذاشته‌اند [۱۳].

پیشرفت در درک زبان طبیعی نیز تأثیر عمیقی بر ارتباط انسان و ماشین گذاشته است. ظهور مدل‌های زبانی قدرتمند مانند جی‌پی‌تی^۴ و معماری‌های ترانسفورمر^۵، قابلیت ماشین‌ها را

ریاضیات و هوش مصنوعی، دو رکن بنیادین علوم در دنیای معاصر، با ترکیب توانایی‌های خود تحولی شگرف در حوزه‌های علمی و صنعتی ایجاد کرده‌اند. ریاضیات، به عنوان زبان جهانی علم، ابزارهای نظری و کاربردی قدرتمندی برای مدل‌سازی، تحلیل، و حل مسائل پیچیده ارائه می‌دهد [۱،۲]. از سوی دیگر، هوش مصنوعی که از پیشرفته‌ترین فناوری‌های دوران ما به شمار می‌رود، امکان طراحی سیستم‌هایی را فراهم آورده است که می‌توانند به صورت مستقل یاد بگیرند، استدلال کنند و تصمیم‌گیری‌های هوشمند انجام دهند. هم‌افزایی این دو حوزه، تحولات چشمگیری را در گستره‌ای از علوم و فناوری‌ها رقم زده است [۳].

دستاوردهای بزرگ هوش مصنوعی در سال‌های اخیر

در دهه گذشته، هوش مصنوعی با پیشرفت‌های چشمگیر خود توانسته است تحولات عمیقی در جنبه‌های مختلف زندگی بشر

1. AlphaFold
2. AlphaGo
3. AlphaZero

4. GPT
5. Transformer Architecture

آمار نیز اساس یادگیری ماشین را شکل داده‌اند و ابزارهایی همچون مدل‌های بیزی و زنجیره مارکوف را برای تحلیل داده‌های نامطمئن ارائه کرده‌اند. علاوه بر این، تکنیک‌های بهینه‌سازی مانند گرادیان نزولی و الگوریتم‌های تصادفی برای یافتن بهترین پارامترها در مدل‌های یادگیری ماشین استفاده می‌شوند. حتی شاخه‌هایی مانند معادلات دیفرانسیل، هندسه تفاضلی، و توپولوژی نیز در یادگیری عمیق و یادگیری تقویتی برای مدل‌سازی پدیده‌های پویا و کشف الگوهای پنهان در داده‌ها نقش دارند.

در عین حال، هوش مصنوعی نیز تأثیر عمیقی بر ریاضیات گذاشته و این حوزه را به روش‌های جدیدی متحول کرده است. ابزارهای هوش مصنوعی توانسته‌اند مسائلی را که به دلیل پیچیدگی محاسباتی غیرقابل حل به نظر می‌رسیدند، با سرعت و دقت بالا حل کنند. الگوریتم‌های ژنتیک و بهینه‌سازی تکاملی نمونه‌هایی از این دستاوردها هستند. همچنین، مدل‌های هوش مصنوعی، مانند شبکه‌های عصبی عمیق، توانایی کشف الگوهای ناشناخته در داده‌ها را دارند و می‌توانند به گسترش نظریه‌های ریاضی کمک کنند. سیستم‌هایی مانند آلفا تنسور^۴ توانسته‌اند قضایای پیچیده را اثبات کرده و حتی الگوریتم‌های جدیدی را کشف کنند که این دستاوردها به‌طور مستقیم در پیشرفت دانش ریاضی مؤثر بوده‌اند.

علاوه بر این، ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی مانند سیستم‌های اثبات قضایا و محاسبات سمبولیک، ریاضیدانان را قادر ساخته‌اند که سرعت و دقت تحقیقات خود را افزایش دهند. این همزیستی مؤثر میان ریاضیات و هوش مصنوعی، نه تنها به پیشرفت‌های علمی در هر دو حوزه منجر شده است، بلکه چشم‌انداز حل مسائل پیچیده‌تر و ایجاد فناوری‌های نوین را در آینده فراهم می‌کند.

مفاهیم پایه‌ای ریاضی در هوش مصنوعی

ریاضیات به‌عنوان زیربنای اساسی هوش مصنوعی، مجموعه‌ای از ابزارها و مفاهیم را فراهم آورده است که امکان مدل‌سازی، تحلیل، و حل مسائل پیچیده را میسر می‌کند. این مفاهیم، چارچوبی نظری برای توسعه الگوریتم‌ها و بهبود عملکرد مدل‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق ارائه می‌دهند. در این بخش، نقش کلیدی بعضی از مفاهیم ریاضیات و کاربردهای آنها را در هوش مصنوعی بررسی می‌شود [۱۱، ۱۵]. شکل ۱ شاخه‌های مختلف ریاضیات و کاربرد آنها در هوش مصنوعی را نشان می‌دهد.

در تحلیل و تولید زبان انسانی ارتقا داده است، که کاربردهای گسترده‌ای در ترجمه، تولید محتوا، و تحلیل متن دارد. در صنعت حمل‌ونقل، خودروهای خودران با بهره‌گیری از پردازش بلادرنگ داده‌های هوش مصنوعی، تجربه‌ای ایمن‌تر و کارآمدتر از سفر را به ارمغان آورده‌اند.

در حوزه پزشکی، هوش مصنوعی به ابزار مهمی در تشخیص و درمان تبدیل شده است. از شناسایی دقیق سرطان در رادیولوژی گرفته تا کمک در جراحی‌های پیچیده، این فناوری انقلابی در بهبود مراقبت‌های بهداشتی ایجاد کرده است. در ژنومیک نیز، هوش مصنوعی با تجزیه و تحلیل دی‌ان‌ای^۱ و تعیین توالی ژنتیکی، راه را برای درمان‌های شخصی‌سازی شده هموار کرده است [۱۴].

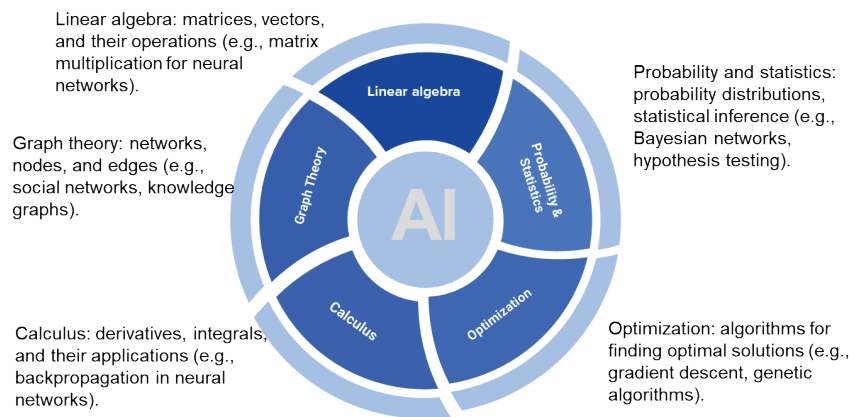
علاوه بر این، هوش مصنوعی بخشی جدایی‌ناپذیر از زندگی روزمره شده است. دستیارهای مجازی مانند سیری^۲ و الکسا^۳، سیستم‌های تشخیص صدا، و الگوریتم‌های پیشنهادی در پلتفرم‌هایی مانند نت‌فلیکس و یوتیوب، تجربه کاربران را به طرز چشمگیری بهبود بخشیده‌اند. این پیشرفت‌ها نشان‌دهنده قدرت و پتانسیل هوش مصنوعی در شکل‌دهی آینده‌ای هوشمندتر است.

رابطه متقابل و سازنده ریاضیات و هوش مصنوعی

ریاضیات پایه و اساس هوش مصنوعی را تشکیل می‌دهد، با ابزارهایی مانند جبر خطی، احتمال، و بهینه‌سازی که برای طراحی و اجرای مدل‌های هوش مصنوعی ضروری هستند [۱، ۲]. در عین حال، هوش مصنوعی نیز به گسترش مرزهای ریاضیات کمک کرده و امکان دستیابی به نتایج جدید در مسائلی که پیشتر غیرقابل حل بودند را فراهم آورده است. در این بخش به بررسی این همزیستی سودمند میان ریاضیات و هوش مصنوعی، تحلیل چالش‌ها و فرصت‌های پیش رو، و برجسته کردن تأثیرات آن بر پیشرفت علم و فناوری است.

ریاضیات به‌عنوان بنیان اساسی و ستون فقرات هوش مصنوعی، نقشی حیاتی در پیشرفت این حوزه داشته است. بسیاری از الگوریتم‌ها و مدل‌های پیشرفته هوش مصنوعی بر پایه اصول ریاضیاتی طراحی و اجرا می‌شوند. جبر خطی، به‌عنوان یکی از ابزارهای کلیدی، در شبکه‌های عصبی مصنوعی برای مدیریت ماتریس‌ها و بردارها در عملیات لایه‌های مختلف کاربرد گسترده‌ای دارد. مفاهیم احتمال و

1. DNA
2. Siri
3. Alexa
4. AlphaTensor



شکل ۱: شاخه‌های مختلف ریاضیات و کاربرد آنها در هوش مصنوعی

احتمال و آمار: پایه‌ای برای مدل‌سازی عدم قطعیت

احتمال و آمار از مفاهیم کلیدی در هوش مصنوعی هستند که برای مدل‌سازی عدم قطعیت و تحلیل داده‌ها استفاده می‌شوند. در یادگیری ماشین، این مفاهیم نه تنها برای آموزش مدل‌ها، بلکه برای ارزیابی عملکرد آن‌ها نیز کاربرد دارند [۵].

توزیع‌های احتمالی ابزاری حیاتی برای مدل‌سازی رفتار داده‌ها هستند. یکی از توزیع‌های پرکاربرد، توزیع گاوسی (نرمال) است که برای مدل‌سازی بسیاری از پدیده‌های طبیعی و جمع‌آوری داده‌ها به کار می‌رود. برای مثال، در یادگیری ماشین، فرض نرمال بودن خطاها معمولاً در تحلیل مدل‌ها و بهینه‌سازی پارامترها لحاظ می‌شود.

توزیع‌هایی مانند دوجمله‌ای و پواسون برای داده‌های گسسته و توزیع‌های نمایی و گاوسی برای داده‌های پیوسته استفاده می‌شوند. این توزیع‌ها، پایه‌ای برای طراحی و تحلیل مدل‌های آماری مانند رگرسیون خطی و لجستیک فراهم می‌کنند. مدل‌های گرافیکی احتمالاتی ابزاری قدرتمند برای نمایش و تحلیل روابط علت و معلولی بین متغیرها هستند.

شبکه‌های بیزی امکان مدل‌سازی ساختارهای پیچیده را با استفاده از گراف‌های جهت‌دار فراهم می‌کنند. به عنوان مثال، در تشخیص پزشکی، شبکه‌های بیزی می‌توانند روابط میان علائم و بیماری‌ها را مدل‌سازی کرده، به تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر عدم قطعیت کمک کنند.

زنجیره‌های مارکوف^۴ و مدل‌های مخفی مارکوف^۵ برای پیش‌بینی داده‌های سری‌زمانی، مانند پیش‌بینی بازار سهام یا تشخیص گفتار، کاربرد دارند [۵].

جبر خطی: ستون فقرات پردازش داده‌ها در هوش مصنوعی

جبر خطی یکی از شاخه‌های اساسی ریاضیات است که در تحلیل داده‌های چندبعدی و عملیات محاسباتی هوش مصنوعی نقش محوری دارد. ابزارهای این حوزه، اساس بسیاری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی را تشکیل می‌دهند [۴].

ساختارهای بنیادین داده‌ها در بسیاری از مسائل هوش مصنوعی، داده‌ها به صورت ماتریس‌ها و بردارها نمایش داده می‌شوند. به عنوان مثال، تصاویر دیجیتال به عنوان ماتریس‌هایی از پیکسل‌ها با مقادیر عددی ذخیره می‌شوند، در حالی که متن‌ها در مدل‌های زبانی به بردارهای تعبیه^۱ تبدیل می‌شوند. انتقال داده‌ها در لایه‌های مختلف شبکه‌های عصبی از طریق ضرب ماتریسی بین وزن‌ها و بردارهای ورودی انجام می‌شود. این عملیات، اساس فرایند پیش‌بینی و به‌روزرسانی وزن‌ها در طول آموزش است.

تحلیل ویژگی‌های ماتریسی، ابزاری مؤثر برای کاهش پیچیدگی داده‌ها و تمرکز بر ابعاد مهم‌تر است. تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۲ از مقادیر ویژه و بردارهای ویژه برای کاهش ابعاد داده‌ها و حذف نویز استفاده می‌کند، که به بهبود کارایی الگوریتم‌های یادگیری کمک می‌کند. فشرده‌سازی تصاویر و داده‌های صوتی از طریق روش‌هایی مانند تجزیه مقادیر منفرد^۳ بهینه می‌شود.

اندازه‌گیری فاصله، شباهت یا تفاوت بین داده‌ها، جزء حیاتی بسیاری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین است. نرم‌های L_1 و L_2 برای اندازه‌گیری فاصله بین داده‌ها استفاده می‌شوند، به‌ویژه در الگوریتم‌های دسته‌بندی. فاصله کسینوسی و فاصله اقلیدسی از معیارهای متداول برای خوشه‌بندی و تشخیص الگوها هستند.

1. Embedding Vectors
2. Principal Component Analysis (PCA)
3. Singular Value Decomposition

4. Markov chains
5. Hidden Markov Models (HMMs)

گرایان، نرخ تغییرات یک تابع نسبت به متغیرهای ورودی اش را مشخص می کند. در الگوریتم های یادگیری مانند گرایان نزولی، از مشتقات برای یافتن نقاط بهینه (کمینه یا بیشینه) استفاده می شود. در یادگیری شبکه های عصبی، تکنیک پس انتشار خطا^۵ بر پایه دیفرانسیل گیری از تابع هزینه طراحی شده است. این فرآیند به شبکه کمک می کند تا وزن ها را به گونه ای به روزرسانی کند که خطای کلی کاهش یابد.

انتگرال گیری از توابع توزیع احتمال، احتمال رویدادهای خاص را محاسبه می کند. به عنوان مثال، در مدل های بیزی، انتگرال گیری برای محاسبه توزیع پسین^۶ ضروری است. انتگرال ها در مدل سازی و پیش بینی مقادیر ناشناخته، مانند محاسبه مساحت زیر منحنی مشخصه عملکرد^۷ نقش اساسی دارند.

حساب دیفرانسیل و انتگرال امکان مدل سازی سیستم های پویا را فراهم می کند. به عنوان مثال، در یادگیری تقویتی، فرایندهای تصمیم گیری با استفاده از معادلات دیفرانسیل برای بهینه سازی پاداش در طول زمان مدل سازی می شوند.

بهینه سازی

بهینه سازی یکی از مهم ترین شاخه های ریاضیات کاربردی در یادگیری ماشین و هوش مصنوعی است که هدف آن یافتن بهترین مقادیر برای پارامترهای مدل ها یا بهترین راه حل ها برای مسائل پیچیده است. این فرآیند به توسعه سیستم های کارآمد و دقیق کمک می کند و در مدل سازی بسیاری از فرایندهای طبیعی و انسانی نقش کلیدی دارد [۷].

گرایان نزولی^۸ یکی از پرکاربردترین روش ها در یادگیری ماشین است که برای کمینه کردن خطای مدل ها به کار می رود. این الگوریتم با محاسبه گرایان تابع هزینه نسبت به پارامترها، جهت حرکت به سمت مقدار بهینه را تعیین می کند. نسخه های مختلف این الگوریتم شامل گرایان نزولی دسته ای، تصادفی، و مینی دسته ای، هر کدام برای کاربردهای خاص و بهبود عملکرد طراحی شده اند.

نسخه دیگر این روش گرایان نزولی تصادفی^۹ در هر گام تنها یک نمونه را به کار می برد و سرعت به روزرسانی را افزایش می دهد. در نهایت گرایان نزولی مینی دسته ای^{۱۰}، ترکیبی از دو روش قبلی است که با استفاده از دسته های کوچک داده ها، تعادل خوبی بین کارایی و دقت ایجاد می کند.

استنباط آماری شامل فرآیندهایی است که به تحلیل داده های مشاهده شده و استخراج دانش از داده ها کمک می کنند. آزمون فرضیه یک روش برای ارزیابی صحت فرضیه های آماری استفاده می شود. به عنوان مثال، آزمون فرضیه می تواند به بررسی تأثیر ویژگی های خاص در مدل یادگیری ماشین کمک کند. برآورد حداکثر درست نمایی و روش بیزی، دو تکنیک رایج برای تخمین پارامترهای مدل های آماری هستند.

نظریه گراف: ابزار تحلیل شبکه ها و روابط پیچیده

نظریه گراف یکی دیگر از ستون های اصلی هوش مصنوعی است که به طور گسترده برای مدل سازی و تحلیل روابط پیچیده استفاده می شود. گراف ها امکان نمایش داده ها به صورت گره ها (اشیاء) و یال ها (روابط بین اشیاء) را فراهم می کنند [۶].

گراف ها ابزار قدرتمندی برای نمایش شبکه ها و روابط پیچیده هستند. در تحلیل شبکه های اجتماعی، کاربران به عنوان گره ها و روابط میان آن ها (مانند دوستی یا دنبال کردن) به عنوان یال ها مدل سازی می شوند.

در سیستم های هوش مصنوعی مانند موتورهای جستجو، گراف های دانش^۱ اطلاعات را به صورت روابط معنایی میان اشیاء ذخیره می کنند. این ساختارها در جستجوی معنایی و پاسخ گویی به سوالات پیچیده نقش اساسی دارند.

الگوریتم های تحلیل گراف ابزارهایی کلیدی برای استخراج اطلاعات و تحلیل شبکه ها هستند. الگوریتم های جستجوی عمق-اول^۲ و جستجوی عرض-اول^۳ برای یافتن مسیرها و گره های مرتبط در گراف به کار می روند. الگوریتم دایجسترا و الگوریتم های جریان بیشینه برای یافتن مسیرهای بهینه یا تحلیل جریان اطلاعات در شبکه ها استفاده می شوند.

به طور خلاصه نظریه گراف در حوزه های مختلف هوش مصنوعی مانند تحلیل شبکه های اجتماعی، طراحی ساختارهای شبکه های عصبی گرافی^۴ و همچنین تحلیل داده های پیچیده با ساختارهای گرافی کاربرد دارد.

حساب دیفرانسیل و انتگرال: مدل سازی تغییرات و بهینه سازی

حساب دیفرانسیل و انتگرال نقش محوری در مدل سازی تغییرات پویا و بهینه سازی در هوش مصنوعی دارد. این شاخه از ریاضیات، ابزارهایی برای تحلیل دقیق تغییرات در داده ها و سیستم ها ارائه می دهد.

1. Knowledge Graphs
2. Depth First Search (DFS)
3. Breath First Search (BFS)
4. Graph Neural Network
5. Backpropagation

6. Posterior
7. Receiver Operating Characteristic (ROC)
8. Gradient Descent
9. Stochastic Gradient Descent
10. Mini-Batch Gradient Descent

حل مسائل پیچیده ریاضی است. این فناوری، با خودکارسازی محاسبات سنگین، ارائه استراتژی‌های نوین، و تسهیل کشف الگوهای پنهان، افق‌های جدیدی را در دنیای ریاضیات گشوده است. در این بخش، تأثیرات عمیق هوش مصنوعی بر پیشرفت ریاضیات، از حل معادلات پیچیده تا کشف ساختارهای هندسی جدید، مورد بررسی قرار می‌گیرد [۹، ۱۰].

حل معادلات دیفرانسیل پیچیده: سرعت بخشیدن به پیشرفت‌های علمی

معادلات دیفرانسیل، ابزاری اساسی در مدل‌سازی فرآیندهای پویا در علوم مختلف هستند. با وجود اهمیت بالای این معادلات، حل دقیق و کارآمد آن‌ها اغلب به دلیل پیچیدگی محاسباتی چالش‌برانگیز است. هوش مصنوعی با ارائه روش‌های نوآورانه، این چالش را برطرف کرده است.

هوش مصنوعی توانسته است معادلات دیفرانسیل جزئی را که در مدل‌سازی دینامیک سیالات و مکانیک کوانتومی به کار می‌روند، با سرعت و دقت بیشتری حل کند. این پیشرفت‌ها، امکان شبیه‌سازی دقیق‌تر فرآیندهای فیزیکی را فراهم کرده‌اند.

کاربرد هوش مصنوعی در حل معادلات دیفرانسیل مربوط به سیستم‌های زیستی، مانند دینامیک جمعیت و انتشار بیماری‌ها، انقلابی در درک و پیش‌بینی رفتار سیستم‌های پیچیده زیستی ایجاد کرده است.

حل مسائل ترکیبیاتی و بهینه‌سازی: باز کردن گره‌های پیچیده ریاضی

مسائل ترکیبیاتی و بهینه‌سازی، به دلیل فضای جستجوی وسیع و پیچیدگی بالا، از چالش‌های عمده در ریاضیات کاربردی محسوب می‌شوند. هوش مصنوعی با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته، راه‌حل‌هایی کارآمد برای این مسائل ارائه داده است.

یکی از مثال‌های برجسته، حل مسئله فروشنده دوره‌گرد است. هوش مصنوعی با بهینه‌سازی مسیرها، کارایی سیستم‌های تحویل و حمل‌ونقل را به‌طور چشمگیری افزایش داده است. الگوریتم‌های هوش مصنوعی در زمان‌بندی و تخصیص منابع در صنایع مختلف کاربرد دارند و راه‌حل‌های بهینه‌ای برای استفاده کارآمد از منابع ارائه می‌دهند.

هوش مصنوعی در اثبات قضایا: تغییر بنیادین روش‌های اثبات ریاضی

هوش مصنوعی به‌طور فزاینده‌ای در اثبات رسمی قضایا نقش ایفا می‌کند. ابزارهای پیشرفته با استفاده از استدلال نمادین، مراحل

الگوریتم ژنتیک یک روش الهام‌گرفته از تکامل زیستی است که در بهینه‌سازی مسائل غیرخطی و پیچیده بسیار مؤثر است. این الگوریتم از اصول طبیعی مانند انتخاب، تقاطع، و جهش برای پیدا کردن راه‌حل‌های بهینه استفاده می‌کند [۸].

در پدیده انتخاب، افراد یا راه‌حل‌هایی که عملکرد بهتری دارند، برای تولید نسل بعدی انتخاب می‌شوند.

در فرایند آمیزش (تلاقی)، دو والد با در هم آمیختن و تبادل اطلاعات ژنتیکی فرزندان جدیدی (نوترکیب) تولید می‌کنند که ترکیبی از ویژگی‌های والدین هستند.

در فرایند جهش، طی تغییرات تصادفی که در برخی ویژگی‌ها ایجاد می‌شود تنوع در میان افراد جمعیت حفظ شده و از گیر افتادن الگوریتم در بهینه محلی جلوگیری شود. الگوریتم ژنتیک به‌ویژه در مسائل چندهدفه و بهینه‌سازی‌هایی که نیاز به جستجوی گسترده در فضای پاسخ دارند، کارآمد است.

در مسائل محدب، تابع هدف یک مینیمم جهانی دارد و هر نقطه بحرانی می‌تواند به‌عنوان پاسخ نهایی پذیرفته شود. این ویژگی مسائل محدب را برای بسیاری از کاربردهای عملی، از جمله رگرسیون خطی، قابل اعتماد و پایدار می‌کند. از سوی دیگر مسائل غیرمحدب در سیستم‌های پیچیده مانند شبکه‌های عصبی عمیق مشاهده می‌شوند. برای حل این مسائل از الگوریتم‌های پیشرفته‌ای مانند «گرادیان نزولی با مومنتوم» یا «بهینه‌ساز آدام» استفاده می‌شود که کمک می‌کنند از موانع بهینه محلی عبور کرده و به پاسخ‌های بهتر دست یابیم.

بهینه‌سازی یک رکن اساسی در یادگیری ماشین است و نقش کلیدی در بهبود عملکرد و کارایی مدل‌های هوش مصنوعی ایفا می‌کند. الگوریتم‌های بهینه‌سازی با تنظیم دقیق پارامترها، دقت پیش‌بینی مدل‌ها را افزایش داده، خطاها را به حداقل می‌رسانند. در واقع، بدون بهینه‌سازی، بسیاری از مدل‌های یادگیری ماشین قادر به یادگیری مؤثر از داده‌ها نخواهند بود.

علاوه بر این، بهینه‌سازی به پژوهشگران اجازه می‌دهد تا مسائل پیچیده و چندبعدی را حل کنند. الگوریتم‌های پیشرفته بهینه‌سازی امکان مدیریت داده‌های حجیم، یافتن الگوهای پنهان، و طراحی سیستم‌های هوشمند پیچیده را فراهم می‌کنند. به‌کارگیری روش‌های بهینه‌سازی نوآورانه در تحقیق و توسعه، نه تنها عملکرد سیستم‌ها را بهبود می‌بخشد، بلکه در دستیابی به پیشرفت‌های علمی و فناوری نقش محوری دارد.

نقش هوش مصنوعی در پیشرفت ریاضیات

هوش مصنوعی به‌طور قابل‌توجهی در حال تغییر روش‌های

منیفلدهای اینشتین که در نسبیت عام و نظریه ریسمان کاربرد دارند، با کمک هوش مصنوعی به گونه‌های جدیدی کشف شده‌اند و برای حل مسائل فیزیک در ابعاد بالاتر مورد بررسی قرار گرفته‌اند. به طور کلی هوش مصنوعی، ابزاری قدرتمند برای پیشرفت ریاضیات است که روش‌های سنتی را تکمیل کرده و امکان حل مسائل پیچیده، کشف الگوهای جدید، و تحلیل داده‌های گسترده را فراهم آورده است. این فناوری نوآورانه، چشم‌انداز جدیدی را برای تحقیقات ریاضی گشوده و به ریاضی‌دانان کمک می‌کند تا با بهره‌گیری از قابلیت‌های آن، مرزهای دانش بشری را گسترش دهند.

مسیر آینده همکاری میان هوش مصنوعی و ریاضیات: فرصت‌ها و چالش‌ها

همکاری میان هوش مصنوعی و ریاضیات در سال‌های اخیر به یکی از مهم‌ترین عوامل پیشرفت‌های علمی تبدیل شده است. این دو حوزه در کنار هم می‌توانند مسائل پیچیده را حل کنند، نظریه‌های جدیدی ایجاد کنند، و کاربردهای نوآورانه‌ای در صنایع مختلف ارائه دهند. اما این مسیر در کنار فرصت‌ها، چالش‌های متعددی را نیز به همراه دارد که نیازمند بررسی و مدیریت دقیق است.

فرصت‌های پیش رو

حل مسائل دشوار علمی: پیشرفت‌های هوش مصنوعی، به‌ویژه در یادگیری عمیق و استدلال نمادین، به حل مسائل علمی و ریاضیاتی کمک کرده است که پیش‌تر برای دهه‌ها غیرقابل حل بودند. این توانایی شامل تحلیل داده‌های پیچیده، کشف الگوهای پنهان در نظریه اعداد، و یافتن ساختارهای هندسی جدید در فضاها و چندبعدی است.

استدلال خودکار و تقویت اثبات‌ها: هوش مصنوعی می‌تواند مراحل پیچیده اثبات‌های ریاضی را خودکار کرده، امکان بررسی سریع‌تر و دقیق‌تر آن‌ها را فراهم کند. ابزارهای جدید در این حوزه می‌توانند ریاضیدانان را در تولید نظریه‌های نوآورانه یاری دهند.

کاربردهای صنعتی و علمی گسترده: در حوزه بهداشت، مدل‌های ریاضی ترکیب‌شده با هوش مصنوعی به بهبود تشخیص بیماری‌ها و طراحی داروهای جدید کمک کرده‌اند. در مدل‌سازی آب‌وهوا و تغییرات اقلیمی، ترکیب هوش مصنوعی و مدل‌های ریاضی باعث بهبود پیش‌بینی‌ها و مدیریت بحران‌های زیست‌محیطی شده است. در علوم مالی، این همکاری به طراحی الگوریتم‌های پیشرفته برای مدیریت ریسک و پیش‌بینی بازار منجر شده است.

چالش‌ها: محدودیت‌ها و ملاحظات اخلاقی

شفافیت و مسئله «جعبه سیاه»: بسیاری از مدل‌های هوش

پیچیده اثبات را خودکارسازی کرده و کار ریاضی‌دانان را تسهیل کرده‌اند. ابزارهایی مانند لین^۱ و کاگ^۲ مراحل مختلف اثبات ریاضی را با بررسی منطقی و دقیق هر گام انجام می‌دهند. این فناوری‌ها در اثبات قضایای مشهور مانند قضیه چهار رنگ و حدس کپلر نقش مؤثری داشته‌اند. همکاری شرکت دیپ مایند^۳ با ریاضی‌دانان در زمینه نظریه گره‌ها و نظریه بازنمایی نشان‌دهنده توانایی هوش مصنوعی در ارائه بینش‌های جدید و کشف اثبات‌های خلاقانه است. با خودکارسازی وظایف تکراری، هوش مصنوعی به ریاضی‌دانان اجازه می‌دهد بر جنبه‌های خلاقانه اثبات تمرکز کنند. اثبات‌هایی که با کمک هوش مصنوعی انجام می‌شوند، به‌ویژه در زمینه‌های نوظهور مانند رمزنگاری و محاسبات کوانتومی، راهگشای تحقیقات جدید خواهند بود.

شناسایی الگوهای ریاضی: کشف روابط پنهان در اعداد

هوش مصنوعی توانسته است با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته، الگوهایی را در داده‌های ریاضی کشف کند که روش‌های سنتی قادر به شناسایی آن‌ها نبوده‌اند. در سال ۲۰۲۱، تیمی از ریاضی‌دانان و محققان هوش مصنوعی از این فناوری برای مطالعه فاصله بین اعداد اول استفاده کردند. این تحقیقات منجر به کشف الگوهای پنهانی شد که درک ما از توزیع اعداد اول را گسترش داده است.

تحلیل داده در ریاضیات: پردازش حجم انبوه داده‌ها

یکی دیگر از نقش‌های برجسته هوش مصنوعی، توانایی آن در پردازش و تحلیل مجموعه داده‌های بزرگ است. این قابلیت، امکان کشف ساختارهای جدید و استخراج اطلاعات دقیق‌تر را فراهم می‌کند.

در علوم زیستی، هوش مصنوعی الگوهایی را در توالی‌های دی‌ان‌ای شناسایی کرده است که درک ما از زیست‌شناسی تکاملی و پزشکی را دگرگون کرده است. ابزارهای هوش مصنوعی به شناسایی ساختارهای پیچیده در نظریه گراف، نظریه شبکه، و سیستم‌های پیچیده کمک کرده‌اند. این پیشرفت‌ها، زمینه‌های جدیدی را برای تحقیقات ریاضی باز کرده است.

پیشرفت‌ها در هندسه: کشف ساختارهای جدید و خودکارسازی تحلیل‌ها

هوش مصنوعی به پیشرفت‌های شگرفی در هندسه دست یافته، امکان کشف ساختارهای پیچیده‌تر را فراهم کرده است. الگوریتم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، مانند شبکه‌های عصبی، می‌توانند تقارن‌ها و الگوهای موجود در فضاها و هندسی پیچیده را شناسایی کنند.

دانشمندان حوزه‌های دیگر منجر به ایجاد راه‌حل‌های نوآورانه در حوزه‌های مختلف می‌شود. به عنوان مثال می‌توان موارد زیر را نام برد:

- کشف داروهای جدید از طریق تحلیل ترکیبات شیمیایی.
- مدیریت بحران‌های زیست‌محیطی با ترکیب مدل‌های ریاضی و قدرت پردازشی هوش مصنوعی.
- طراحی سیستم‌های مالی هوشمند و تحلیل پیشرفته داده‌ها.

آینده این حوزه نیازمند متخصصانی است که توانایی درک عمیق ریاضیات و هوش مصنوعی را در کنار مهارت‌های اجرایی و عملیاتی داشته باشند. با استفاده از مبانی ریاضی در طراحی الگوریتم‌های هوش مصنوعی، می‌توان سیستم‌هایی ساخت که نه تنها کارآمدتر، بلکه اخلاقی‌تر و قابل اطمینان‌تر باشند.

به طور کلی همزیستی میان هوش مصنوعی و ریاضیات افق‌های جدیدی را در علم و فناوری گشوده است. این همکاری نه تنها به حل مسائل علمی و صنعتی کمک می‌کند، بلکه با ایجاد استانداردهای اخلاقی و شفافیت بیشتر، اعتماد جامعه را نیز تقویت می‌کند. مسیر پیش رو با چالش‌های عملی و نظری همراه است، اما با تعامل میان‌رشته‌ای و بهره‌گیری از فرصت‌ها، می‌توان آینده‌ای پر از پیشرفت و نوآوری را رقم زد.

مصنوعی، به‌ویژه شبکه‌های عصبی، به دلیل پیچیدگی زیاد، توضیح‌پذیری کافی ندارند. این مسئله در ریاضیات، که اثبات‌ها نیازمند وضوح و شفافیت کامل هستند، چالشی اساسی ایجاد می‌کند.

محدودیت در تعمیم و وابستگی به داده‌ها: هوش مصنوعی برای عملکرد بهینه به داده‌های بزرگ وابسته است. اما در بسیاری از مسائل ریاضیاتی، داده‌های آموزشی کافی در دسترس نیست یا الگوریتم‌ها توانایی تعمیم به مسائل جدید را ندارند.

مسائل اخلاقی و اجتماعی: اتکا بیش از حد به هوش مصنوعی می‌تواند منجر به کاهش اعتماد در جامعه ریاضی شود. همچنین، تضمین بی‌طرفی و کاهش سوگیری در مدل‌ها از جمله مسائلی است که باید به‌طور جدی بررسی شود.

اعتبار/اثبات‌های خودکار: اثبات‌هایی که توسط سیستم‌های هوش مصنوعی تولید می‌شوند، نیازمند ابزارها و رویه‌هایی برای اطمینان از صحت و اعتبار علمی هستند. ایجاد استانداردهای جهانی در این زمینه ضروری است.

چشم‌انداز همکاری میان‌رشته‌ای

همکاری میان ریاضیدانان، متخصصان هوش مصنوعی، و

منابع

۱. رضوی، سیده سارا و محمدپور فیروز آبادی، زهرا و نعیمی، حمید و جمری رسولی زاده، حلیمه، ۱۴۰۳، نقش ریاضیات در توسعه هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، بیست و یکمین کنفرانس ملی مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک
۲. مشایخی مزار، حسین و والی اصلاحی، رمضان، ۱۴۰۱، کاربرد ریاضیات در هوش مصنوعی و نحوه یادگیری آن، هجدهمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات
۳. سمیعی راد، محمدصادق، و شهرکی، ابوالفضل. (۱۴۰۲). هوش مصنوعی در آموزش با تاکید بر ریاضیات. کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های مدیریت، تعلیم و تربیت در آموزش و پرورش.
4. Aggarwal, C. C., Aggarwal, L. F., & Lagerstrom-Fife. (2020). Linear algebra and optimization for machine learning (Vol. 156). Cham: Springer International Publishing.
5. Daphne, K., Nir, F., & Francis, B. (2009). Probabilistic graphical models: principles and techniques. Adaptive Computation and Machine Learning; MIT Press: Cambridge, MA, USA.
6. Riaz, F., & Ali, K. M. (2011, July). Applications of graph theory in computer science. In 2011 third international conference on computational intelligence, communication systems and networks (pp. 142-145). IEEE.
7. Boyd, S., & Vandenberghe, L. (2004). Convex optimization. Cambridge university press.
8. Golberg, D. E. (1989). Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. Addison wesley, 1989(102)36.
9. Duede, E., & Davey, K. (2024). Apriori Knowledge in an Era of Computational Opacity: The Role of AI in Mathematical Discovery. arXiv preprint arXiv:2403.15437.
10. Pastre, D. (1993). Automated theorem proving in mathematics. Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, 8, 425-447.
11. Patil, M., Jadhav, S., Talekar, S., & Bag, V. (2023). The role of mathematics in machine learning. Journal of Data Acquisition and Processing, 3(1), 1062-1073.

12. Jumper, J., Evans, R., Pritzel, A., Green, T., Figurnov, M., Ronneberger, O., ... & Hassabis, D. (2021). Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *nature*, 596(7873), 583-589.
13. Sellwood, M. A., Ahmed, M., Segler, M. H., & Brown, N. (2018). Artificial intelligence in drug discovery. *Future medicinal chemistry*, 10(17), 2025-2028.
14. Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., ... & Wang, Y. (2017). Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and vascular neurology*.
15. Deisenroth, M. P., Faisal, A. A., & Ong, C. S. (2020). *Mathematics for machine learning*. Cambridge University Press.

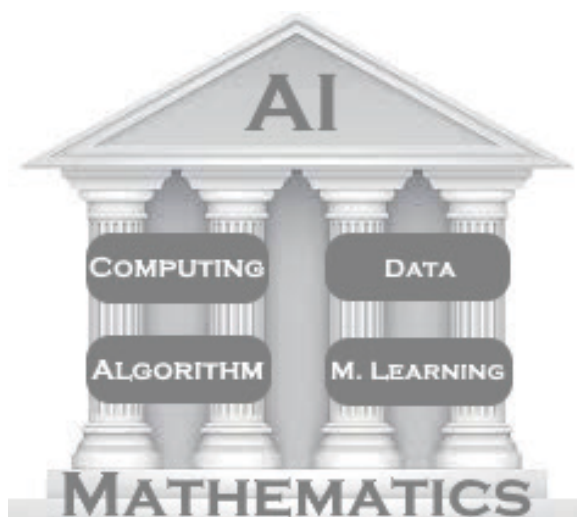
۲- دو سوال از هوش مصنوعی

دو سوال از هوش مصنوعی ChatGPT (به عنوان پیشروترین هوش مصنوعی) پرسیده شد که پاسخ آنها ارائه می‌شود. هدف از این سوالات تعیین تکلیف در خصوص ارتباط بین ریاضی، هوش مصنوعی و تاثیر علوم ریاضی در پیشرفت هوش مصنوعی است.

سوال اول: آیا بخشی از ریاضیات وجود دارد که در رشد هوش مصنوعی تاثیری نداشته باشد؟ یعنی آیا می‌توان یکی از مباحث ریاضی را نام برد که در هیچ قسمتی از الگوریتم‌ها، هوش مصنوعی، و یادگیری ماشین کاربرد نداشته باشد؟

پاسخ [۱] ChatGPT: تقریباً تمام شاخه‌های اصلی ریاضیات در برخی جنبه‌های هوش مصنوعی (AI) و یادگیری ماشین^۲ (ML) تأثیرگذار بوده‌اند. هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به طور گسترده‌ای از مباحث مختلف ریاضی استفاده می‌کنند، از جمله:

- جبر خطی: در پردازش داده‌ها و شبکه‌های عصبی.



شکل ۲: دو مسیر تکوین هوش مصنوعی مبتنی بر علوم ریاضی [۱]

- آمار و احتمال: برای مدلسازی عدم قطعیت و یادگیری.
- آنالیز ریاضی و حساب دیفرانسیل و انتگرال: در بهینه‌سازی و یادگیری تدریجی.
- نظریه اطلاعات: در فشرده‌سازی داده و تفسیر نتایج.
- هندسه و توپولوژی: در تفسیر داده‌های پیچیده و یادگیری هندسی.

شاید بتوان گفت شاخه‌هایی از ریاضیات که بسیار تخصصی، و کاربردی محدودتر دارند ممکن است در برخی از حوزه‌های AI و ML کمتر استفاده شوند. برای مثال، مباحثی مانند نظریه اعداد محض، که بیشتر در رمزنگاری و دیگر زمینه‌های بسیار خاص کاربرد دارد، تاکنون تأثیر مستقیمی در الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین نداشته است. با این حال، حتی این نوع از مباحث نیز ممکن است در آینده یا در پروژه‌های خاص کاربرد پیدا کنند. به طور کلی، به دلیل گستردگی هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، نمی‌توان به طور قطعی گفت که بخشی از ریاضیات به هیچ وجه در آن کاربرد ندارد.

پاسخ [۱] ChatGPT: سؤال بسیار جالبی است! اگر تمام اجزا و توانایی‌های ریاضی را از هوش مصنوعی حذف کنیم، به سختی می‌توان گفت که سیستم هوش مصنوعی کار خواهد کرد. در واقع، ریاضیات زیرساخت اصلی برای تمام الگوریتم‌ها و فرآیندهای یادگیری هوش مصنوعی است. بیایید این موضوع را از چند زاویه بررسی کنیم:

اگر ریاضیات را کاملاً از هوش مصنوعی حذف کنیم، به معنای حذف شالوده آن است. حتی ساده‌ترین سیستم‌های هوش مصنوعی، مانند

سوال دوم: ممنونم. پس می‌توان گفت که تمام اجزا ریاضی در هوش مصنوعی کاربرد دارند و این کاربردها به مرور بیشتر هم خواهد شد. حالا سوالم را برعکس می‌پرسم. آیا در هوش مصنوعی موضوعی هست که بدون ریاضی کار کند؟ منظور من گرافیک و ارتباطات با انسان‌ها از نظر تعامل فیزیکی و با موارد حقوقی و اخلاقی نیست. منظور من هوشمندی سیستم‌هاست. منظور من این است که اگر تمام اجزا و توانایی‌های ریاضی را از هوش مصنوعی بگیریم آیا همچنان می‌توان گفت که هوش مصنوعی داریم؟

سیستم‌های مبتنی بر قوانین (rule-based systems) که ممکن است به صورت ظاهری به ریاضیات وابسته نباشند، همچنان برای پردازش داده‌ها و تصمیم‌گیری به نوعی از عملیات ریاضیاتی استفاده می‌کنند.

پاسخ‌های هوش مصنوعی با پاسخ‌های نویسنده و اغلب پژوهشگران یکی است و در واقع می‌توان موضوع ارتباط بین ریاضی و هوش مصنوعی را تمام شده دید. این کاربرد در هر دو مسیر توسعه هوش مصنوعی (مسیر الگوریتمی و مسیر یادگیری عمیق) صادق است. شکل‌های ۲ و ۳ این ارتباط را نشان می‌دهند.



شکل ۳: ریاضی شالوده هوش مصنوعی [۱]

بنابراین از این پس هدف، اثبات تاثیر ریاضی در هوش مصنوعی نیست و به جای آن، مسائل دقیق در هوش مصنوعی را مطرح و به کمک ریاضی حل می‌کنیم. ضمناً باید یادآوری شود که در این بحث منظور ما از هوش مصنوعی موضوعات حاشیه‌ای آن نیست. منظور ما این نیست که اخلاق در عصر هوش مصنوعی در کجا قرار می‌گیرد. اینکه آیا باید از هوش مصنوعی یا رشد آن ترسید و یا خیر؟ آیا هوش مصنوعی باهوش‌تر از انسان خواهد شد و بر انسان مسلط خواهد شد؟ در این مقاله موضوع اصلی این نیست که حریم خصوصی در اکوسیستم دیجیتال در چه وضعی قرار خواهد داشت. در این ارائه، صرفاً هسته علمی هوش مصنوعی مد نظر است و از این موضوعات حاشیه‌ای (شکل ۴) عبور می‌کنیم.



شکل ۴: حواشی هوش مصنوعی

۳- کلیدی‌ترین بخش ریاضی

مصنوعی وارد دنیای ریاضی و سپس حل می‌شوند. مدل‌سازی ریاضی این ویژگی را دارد و در واقع پل بین دو دنیای واقعی و هوش مصنوعی است (شکل ۵). مدل‌سازی ریاضی فرایندی است که بتوان با استفاده از آن، رفتارهای طبیعی، اجتماعی، فرهنگی، ... را به زبان ریاضی بیان کرد. مدل‌سازی پلی ازدنیای کیفی به اکوسیستم کمی و توصیف یک سیستم با استفاده از ریاضی است

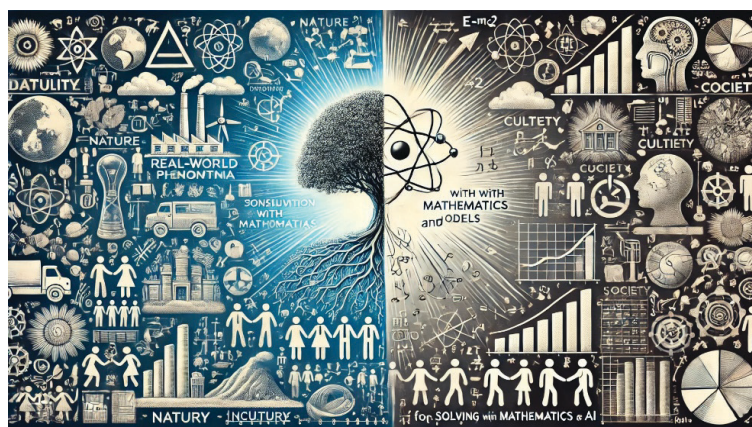
اما کلیدی‌ترین بخش علوم ریاضی در این رابطه چیست؟ مشخص است که بخش‌هایی از ریاضی مانند منطق، حسابان، جبرخطی، گراف، هندسه و موضوعات دیگر تاثیرات مستقیم و زیادی در هوش مصنوعی دارند. اما هدف، مقایسه آنها باهم نیست. هدف از این بخش، معرفی قسمتی از ریاضی است که رابط بین دو دنیای دیجیتال و واقعی است و با کمک آن است که مسائل دنیای هوش

که منجر به بیان و حل مسائل مربوط به آن سیستم می‌شود.

در این میان برخی مدل‌سازی‌ها ساده و گاهی بسیار سخت است. هنگامی که حرکت خطی یک شی متحرک در فیزیک با داشتن تمام جزئیات مطرح است ممکن است مدل‌سازی و حل آن ساده باشد. اما قطعا مدل‌سازی مفاهیمی مانند عدالت، خواب‌آلودگی، شرافت، مستی، افسردگی، تعادل و خیلی موضوعات دیگر کار سختی است. این دنیا، هنوز کاستی‌های زیادی دارد که صرفا به دست علوم ریاضی و داده‌های متنوع و فراوان قابل کنترل و حل در دنیای هوش مصنوعی هستند (شکل ۶).



شکل ۵: حواشی هوش مصنوعی



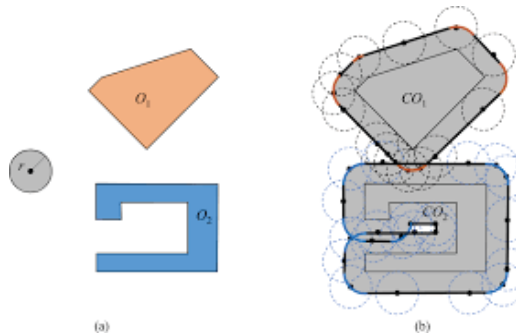
شکل ۶: حواشی هوش مصنوعی

۴- مثال‌هایی از هندسه و ربات

از هر کس که اندکی در حوزه هوش مصنوعی کار کرده است می‌توان در مورد کاربرد ماتریس در هوش مصنوعی پرسید. این مفاهیم چنان فراگیر هستند که در همه جا به چشم می‌خورند. اما در این بخش می‌خواهیم موضوعاتی کمتر شنیده شده را به مسائل دنیای دیجیتال مرتبط ساخته، حرف‌های جدیدتری بزنیم. این کار را با ارائه مثال انجام خواهیم داد.

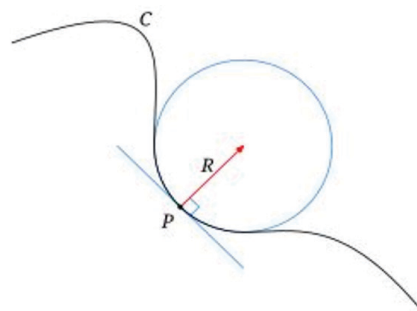
لمس و برق گرفتگی [۲]: در موضوع حرکت ربات، دو حالت متفاوت رخ می‌دهد که در آن ربات اجازه برخورد با موانع را دارد

و یا ندارد. محیط حرکت ربات ممکن است طوری باشد که ربات اجازه داشته باشد به برخی از موانع (مانند دیوار، چهارچوب در، ...) برخورد کند و به مسیر خود ادامه دهد ولی اجازه کوچک‌ترین برخوردی به برخی از موانع دیگر مانند موانع با خطر برق گرفتگی یا سوختگی را نداشته باشد. این مساله با تعریف مجموعه باز و بسته برای موانع قابل حل است. در موانع با عدم اجازه برخورد، تمام نقاط حدی موانع (دقیقا طبق تعریف ریاضی) عضو خود مانع هستند و امکان لمس موانع وجود ندارد ولی برای موانع مجاز، نقاط حدی آنها عضو مانع نیستند و می‌توان با لمس آنها همچنان این برداشت را داشت که ربات وارد مانع نشده است (شکل ۷).



شکل ۷: کاربرد نقاط حدی، مجموعه‌های باز و بسته در حرکت ربات

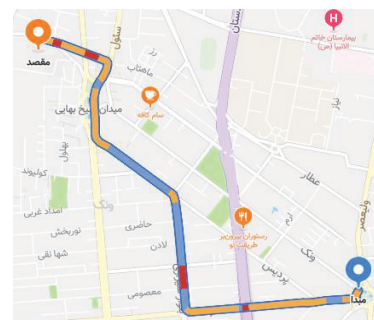
موقعیت یک جسم متحرک در بازه‌های خاصی از زمان، نوع وسیله نقلیه‌ای (پایاده، دوچرخه، تاکسی، قطار، هواپیما، ...) را که آن موجود در هر لحظه از آن استفاده می‌کند تشخیص داد. با دایره بوسان (در کنار سایر ویژگی‌ها) و استفاده از خم نمودار در بستر زمان می‌توان به جزئیات بیشتری از شیئی متحرک رسید (شکل ۸).



شکل ۸: محاسبه انحنا و کاربرد در تشخیص وسیله نقلیه

از رفتارها و محل گذرها در زمان‌های خاص می‌توان به طول مدت ماندگاری در یک محوطه پی برد و با تکرار رفتارها و مقایسه روی نقشه محیط، به پاتوق افراد پی برد و متناسب با آنها پیشنهاداتی به هر کس داد (شکل ۹).

تشخیص وسیله نقلیه: بارها از تشخیص های هوش مصنوعی متعجب شدیم و شاید هم این اقدام را کاری ساده پنداشته، از کنار پیچیدگی‌های آن به سادگی گذشته‌ایم. یک مساله دیگر که با مدل سازی ریاضی می‌توان آن را به ریاضی سپرد و با حل آن به شگفتی‌های هوش مصنوعی افزود این است که فقط با دریافت



پاتوق [۳]: اصطلاح رایجی در دنیای ربات و نیز وسائل نقلیه و شرکت‌های تاکسیرانی مانند اوبر، اسنپ، کریم و تپسی است که به آن نقاط دلخواه یا Point of Interest گفته می‌شود. من ترجیح می‌دهم در این نوشته آنها را پاتوق نام گذاری کنم. با مجموعه داده

File	Edit	Format	View	Help
4152.1419	08740.9633	10:03:26	219.973873	359.004683
4152.1433	08740.9572	10:03:27	219.979105	359.006333
4152.1431	08740.9580	10:03:28	219.978419	359.006097
4152.1437	08740.9595	10:03:29	219.977124	359.006778
4152.1445	08740.9612	10:03:30	219.975656	359.007687
4152.1453	08740.9630	10:03:31	219.974104	359.008505

شکل ۹: استفاده از داده‌های اسنپ یا ... در تشخیص پاتوق

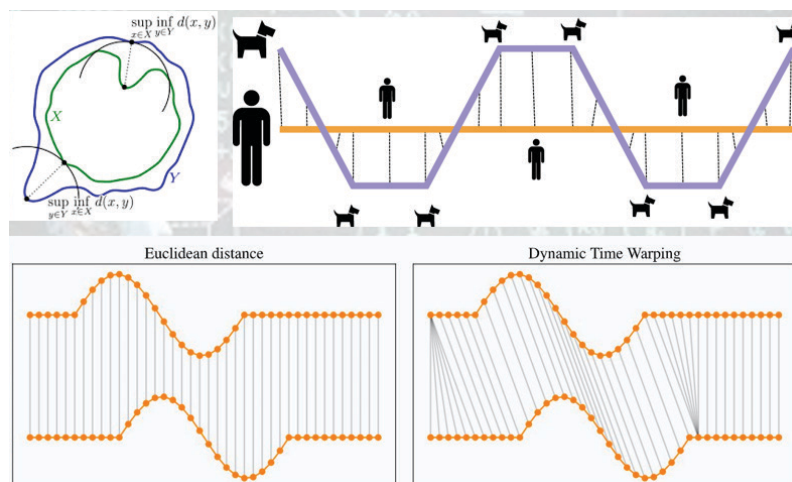
مقایسه دو امضا یا دستخط است که البته موجودیتی مانند زمان را نیز در داده‌های خود دارد و کار را سخت‌تر می‌کند. پس از انتقال این کاربرد جالب هوش مصنوعی به دنیای ریاضی و با استفاده از مفهومی به نام متریک می‌توان مساله را حل کرد و با انتقال مجدد به داخل نرم‌افزارها پیشنهادات هوشمندانه به افراد داد. علاقمندان

رفتارهای مشابه خط سیر [۴]: مشابه با مساله قبل، در کاربردهایی همچون Car Sharing (استفاده مشترک از اتومبیل توسط چند نفر به منظور صرفه جویی و ...) مساله‌ای را می‌توان با هوش مصنوعی حل کرد و پیشنهادات عالی به افراد داد که از مقایسه مسیرها به دست می‌آید (شکل ۱۰). این مقایسه‌ها شبیه

می‌توانند مترهای هاسدورف^۱، فرشه^۲، DTW^۳ و غیره (شکل ۱۱) را جستجو کرده و با نحوه کار آنها آشنا شوند.



شکل ۱۰: تشخیص مسیرهای مشابه و سیستم‌های توصیه‌گری که پیشنهادات خوب می‌دهند



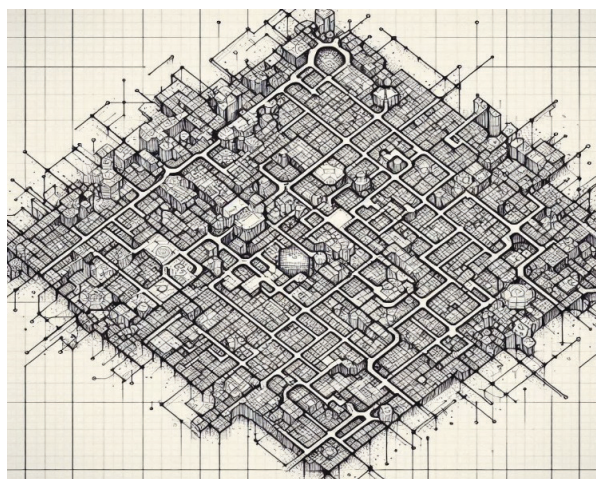
شکل ۱۱: چند نمونه متر برای اندازه‌گیری شباهت و اختلاف

این کار برای ربات گمشده (Kidnapped Robot) بسیار سخت و وقت‌گیر است، اما اگر ربات در ابتدای کار موقعیت خود را بشناسد و با کالیبره کردن موقعیت خود در بازه‌های زمانی کوتاه می‌تواند مشکل خود را حل کند. پس از انتقال مساله به دنیای ریاضی، مقایسه زنجیره‌ها و چند ضلعی‌های ساده در کمترین زمان ممکن این امکان را به ربات می‌دهد (شکل ۱۳). فراموش نکنیم که این مساله نیز پیچیدگی‌های خود را (مانند اندازه و مقیاس، چرخش شکل، موانع متحرک و مزاحم ...) را دارد اما همگی این مشکلات قابل حل هستند و علوم ریاضی و دیدگاه الگوریتمی، پس از حل مساله در هر چند ثانیه می‌تواند محل دقیق ربات را به او یادآوری کند. این گونه است که می‌توانیم در خصوص خطای داده‌ها، لغزش چرخ ربات و سایر خطاها نباشیم و جلو انباشتگی خطا در تعیین موقعیت ربات را بگیریم.

من کجا هستم [۵]: در فضای آزاد که می‌توان از GPS^۴ استفاده کرد، کار اتومبیل‌های خودران و یا ربات‌ها در خصوص موقعیت‌یابی و حتی تشخیص ژست (موقعیت و جهت) سخت نیست. اگر چه در همان حالات نیز دقت تشخیص در برخی کاربردها بسیار حساسیت دارد و استفاده از GPS تنها ابزار و کافی نیست. اما در محیط‌های بسته ربات چگونه موقعیت خود را تشخیص می‌دهد؟ او نقشه‌ای از محیط خود (مثلا یک فروشگاه بزرگ) دارد (شکل ۱۲) و به روش‌های مختلف موقعیت‌یابی می‌کند. گاهی این کار با استفاده از نشانه‌ها (Landmark) و یا از طریق تصویربرداری‌های مدام و پردازش تصویر صورت می‌گیرد. در روش‌های ساده‌تر و سریع‌تر با استفاده از سیستم‌های فاصله‌سنج ارزان و سریع، ربات می‌تواند در هر لحظه چندضلعی موانع در اطراف خود را رصد کند و با مقایسه این چند ضلعی با داخل نقشه به موقعیت خود پی ببرد.

1. Hausdorff
2. Fréchet distance

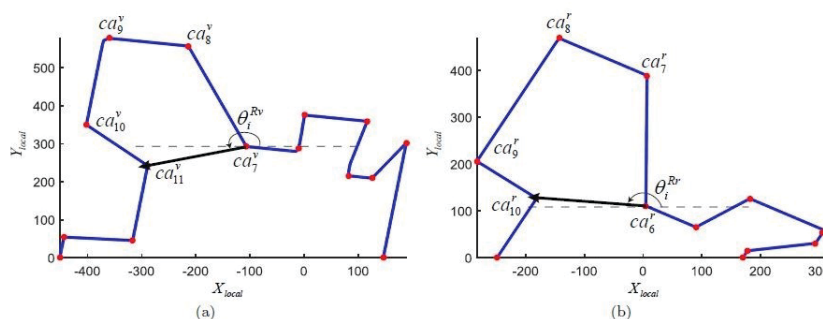
3. Dynamic time warping
4. Global Positioning System



شکل ۱۲: نقشه‌ای از محیط بسته که ربات در ذهن خود دارد

۵- نتیجه گیری

در این مقاله، ابتدا به رابطه بین علوم ریاضی و هوش مصنوعی پرداخته و مشخص شد که ریاضی و علوم مرتبط به آن، شالوده هوش مصنوعی است و بدون آنها نمی‌توان در مورد هسته اصلی هوش مصنوعی صحبتی کرد. سپس، از بین مباحث متنوع ریاضی، به جستجوی اصلی‌ترین ارتباط بین آنها پرداخته شد. در نهایت، مدل‌سازی ریاضی، از نظر نویسنده به عنوان پل ارتباطی بین اکوسیستم هوش مصنوعی و دنیای ریاضی معرفی شد. در ادامه با ارائه مثال‌هایی، به معضلات و مسائل اساسی در تبدیل این دو فضای گفتگو پرداخته شد و نمونه‌هایی از دنیای ربات و هندسه، به طور دقیق‌تر بررسی شد. در نهایت، استفاده از مدل‌سازی ریاضی برای انتقال مسائل انسانی و معنوی مانند ترس، عدالت، خشم، و... موضوعاتی بودند که نویسنده آنها را به عنوان مسائلی باز مطرح می‌کند.



شکل ۱۳: نمونه‌ای مساله هندسی نهایی که ربات باید هر چند ثانیه یک بار حل کند.

منابع

1. OpenAI. «Artificial Intelligence: Transforming Industries.» OpenAI, 2023, www.openai.com/ai-transforming-industries.
2. Bahram Sadeghi Bigham, *Mobile Autonomous Robots: Concepts and Algorithms*, Sharif University of Technology's Scientific Publications Institute, 2021.
3. Bakhshmand, Simin, Bahram Sadeghi Bigham, and Mahdi Bohlouli. «Predicting Points of Interest with Social Relations and Geographical-Temporal Information.» *International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2022.
4. Shamsfakhr, Farhad, and Bahram Sadeghi Bigham. «GSR: Geometrical scan registration algorithm for robust and fast robot pose estimation.» *Assembly Automation* 40.6 (2020) 801-817.
5. Sadeghi Bigham, Bahram, et al. «Optimal Robot Pose Estimation Using Scan Matching by Turning Function.» *Mathematics* 11.6 (2023): 1449.

علم شهروندی: نامداری گمنام در ایران

آرزو رضایی^۱

۱. زیست‌شناسی، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران
۲. پژوهشکده علوم زیستی، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران
arezaei@du.ac.ir

نامه علوم پایه شماره ۱۱ و ۱۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۲

چکیده

علم شهروندی (Citizen science) در مجامع علمی معتبر بین‌المللی سال‌هاست که شناخته شده است و پروژه‌های گوناگون علم شهروندی با همکاری بهترین و شناخته‌شده‌ترین دانشگاه‌ها و انجمن‌های علم شهروندی اجرا می‌شوند. ده سالی هست که تعریف علم شهروندی به واژه‌نامه انگلیسی آکسفورد افزوده شده است. اکنون، علم شهروندی جایگاهی فراتر از انجمن‌ها و کنفرانس‌های علمی دارد و اهمیت خود را با راهیابی به برنامه‌های درسی دانش‌آموزان و دانشجویان به دست می‌آورد. علم شهروندی همکاری و همراهی فعال عموم مردم با دانشمندان حرفه‌ای در انجام وظایف پژوهشی علمی و تولید دانش جدید است. به لطف تکنولوژی‌های پیش‌رفته اطلاعاتی و ارتباطی، اشخاص علاقه‌مند، هر جا که اینترنت باشد، می‌توانند در پژوهش‌های علم شهروندی از علوم زیستی و پزشکی تا علوم اجتماعی و انسانی در علم، سیاست و آموزش همکاری کنند. مشارکت عموم مردم - متخصص یا غیرمتخصص - در علم شهروندی را می‌توان در چهار گروه دسته‌بندی کرد: (۱) پروژه‌های گردآوری داده‌ها، (۲) پروژه‌های پردازش داده (دسته‌بندی، نسخه‌برداری، تفسیر)، (۳) پروژه‌های مبتنی بر برنامه درسی، و (۴) پروژه‌های علوم اجتماعی. هدف این مقاله شناساندن این نامدار گمنام به جامعه علمی و مدیریتی فرهیخته ایرانی است.

کلیدواژه‌گان: Citizen science، یادگیری، بهره‌وری آموزش، هوش مصنوعی، مدیریت، اخلاق

مقدمه

علم شهروندی همکاری و همراهی فعال عموم مردم با دانشمندان حرفه‌ای در انجام وظایف پژوهشی علمی است (۱) که می‌تواند به شکل‌های گوناگون مانند گردآوری، ثبت یا تجزیه و تحلیل داده‌ها رخ بدهد (۲). علم شهروندی فعالیتی رو به رشد و گسترش است که در آن دانشمندان و شهروندان برای تولید دانش جدید همکاری می‌کنند (۱). می‌توان گفت تاریخچه علم شهروندی به پایان قرن نوزدهم میلادی^۱ برمی‌گردد که کارها و پژوهش‌های علمی از انحصار دانشمندان اشراف‌زاده در آمد، شغلی مطرح در جامعه شد و گسترش یافت (۳). اما، اصطلاح علم شهروندی در سال ۱۹۹۵ میلادی (۱۳۷۴ خورشیدی) در آزمایشگاه پرنده‌شناسی کرنل^۲ ابداع شد که افراد زیادی با آن آزمایشگاه در گردآوری داده‌ها و اطلاعاتی درباره پرندگان همکاری می‌کردند و پس از آن محبوبیت روزافزون یافت (۱، ۲). در همان سال، از آلن ایروین^۳ کتابی با نام «علم شهروندی: مطالعه مردم، تخصص و توسعه پایدار» چاپ شد. ایروین هدف علم شهروندی را نزدیک کردن مردم و علم، افزایش

احتمال و امکان «شهروندی علمی»^۴، فعال‌تر شدن و مشارکت عمیق‌تر مردم در گفتگوها و تصمیم‌گیری پیرامون مسائل مربوط به خطرات و تهدیدهای زیست‌محیطی معرفی نمود (۴). به لطف قدرت اینترنت، تعریف علم شهروندی در سال ۲۰۱۴ م (۱۳۹۳ خ) به واژه‌نامه انگلیسی آکسفورد افزوده شد: «کار علمی انجام شده توسط اعضای عموم مردم، اغلب با همکاری یا با هدایت دانشمندان حرفه‌ای و موسسات علمی». در فوریه ۲۰۱۵ م (۱۳۹۴ خ) بهمن ۱۳۹۳ خ، انجمن علوم شهروندی^۵ -سازمانی از متخصصان برای طراحی، اجرا و مطالعه پروژه‌های علم شهروندی- نخستین کنفرانس خود را با جذب بیش از ۶۰۰ شرکت‌کننده از ۲۵ کشور در سن خوزه کالیفرنیا برگزار کرد. در ماه آوریل (فروردین) همان سال، نمایندگان انجمن علوم شهروندی اروپا^۶ (ECSA) در لایپزیگ آلمان، برای برنامه ریزی بازگشایی در زمستان ۲۰۱۶ م (۱۳۹۶ خ) نشست برگزار نمود. کنفرانس بازگشایی انجمن علوم شهروندی استرالیا^۷ در ماه جولای (تیر) آن سال برگزار شد (۲). انگلستان

۱. نگارنده از تاریخ اجتماعی-علمی ایران بی‌خبر است و ناگزیر تنها تاریخ اجتماعی کشورهای دیگر برپایه مقالات بررسی شده نوشته شده است. تا جایی که می‌دانم، تاریخ علم و نیز تاریخ اجتماعی علم در ایران به ندرت از سوی خود دانشمندان و پژوهشگران ایرانی بررسی شده است.

2. The Cornell Lab of Ornithology

3. Alan Irwin

4. Scientific citizenship

5. The Citizen Science Association; CSA

6. The European Citizen Science Association; ECSA

7. The Australian Citizen Science Association; ACSA

پردازش داده‌ها بوده است. شهروند-دانشمندان^۱ در پروژه‌هایی در حوزه‌های علمی مانند ستاره‌شناسی، شیمی، علوم کامپیوتر، علوم محیطی، ریاضیات، علوم پزشکی و اجتماعی و علوم پایه فعال هستند (۱۲). پروژه‌های علم شهروندی در زمینه‌های گوناگون کاربرد گسترده‌ای یافته‌اند که می‌توان به مطالعات درباره سرطان (۱۳-۱۵)، تحقیقات غذایی و کشاورزی (۱۶)، مطالعه میکروبیوم بدن (۱۷، ۱۸)، بهداشت عمومی (۱۹) و آمادگی جامعه در موارد اورژانسی بهداشتی، تندرستی و بلایا (۲۰) اشاره نمود. جالب توجه آن‌که، دانشمندان از علم شهروندی در رابطه با پاندمی کرونا (COVID-۱۹) و مدیریت آن در سطح جامعه نیز بهره بردند (۲۱-۲۳). فناوری موبایل پتانسیل بسیار بالایی برای مقابله با بیماری‌های همه‌گیر مانند COVID-۱۹ دارد، زیرا امکان دسترسی به داده‌های بزرگ از دیدگاه حجم، سرعت، درستی و گوناگونی (صحت و تنوع) را فراهم و به شناخت چگونگی گسترش بیماری‌های همه‌گیر و کاهش آن کمک می‌کند. برای آن‌که گردآوری، اندازه‌گیری و ارزیابی چنین داده‌های ناگهانی و سنگینی با پیروزی و به‌خوبی انجام شود، نیاز به تلاش اجتماعی منسجم و همکاری کامل شهروندان است (۲۱). پروژه‌های American^۲ Gut Project و Zooniverse^۳ تنها دو مورد از پروژه‌هایی هستند که به‌ترتیب مطالعات میکروبیولوژی و دامپزشکی انجام می‌دهند. بسیاری از پروژه‌های علم شهروندی در چارچوب بازی تعریف شده‌اند، بازی‌هایی که دانشمندان با کمک عموم جامعه، که چه بسا هیچ تخصصی در موضوع بازی ندارند، به پرسش‌های علمی پاسخ می‌دهند؛ پرسش‌هایی که نمی‌توانند به تنهایی و با پیشرفته‌ترین امکانات و تجهیزات آزمایشگاهی برایشان پاسخی بیابند. از جمله این بازی-پروژه‌های علم شهروندی می‌توان سه بازی زیستی Foldit^۴، Phylo^۵ و EteRNA^۶ را نام برد. معرفی بازی-پروژه‌های علم شهروندی در زمینه‌های گوناگون علمی فراتر از هدف این مقاله است.

نزدیک به همه پروژه‌های شهروندی به درک تنوع زیستی، حیات وحش، گیاهان و فرآیندهای محیطی کمک می‌کنند (۱۲). اینترنت و گوشی‌های هوشمند با ابزارهای در دسترس آسان خود به این جهش در مطالعه طبیعت، هم‌رسانی و دسترسی به داده‌های دامن زده‌اند (۲۴). برای نمونه، eBird^۷ بزرگترین پلت‌فرم علم شهروندی متمرکز بر تنوع زیستی جهان است که در سال ۲۰۰۲ م (۱۳۸۱ خ) آغاز شد. از آن سال، ۶۲۴۰۰۰ نفر از کسانی که پرندگان وحشی را در زیستگاه‌هایشان مشاهده یا شناسایی می‌کنند، تعداد ۵۱ میلیون چک لیست کامل مربوط به ۱۰۵۱۷ گونه پرنده را پر کرده‌اند.

اینترنت افزون بر آسان نمودن پروژه‌های علم شهروندی که برپایه

نخستین و بیشترین تعداد انتشارات علم شهروندی را دارد، شاید به این دلیل که علم شهروندی یک واژه انگلیسی است و نیازی به ترجمه ندارد و اینکه انجمن‌ها در این کشور سنتی دیرپایی هستند (۱).

به لطف تکنولوژی‌های پیش‌رفته اطلاعاتی و ارتباطی، تعداد و اهداف پروژه‌های علم شهروندی افزایش چشم‌گیری یافته است. پروژه‌های علم شهروندی کمک می‌کنند تا اشخاص علاقه‌مند، هر جا که اینترنت باشد، بتوانند در پژوهش‌های علمی همکاری داشته باشند (۳، ۵). تمرکز پروژه‌های علم شهروندی بر افراد غیر دانشمند و غیر متخصص است، اما، محدود به آن‌ها نیست (۳). تفسیر علم شهروندی در هر یک از موضوعات و زمینه‌ها ممکن است اندکی متفاوت باشد. بنابراین، فهم عمیق آن و تعریف استانداردها، واژگان و دستورکارها امری ضروری است (۱، ۶).

اکنون، جایگاه پژوهشی و کاربردی علم شهروندی در رشته‌های علمی گوناگون، از علوم زیستی و پزشکی تا علوم اجتماعی و انسانی در علم، سیاست و آموزش تثبیت و به رسمیت شناخته شده است (۱). با این حال، تا جایی که نگارنده می‌داند، علم شهروندی در ایران موضوعی کمابیش ناشناخته است و مطالعات بسیار اندکی در این زمینه صورت گرفته است که می‌توان به کاربردهای علم شهروندی در صنایع غذایی (۷)، گردآوری اطلاعات مکانی بافت فرسوده شهری (۸)، یادگیری ماشین و علوم شهروندی (۹)، پردازش نظری اجرای پروژه‌های علم شهروندان در ایران (۱۰)، کاربرد علم شهروندی در هیدرولوژی و مدیریت منابع آب و فهم و درگیری عمومی از علم و فناوری در بین شهروندان تهرانی (۱۱) اشاره کرد. هدف این مقاله، معرفی تاریخچه و مفاهیم بنیانی علم شهروندی به جامعه دانشگاهی و مدیریتی در ایران و مروری کلی بر جنبه‌های مختلف علم شهروندی، تحولات و بحث‌های جاری در این زمینه، به ویژه در دوران هوش مصنوعی و یادگیری ماشین است. همچنین، مهم‌ترین انجمن‌ها و موسسه‌های معتبر بین‌المللی علم شهروندی معرفی می‌شوند.

۲- موضوعات پروژه‌های علم شهروندی

مشارکت عموم را در علم شهروندی می‌توان به چهار گروه کلی دسته‌بندی کرد: ۱) پروژه‌های گردآوری داده‌ها، ۲) پروژه‌های پردازش داده (دسته‌بندی، نسخه‌برداری، تفسیر)، ۳) پروژه‌های مبتنی بر برنامه درسی که ممکن است در مدارس و یا در مجامع «غیررسمی» جوانان انجام شود، و ۴) پروژه‌های علوم اجتماعی (۲). تا به امروز، مهم‌ترین نقش و اثر علم شهروندی در شتاب بخشیدن به اکتشافات علمی در ارتباط با فعالیت‌های گردآوری و

1. Citizen scientists

2. <https://www.mymicrobiome.info/en/news-reading/the-american-gut-project>

3. <https://www.zooniverse.org/>

4. www.fold.it

5. <https://phylo.cs.mcgill.ca/>

6. <http://eterna.cmu.edu/web>

7. <https://ebird.org/home>

رد یک فرضیه، نظارت بر شرایط محیطی یا بهداشتی برای مدیریت یا بررسی نتایج یک خط مشی، و ایجاد داده‌های عمومی (۶).

علم شهروندی تنها یک روش مشارکتی برای کمک به شناخت و آگاهی علمی نیست، بلکه راهی موثر برای رسیدگی به مجموعه وسیعی از چالش‌های اجتماعی است. علم شهروندی تلاشی جمعی است که در برخی موارد یادگیری رسمی و غیر رسمی علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات را بهبود می‌بخشد و در مواردی دیگر، می‌تواند با فراهم کردن شواهد علمی آن‌ها را با سیاست‌گذاری، نوآوری و حتی کنشگری اجتماعی مرتبط کند. بنابراین، علم شهروندی راه و تلاشی انعطاف‌پذیر و سازگار از روش‌ها و دیدگاه‌های گوناگون برای پیوند دادن علم و جامعه و کاهش فاصله بین آن دو است (۱). پروژه‌های علم شهروندی کمک می‌کنند مشارکت‌کنندگان اطلاعاتی درباره دانش علمی و مراحل گوناگون کارهای علمی به دست بیاورند، آگاهی عمومی از تنوع پژوهش‌های علمی افزایش بیابد، و به سرگرمی‌های شرکت‌کنندگان معنای عمیق‌تری می‌دهد. این پروژه‌ها با اثری که بر پرسش‌های مطرح شده می‌گذارند و فرصتی که فراهم می‌کنند تا صدای مردم در تصمیم‌گیری‌های محیطی و محلی شنیده شود، به رفاه اجتماعی کمک می‌کنند (۶).

اگرچه، همه پروژه‌های علم شهروندی به افزایش درک عمومی از علم، تغییرات اجتماعی و یا بهبود رابطه علم-جامعه کمک نمی‌کنند، پروژه‌هایی که چنین دستاوردی دارند نیازمند تلاش و تامین منابع در چهار زمینه اصلی طراحی پروژه، ارزیابی و سنجش نتایج، جذب مخاطبان جدید و سوگیری‌های جدید در پژوهش هستند (۲).

۳-۱- جنبه‌های قانونی و انضباطی

پروژه‌های علم شهروندی در همه رشته‌های علمی با انواع روش‌های سنتی و پژوهشی انجام شدنی است. در حالی که علم شهروندی به خوبی در پژوهش‌های محیط زیستی، هواشناسی، ستاره‌شناسی جا افتاده است، در بسیاری از حوزه‌های علوم طبیعی، مهندسی و فناوری هنوز رویه‌ها، استانداردها و قراردادهایی برای فعالیت‌های علم شهروندی تعریف نشده است. رویکرد پژوهشی، فرمول‌بندی مساله و روش‌های گردآوری و تفسیر داده‌ها در هنر و علوم انسانی می‌تواند با علوم طبیعی متفاوت باشد که باید به این تفاوت‌ها توجه نمود. در پروژه‌های علم شهروندی که تندرستی انسان (جسمی یا روانی) بررسی می‌شوند، چالش‌های گوناگونی در سطوح مختلف مانند مشارکت، هدف از تولید دانش، هم‌رسانی داده‌ها، تخصص مورد نیاز برای ارزیابی اطلاعات پزشکی و فعالیت‌های تجاری وجود دارد که نیازمند تعریف راهکارهای مناسب است (۶).

۳-۲- راهبری و مشارکت

پروژه‌های علم شهروندی می‌توانند توسط یک فرد به تنهایی،

داده‌ها هستند، دسته کاملاً نوینی از علم شهروندی را فعال کرده که بر پردازش داده‌ها متمرکز است، که گاهی با نام «علم انبوه» شناخته می‌شود. در سال ۲۰۰۷ م (۱۳۸۶ خ) پروژه‌ای به نام Galaxy Zoo آغاز شد که مردم در طبقه‌بندی تصاویری همکاری داشتند که تلسکوپ هابل گرفته بود. در سال نخست پروژه، بیش از ۱۵۰۰۰ نفر بیش از ۵۰ میلیون نفر تصویر را طبقه‌بندی کردند، وظیفه‌ای که دانشمندان هرگز به تنهایی حتی با کمک الگوریتم‌های پیچیده کامپیوتری نمی‌توانستند انجام دهند. پس از آن، پروژه‌های علم شهروندی برای کاوش سطح ماه، مدل‌سازی آب و هوای زمین با استفاده از گزارش حوادث مهم کشتی‌های تاریخی و نقشه‌برداری از نورون‌های مغز انسان به سرعت محبوبیت یافتند. شرکت‌کنندگان در این پروژه‌ها در گردآوری داده‌ها نقش نداشتند ولی با بررسی و تجزیه و تحلیل داده‌ها به کشف علمی کمک کردند (۲). راهکارهای گوناگونی برای گردآوری داده‌ها و طراحی برنامه به کار گرفته شده‌اند تا به توانایی پردازش داده و داده‌کاوی برای تولید خروجی‌های دقیق و قابل اعتمادتر کمک کنند که موضوع این مقاله نیست (۲۵).

پروژه‌های علوم اجتماعی طیف گسترده‌ای از مخاطبان را درگیر می‌کنند که معمولاً با علم سروکاری ندارند. چنین پروژه‌هایی با مردم متناسب با آنچه که هستند - از نظر جغرافیایی، فکری و از نظر ارزش‌ها، علایق، خانواده‌ها و مشاغل - کار می‌کنند. این همراهی و همکاری شرکت‌کنندگان می‌تواند درک عمومی را از علم به روش‌های بسیار گوناگون و نوین افزایش دهد. مردم با علایق و انگیزه‌های بسیار گوناگونی با پروژه‌های علم شهروندی همکاری و همراهی می‌کنند. رویکردهای نوین علم شهروندی کمک می‌کند افراد به آسانی علم را بیاموزند و از آن در زندگی خود، به هر شکلی که با زندگی و خاستگاه آن‌ها سازگار باشد، بهره ببرند (۲).

انجمن علوم شهروندی اروپا (ECSA) ویژگی‌های علم شهروندی را در پنج بخش شامل مفاهیم اصلی، جنبه‌های قانونی و انضباطی، رهبری و مشارکت، جنبه‌های مالی، و داده‌ها و دانش تعریف و اصولی برای آن تعیین کرده است (۶، ۲۶) که در ادامه بسیار کوتاه بیان می‌شوند.

۳- مفاهیم اصلی علم شهروندی

علم شهروندی می‌تواند به موضوعات بنیادی یا کاربردی، استقرائی یا قیاسی، محلی یا جهانی بپردازد. پژوهش‌های علم شهروندی می‌توانند اشکال گوناگونی داشته باشد و شرکت‌کنندگان هم نقش‌های گوناگونی دارند؛ برای نمونه، طرح یک پرسش پژوهشی، تحقیق و پایش با رویکرد استقرائی، اکتشافی و علمی، کمک به ایجاد پایگاه داده (مانند مجموعه‌های هنری دیجیتال)، مشاهدات یا نقشه‌برداری، گردآوری یا تجزیه و تحلیل داده‌ها برای پشتیبانی یا

افزایش آگاهی و تعامل و درگیری با فرآیندهای علمی می‌تواند یکی از اهداف (عمدی یا غیرعمدی) پروژه‌های علم شهروندی باشد، اما نباید هدف اصلی باشد (۶).

۳-۳- جنبه‌های مالی

حمایت مالی خالص از یک پروژه، مانند تامین صندوق مالی، هزینه‌های اشتراک و کمک‌های نیک‌خواهانه علم شهروندی نیستند. زیرا هیچ مشارکتی در هیچ مرحله‌ای از پژوهش علمی صورت نمی‌گیرد، مگر آن‌که که مشارکت مالی پیش نیاز مشارکت در یک پروژه علمی شهروندی باشد. در پروژه‌های علم شهروندی می‌توان از شهروندان برای مشارکت در یک پروژه کمک‌های مالی درخواست نمود. اما باید دانست و توجه نمود که این موضوع ممکن است بر همکاری فراگیر اجتماعی (برای نمونه با حذف شرکت‌کنندگان فقیرتر) و مشارکت جانبدارانه اثر بگذارد. پروژه‌هایی که مشوق‌های گوناگونی مانند پرداخت‌های کوچک یا ارائه دوجرخه برای آسان نمودن رفت‌وآمد در مکان‌های بسیار فقیر و محروم به شرکت‌کنندگان پیشنهاد می‌دهند هم می‌توانند پروژه‌های علم شهروندی باشند. اگرچه، نوع یا مقدار پرداخت یا پذیرش مشوق‌ها باید با علم شهروندی سازگار باشند که به زمینه فرهنگی/کشور و وضعیت اجتماعی/اقتصادی شرکت‌کنندگان بستگی دارد (۶).

۳-۴- داده‌ها و دانش

فناوری (تکنولوژی) نقش مهمی در پیشرفت علم شهروندی به مثابه یک علم دارد. فناوری روش گردآوری داده‌ها و چگونگی پردازش و تجزیه و تحلیل آن‌ها را گسترش می‌دهد (۱). علم شهروندی پژوهشی علمی، دانشگاهی و سیاست مدار است که ممکن است داده‌ها و دانش‌های گوناگون، از جمله داده‌های جدید، دانش جدید به صورت نوشتاری یا اشکال دیگر تولید کند و تجزیه و تحلیل‌های جدیدی ارائه بدهد. در این پروژه‌ها باید استانداردهایی برای کیفیت داده و تضمین کیفیت، بررسی و داوری دقیق^۱ آن‌چه که چاپ و منتشر می‌شود تعریف شود تا بتوان نتایج به دست آمده را در تصمیم‌گیری‌ها به کار گرفت. کیفیت داده‌ها بسیار مهم و کلیدی است، چرا که فرآیند تولید دانش و شناخت را تضمین می‌کند (۶). همراهی شهروندان در تولید و تفسیر داده‌های گردآوری شده به صورت محلی توسط اعضای جامعه مدنی رایج برای افزایش آگاهی، تصمیم‌گیری و اقدام محلی است (۶، ۲۷). در علوم پزشکی و اجتماعی، مرزهای علم شهروندی و روش‌های گردآوری داده‌ها موضوعی چالشی است. هم‌رسانی داده‌های شخصی و پزشکی می‌تواند بخشی از علم شهروندی باشد، اما به چارچوب و هدف پروژه و این موضوع بستگی دارد که آیا مشارکت‌کنندگان موضوع تحقیق هستند یا در انجام مراحل مختلف پروژه کمک می‌کنند (۶).

پژوهشگران یا دانشمندان و یا با همکاری یک جامعه برای رسیدگی به یک مشکل خاص هدایت و انجام شوند (۶). سازمان‌های پژوهشی، نهادها و موسسات عمومی، دولتی و یا غیردولتی می‌توانند از پروژه‌های علم شهروندی پشتیبانی و در اجرای آن همکاری داشته باشند (۱، ۶). فعالیت‌هایی که توسط عموم مردم (مانند نظارت بر محیط زیست) و سازمان‌های غیردولتی (مانند خیریه‌های سلامت) اداره می‌شوند می‌توانند بخشی از علم شهروندی باشند و نیازی به همکاری دانشمندان حرفه‌ای یا نهادها و سازمان‌های پژوهشی ندارند (۶).

اگر هدف اصلی یک فعالیت و نتیجه استفاده از داده‌ها سود تجاری باشد، به طور کلی چنین فعالیتی علم شهروندی به شمار نمی‌آید. همچنین، اگر انگیزه‌های فعالیت‌ها به جای حمایت از یک هدف پژوهشی منحصر به فرد و مشارکت موجه شهروندان، تنها پشتیبانی از یک استراتژی بازاریابی یا کسب‌وکار باشد، آن فعالیت‌ها نیز علم شهروندی نیستند، مگر آن‌که مطابق با اصول و شفافیت تعریف شده از سوی ECSA باشند (۶).

آن دسته از پروژه‌های علم شهروندی که مشارکت فعال شهروندان نیازمند تقویت توجه شناختی آنان در طول کار باشد به تعامل محدود شهروندان برتری دارد. همچنین، بهتر است شهروندان در چندین مرحله از فرآیند پژوهش همکاری داشته باشند. اگرچه، مشارکت‌های حداقلی را هم، اگر با ده اصل تعریف شده از سوی ECSA (۲۶) هماهنگ باشند و شهروندان با آگاهی از اهداف پروژه و به خواست خود همکاری کنند، می‌توان علم شهروندی دید (۶).

حرفه‌ای‌گرایی در برابر داوطلب‌گرایی یکی از موضوعات مطرح در بحث راهبری و مشارکت پروژه‌های علم شهروندی است. اگر علم شهروندی را همکاری بین دانشمندان حرفه‌ای و داوطلبان ببینیم، این پرسش پیش می‌آید: «حرفه‌ای» و «داوطلبانه» چیست؟ تفسیر این واژگان بسته به فرهنگ، مفاد و زمینه پژوهش بسیار متفاوت است. برای نمونه، داوطلبانی با پیشینه علمی یا نقش علمی حرفه‌ای را می‌توان یک داوطلب علم شهروندی دانست اگر مهارت‌های خود را در یک پروژه علمی شهروندی در زمان آزاد خود و یا در راستای اهدافی فراتر از نقش‌های حرفه‌ای خود به کار گیرند (۶).

پروژه‌های علم شهروندی می‌توانند برای شرکت‌کنندگان نتایج و کاربردهای آموزشی هم داشته باشند. این یادگیری برنامه‌ریزی شده از ویژگی‌های پسندیده علم شهروندی است. با این حال، برای آن‌که یک پروژه را علم شهروندی ببینیم، نیازی نیست اهداف آموزشی یا مشارکت علمی/گسترش علم تنها تمرکز پروژه باشد.

۴- افزایش و بهبود یادگیری و بهره‌وری آموزش با کمک علم شهروندی

چنان‌که گفته شد نیازی نیست اهداف آموزشی یا مشارکت علمی/گسترش علم تمرکز یا هدف اصلی پروژه‌های علم شهروندی باشند و شرکت در یک پروژه ممکن است لزوماً به یادگیری در هیچ زمینه‌ای نیانجامد. با این حال، علم شهروندی فرصتی مناسب برای پشتیبانی، آسان‌سازی و گسترش یادگیری علم (۲۸) و آموزش و یادگیری عمومی است که می‌تواند شکاف بین علم و جامعه را پر کند که نه تنها به یادگیری شهروندان و پژوهش‌های علمی، بلکه به یادگیری زود هنگام در آموزش رسمی علوم نیز کمک می‌کند. علم شهروندی می‌تواند درگیری با علم و همچنین درک مرتبط بودن موضوعات علمی را تقویت کند (۲۹). اگرچه، بحث درباره نقش موثر علم شهروندی در پشتیبانی از توسعه درک ماهیت علم نیازمند بررسی و پژوهش‌های بیش‌تر است. از آنجا که علم شهروندی افراد غیردانشمند را به علم دعوت می‌کند، فرصتی برای استقبال و کشف معرفت‌شناسی‌ها و سنت‌های فرهنگی گوناگون و چگونگی غنای یادگیری آن‌ها فراهم می‌کند. در واقع، علم شهروندی ممکن است آزمایشگاهی جدید برای پژوهشگران آموزش و پرورش باشد تا راه‌های گسترش و اصلاح درک مردم را از ماهیت علم کشف و بررسی کنند (۲۸).

هویت، علاقه و انگیزه عواملی مهم در یادگیری علم هستند (۳۰). این سازه‌ها ممکن است در فرآیند یادگیری کارکرد مشابهی داشته باشند، اما پرورش علاقه و انگیزه از راه مشارکت در علم بسیار متفاوت از پرورش هویت است. گمان بر این است که علم شهروندی بیش‌تر بر روی علاقه و انگیزه اثر می‌گذارد. هنگامی که افراد به یک حوزه موضوعی علاقه‌مند هستند، بیش‌تر با چالش‌ها درگیر می‌شوند و راهکارهای یادگیری موثر را به کار می‌گیرند. انتخاب آزاد یکی از مکانیسم‌های مهم در افزایش و توسعه علاقه به علم است. درک اثر همکاری غیر داوطلبانه در یک زمینه (مانند یک محیط آموزشی رسمی که نمره ممکن است به مشارکت بستگی داشته باشد) بر نتایج یادگیری نیازمند بررسی است. منابع و ساختار موجود در یک محیط آموزشی رسمی ممکن است انگیزه و علاقه را افزایش و توسعه بدهد، اما پیامدهای منفی ناشی از عدم مشارکت یا مشارکت «نادرست» نیز می‌تواند اثرات ناخوشایند و ویرانگری بر انگیزه شرکت‌کنندگان بگذارد (۲۸). بررسی چند پروژه علم شهروندی در محیط مدرسه رسیدن به دستاورد یادگیری بالقوه و افزایش انگیزه، علاقه و دانش^۱ دانش آموزان و همچنین مهارت‌های علمی و ارتباطی آنها را نشان داده است (۲۹).

در بررسی ۲۸ پروژه معمولی علم شهروندی، پشتیبانی برخی و

نه همه پروژه‌های علم شهروندی از انواع یادگیری، و همچنین شواهدی برای یادگیری در هنگام توصیف چگونگی کار خود پروژه دیده شد (۲۸). راهکارهای گوناگون اثر مثبت علم شهروندی بر یادگیری را می‌توان این‌گونه برشمرد: (۱) ایجاد انگیزه و علاقه از راه تعریف اهداف کارکرد محور^۲؛ برای نمونه، در پروژه علمی شهروندی Vital Signs Experience شرکت‌کنندگان می‌توانند در «ماموریت»های گوناگون حضور گونه‌های بومی و مهاجم را در انواع زیستگاه‌های گوناگون در سراسر Maine (ایالتی در منطقه نیوانگلند در شمال شرقی ایالات متحده) بررسی و گزارش کنند، (۲) رقابت و بازی‌گونه‌سازی^۳ در پروژه‌های علم شهروندی، مانند Old Weather (۳۱) و Zooniverse (۳۲) در حفظ علاقه و انگیزه شرکت‌کنندگان موثر بوده است، (۳) ارزش ذاتی پدیده‌ها یا پرسش‌های کانونی پروژه‌ها در EyesOnALZ به انگیزه شخصی برای همکاری شرکت‌کنندگان کمک می‌کند. در این پروژه که درباره پیوندهای بین رگ‌های خونی بسته شده در مغز و بیماری آلزایمر است، شرکت‌کنندگان با تجزیه و تحلیل جریان خون در یک محیط بازی آنلاین و با استفاده از یک میکروسکوپ مجازی در یافتن درمانی برای بیماری آلزایمر همکاری می‌کنند. در این پروژه علمی شهروندی برای شرکت‌کنندگان تمام مواد آموزشی در قالب یک ویدیوی ۱ دقیقه‌ای، راهنمای کمک آنلاین، و بازخورد فوری کارشناسان برای پشتیبانی از یادگیری در دسترس هستند و بارها به شرکت‌کنندگان یادآوری می‌شود که ممکن است همکاری آنان به کشف درمانی برای آلزایمر بیانجامد (۲۸).

علم شهروندی همچنین بستر مناسبی را برای یادگیری استفاده از ابزارها و شیوه‌های علمی فراهم می‌کند. در واقع، ویژگی «زندگی واقعی» بسیاری از پروژه‌های علم شهروندی فضایی برای شرکت‌کنندگان می‌سازد که می‌توانند تجربه‌ای مستقیم و از نزدیک در استفاده از ابزارها، پروتکل‌ها و روش‌های خاص پروژه داشته باشند و آن‌ها را بیاموزند (۲۸). COASST^۴ یکی از این پروژه‌های علم شهروندی است که از سال ۲۰۰۰ م (۱۳۷۹ خ) پرنده‌گان ساحلی و دریایی را بررسی می‌کند (۲۸، ۳۳). اکنون، تقریباً ۸۰۰ شرکت‌کننده در گردآوری داده‌ها در صدها ساحل در ساحل غربی ایالات متحده همکاری دارند و در کارگاه‌های آموزشی COASST مهارت‌های مورد نیاز برای گردآوری داده‌های دقیق برای نظارت و مدیریت ساحل را می‌آموزند. آن‌ها یاد می‌گیرند اندازه‌گیری ایمن و دقیق پرنده‌گان دریایی ساحلی را چگونه انجام دهند، از کلیدها و راهنمای میدانی برای شناسایی گونه‌های پرنده‌گان استفاده و سپس لاشه‌ها را نشانه‌گذاری کنند تا نیازی به بازشماری دوباره نتایج آن‌ها در آینده نباشد. داوطلبان برای وارد کردن صحیح داده‌ها در فرم‌های استاندارد راهنمایی می‌شوند،

1. Knowledge
2. Performance-oriented

3. Gamification
4. The Coastal Observation and Seabird Survey Team

علم شهروندی رویکردی مرتبط با چالش‌های توسعه تفکر پیچیده در آموزش عالی هم هست. استراتژی‌های آموزشی با جهانی شدن سریع، پیشرفت در فناوری‌های ارتباطی و چالش‌هایی مانند همه‌گیری COVID-۱۹ دستخوش دگرگونی‌های مهمی شده است. کلاس‌های درس سنتی دچار بحران شده‌اند. دانش‌آموزان و دانشجویان برای کنفرانس‌ها و مقاله‌های ویدیویی خود به کارشناسان، پایگاه‌های اطلاعاتی و دانش پیشرفته در وب روی می‌آورند. این انبوه محتوا که از راه فناوری‌های رسانه‌ای در دسترس هستند، رویکردهای مستقل در یادگیری را تقویت می‌کنند. در نتیجه، نقش میانجی و تسهیل‌گر معلم در یک کلاس درس گویا نیازمند بازتعریف شده است. برای چنین تغییری، فضای آموزشی را ناگزیر باید یک تریبون گفتگو دید که از موانع جغرافیایی، زبانی و فرهنگی فراتر می‌رود و نیز راهکارهای آموزشی نوآورانه‌ای را باید برای تامین فضاهای دموکراتیک و رسیدن به دانش و پیشرفت پایدار دانش‌آموزان پیش رو گرفت. در نتیجه، چالش‌های پیش روی آموزش، به‌ویژه آموزش عالی، بنیادی است و نیازمند رویکردی جامع و فراگیر برای همسویی با اهداف جهانی است (۳۵).

در میان این تغییرات، علم شهروندی رویکرد آموزشی نوآورانه، به ویژه در پرورش مهارت‌های تفکر پیچیده لازم برای هدایت روندهای جهانی معاصر، ارزیابی شده است. نقش علم شهروندی در دموکراتیزه کردن پژوهش‌های علمی با دیدگاه یونسکو برای دگرگونی فرآیند علمی، حمایت از مدلی از علم که فراگیر، مشارکت‌پذیر و توانایی به پر کردن شکاف‌ها در علم، فناوری و آموزش باشد، همسو است. هم‌راستا با اهداف و چشم‌اندازهای یونسکو، رویکردهای علم شهروندی با تقویت تعاملات بین شرکت‌کنندگان در اکوسیستم سواد علمی را با ایجاد همکاری بین بخش‌های گوناگون بالا می‌برد و از بازیگران اجتماعی فراتر از جوامع پژوهشی سنتی دعوت به همکاری می‌کند. در نتیجه، این رویکرد فراگیر راه‌هایی را برای گفت‌وگو میان سیستم‌های گونه‌گون دانش باز می‌کند و به جوامع آسیب‌پذیر یا گروه‌های اقلیت که اغلب در کارهای علمی کمتر حضور دارند، فرصت و صدا می‌دهد (۳۵).

پروژه‌های علم شهروندی مبتنی بر برنامه درسی پتانسیل بالایی برای دسترسی به دانش‌آموزان محروم و اقلیت دارند. زیرا، از قضا، بیش‌تر دانش‌آموزان چاره‌ای جز همراهی و همکاری ندارند اگر که معلم یا مدرسه منطقه آن‌ها چنین پروژه‌هایی را انتخاب کنند (۲). در سطح عملی، زیرساخت‌های پژوهشی فیزیکی و دیجیتالی، مانند ابزارهای علمی پیشرفته، مخازن داده‌های باز، سیستم‌های محاسباتی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، و ابزارهایی برای انتشار

سپس می‌آموزند که همه داده‌ها و عکس‌ها را در پورتال ورود داده‌ها پس از نظرسنجی بارگذاری کنند. پس از آموزش اولیه، شرکت‌کنندگان به طور فعال مهارت‌های خود را برای بررسی‌های ماهانه ساحل به کار می‌گیرند. همچنین، در طبقه‌بندی پرنده‌ها در سطح گونه با همان شیوه‌های متخصصان شرکت می‌کنند. پس از یک آموزش ۵ ساعته، شرکت‌کنندگان می‌توانند در ۸۵ درصد موارد گونه‌ها را به درستی شناسایی کنند (۲۸).

در بیش‌تر پروژه‌های علم شهروندی شرکت‌کنندگان با محتوای تازه یا ناآشنا درگیر می‌شوند و محتوای آن حوزه علمی را یاد می‌گیرند. بسیاری از پروژه‌های علمی و اجتماعی شهروندی متمرکز بر محیط زیست، مانند پروژه‌هایی که درباره رصد گونه‌ها یا پایش کیفیت هوا و آب هستند، شرکت‌کنندگان ناگزیر از یادگیری تخصصی شناسایی و مستندسازی گونه‌های موجودات زنده یا دیگر پدیده‌های طبیعی و گردآوری و سازمان‌دهی داده‌های مرتبط هستند که می‌تواند شامل مشاهدات دیداری ساده یا اندازه‌گیری‌های معمول در زمان‌ها یا مکان‌های ثابت تا فعالیت‌های پیچیده‌تر مانند شناسایی و ارائه شواهد علمی از نمونه‌های دیده‌شده باشد (۲۸).

با مشارکت در علم شهروندی، افراد و همچنین جوامع می‌توانند درباره این که چه چیزی بخوانند، پژوهش‌ها چگونه انجام می‌شوند و چه کسانی باید در مسائل علمی مشارکت داشته باشند، دانش و مهارت می‌یابند. تجارب علمی غیررسمی، مانند تجربیاتی که در پروژه‌های علم شهروندی ارائه می‌شوند، فرصت‌های ارزشمندی را برای برای تمرین و توسعه ارتباطات افراد با علم فراهم می‌کنند، به‌ویژه آن‌هایی که پیشینه‌های کمی دارند. اما همه این‌ها منوط به این است که افراد از فرصت‌های مشارکت در علم، از جمله پروژه‌های علم شهروندی آگاه شوند (۲۸). در این راستا، SciStarter پایگاه داده پروژه‌های خود را در وبسایت‌های شرکا از جمله انجمن ملی معلمان علوم^۱، PBS، مجله Discover، کتابخانه‌ها، موزه‌ها و موارد دیگر معرفی می‌کند (۳۴). پروژه‌های علم شهروندی مملو از فرصت‌هایی برای تعامل با خانواده‌ها و جوامع گوناگون است (۲۸) مشارکت در استدلال علمی^۲ بخش اصلی کار علمی است. با این حال، پیگیری آن در علم شهروندی امری چالش‌برانگیز است و به سرمایه‌گذاری چشم‌گیر از سوی طراحان و شرکت‌کنندگان نیاز دارد. تعداد کمی از مطالعات پژوهشی و ارزیابی پروژه‌های علم شهروندی درک شرکت‌کنندگان را از ماهیت علم و توانایی‌شان را در مشارکت در سوبه‌های گوناگون استدلال علمی بررسی کرده‌اند. اندازه‌گیری قابل اعتماد استدلال و تفکر انتقادی دشوار است و بسته به زمینه یک پروژه خاص فرق می‌کند. معیارهای استدلال ممکن است در پروژه‌های گوناگون متفاوت باشد (۲۸).

از کلاس درس استفاده می‌کنند. علم شهروندی در برنامه‌های درسی، منافع متقابلی را برای دانشمندان هم فراهم می‌کند، زیرا مشارکت‌های شهروند-دانشمندان دانشمندان را توانا می‌سازد تا داده‌های قوی‌تری را در مقیاس‌های فضایی بزرگ‌تر از آن‌چه در غیر این صورت ممکن بود به دست بیاورند (۳۶).

اکنون علم شهروندی جایگاهی از شکل نوآورانه ارتباطات علمی را برای خود به دست آورده است. این موضوع را در تعداد و تنوع پروژه‌های گوناگون علم شهروندی و افزایش تعداد مقالات پژوهشی در سال‌های گذشته می‌توان دید. Finger و همکاران در بررسی سیستماتیک ۱۲۴۰ مقاله علم شهروندی نشان دادند که مقالات علمی تجربی حدود ۵۰ درصد سهم را دارند. پروژه‌های روایی^۶ علم شهروندی معمولاً یک سوال پژوهشی خاص ندارند که نیازمند آزمون و بررسی تجربی باشد و بیش‌تر توصیفی هستند. این نوع پروژه‌ها حدود ۲۵ درصد، بخش بزرگی از همه مقالات پژوهشی، را می‌سازند که آشکارا تعدد و تنوع پروژه‌های علم شهروندی را نشان می‌دهند. مفهوم سازی‌های نظری و فنی^۷ هم حدود ۲۵ درصد از کل مقالات علم شهروندی را از آن خود ساخته‌اند. در این مطالعات، مفروضات نظری و چارچوب‌هایی درباره علم شهروندی و یا توسعه و بهبود دستگاه‌های فنی ارائه می‌شوند که نشان می‌دهد ابزارهای زیادی از پیش برای پشتیبانی و آسان نمودن همکاری با پروژه‌های علم شهروندی ساخته و پرداخته شده‌اند. اگرچه با تمرکز بر روش‌های ارزیابی نگرش‌ها، رفتار و دانش زیست‌محیطی این کاستی هم به چشم آمده که ارزیابی اثر در بسیاری از پروژه‌های علم شهروندی بیش از حد ساده است. بنابراین، با توجه به پیامدهای آموزشی، تحقیقات و بررسی‌های بیشتری در این زمینه لازم است زیرا طرح‌های پژوهشی ضعیف اجازه استنتاج علی^۸ را نمی‌دهند (۳۷).

۵- هوش مصنوعی و علم شهروندی

داده‌ها همیشه بخشی ذاتی علم بوده‌اند و یک روش‌شناسی دقیق برای اطمینان از کیفیت داده‌ها مورد نیاز است که موضوعی مهم در زمینه علم شهروندی هم هست (۱). با ظهور داده‌های بزرگ^۹، نه تنها وضوح علمی^{۱۰} افزایش می‌یابد، بلکه توانایی خودکار نمودن برخی کارهای معمول و تکراری روزانه هم فراهم می‌شود. ترکیبی از یادگیری انسان و ماشین، هر جا که مکمل یکدیگر باشند، کاربردهای بالقوه زیادی در علم شهروندی دارند (۱، ۳۸). توزیع وظایف بین انسان و ماشین همیشه گامی مهم در طراحی سیستم‌های انسان و ماشین و موضوع اصلی تحقیق در تعامل

آزاد، همگی مولفه‌های بنیادین علم باز^۱ هستند. نوآوری‌های علم شهروندی با موفقیت به اهداف آموزشی خود دست یافته‌اند و تجربه یادگیری را به اندازه چشم‌گیری غنی می‌کنند، زیرا اصول شفافیت، همکاری و انتشار دانش را که در خط مقدم چارچوب‌های آموزشی مدرن جای دارند، رعایت می‌کنند (۳۵). طراحی پروژه‌هایی با سطح بالای همکاری و همراهی دانش‌آموزان از دیدگاه دستیابی به اهداف یادگیری بسیار امیدوارکننده هستند. با این حال، برای تعریف استانداردهای برنامه درسی نیاز است پروژه‌های علم شهروندی به‌گونه‌ای طراحی و آماده شوند که توان توسعه پتانسیل کامل آن‌ها برای همه شرکت‌کنندگان فراهم باشد (۲۹).

آموزش عالی جای رشد و بروز نسل بعدی دانشمندان و شهروند-دانشمندان^۲ است. اغلب از دانشجویان خواسته می‌شود تا دیده‌ها و یافته‌های خود را از جهان پیرامون در نظرانی آگاهانه بیان و ارائه کنند. ادغام این خودمختاری^۳ در مشاهده و نظریه‌پردازی با موضوعات و فعالیت‌های علوم شهروندی در دوره‌های آموزشی مرتبط، آگاهی دانشجویان را افزایش و به آنان این قدرت را می‌دهد که با شرایط خودشان در پژوهش‌های علمی شرکت کنند. درواقع، منابع و پروژه‌های علم شهروندی ابزار آموزشی رو به رشدی در آموزش دانشگاهی هستند که می‌توانند کاربرد علم را در دنیای واقعی و نیز یادگیری مستقل و درک خودکارآمدی را در یادگیری علم ارتقا دهند (۳۶). بررسی‌ها و یافته‌ها نشان می‌دهند که علم شهروندی روشی کاربردی برای توسعه شایستگی‌ها و مهارت‌های انتقادی در دانشجویان است و می‌تواند جایگاه ارزشمندی در برنامه‌های درسی آموزش عالی داشته باشد (۳۵). برپایه یافته‌ها، پروژه‌های علم شهروندی حتی در مقیاس کوچک آشنایی دانشجویان را با مفاهیم پژوهش علمی افزایش می‌دهند و به نتایج یادگیری که به نفع اهداف آموزش عالی و طرح‌های علمی شهروندی است، دست می‌یابند؛ چراکه اثر مثبتی بر رشد مهارت، هویت شخصی، خودکارآمدی و دیگر دستاوردهای یادگیری دارند (۳۶).

پروژه‌های علم شهروندی جایگزین‌های انعطاف‌پذیری برای یادگیری حضوری در کلاس درس هستند و برای دانشجویان فرصتی فراهم می‌کنند تا با افراد غیرمتخصص و متخصص در پلت‌فرم‌هایی مانند iNaturalist^۴ تعامل داشته باشند، جایی که می‌توانند فعالیت‌هایی مانند مشاهده ساده و طبیعی^۵ را به بخشی از یادگیری مادام‌العمر خود تبدیل کنند. پروژه‌های این پلت‌فرم‌ها همچنین به دانشجویان اجازه می‌دهند تا از گوشه هوشمند خود در پروژه‌های علم شهروندی همانطور استفاده کنند که در خارج

1. Open science

2. citizen scientists

3. Autonomy

۴. iNaturalist به شرکت‌کنندگان کمک می‌کند تا گیاهان و جانوران پیرامون خود را شناسایی کنند، در عین حال از آنان می‌خواهد داده‌هایی را برای علم و حفاظت گونه‌ها تولید کنند. <https://www.inaturalist.org/pages/about>

5. Natural observation

6. Narrative project

7. Theoretical and technical conceptualizations

8. Causal inferences

9. Big data

10. Scientific resolution

انسان و اتوماسیون بوده است (۳۸). فهرست HABA-MABA («انسان‌ها در کاری بهتر هستند، ماشین‌ها در آن بهترند»^۱) رویکرد درخشانی است که نخستین بار از سوی فیتس^۲ برای تصمیم‌گیری درین باره معرفی شد که کدام وظایف توسط ماشین‌ها یا انسان‌ها بهتر انجام می‌شوند (۳۹).

هوش مصنوعی^۳ که کاربرد گسترده‌ای در حوزه‌های گوناگون علمی دارد، در علم شهروندی نیز به طور فزاینده‌ای استفاده می‌شود و به افزایش بهره‌وری از علم با بررسی فرصت‌ها و ملاحظات آینده از جمله پیامدهای سیاست کمک می‌کند (۱۲). استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین در مرحله گردآوری داده‌ها به انجام وظایف تجزیه و تحلیل، شناسایی و طبقه‌بندی، به حداقل رساندن خطاها و به حداکثر رساندن کیفیت داده کمک می‌کند. هوش

مصنوعی اصطلاحی عام و کلی برای اشاره به هر نوع ماشین یا الگوریتمی است که بتواند محیط را ببیند، یاد بگیرد، و تصمیم‌گیری نماید. اصطلاح «یادگیری ماشین»^۴ زیرشاخه‌ای از هوش مصنوعی و شامل نرم افزارهایی برای شناسایی الگوها، پیش‌بینی، کشف و به‌کارگیری الگوهای تازه در موقعیت‌هایی است که در طراحی اولیه آن‌ها گنجانده نشده نبوده‌اند. الگوریتم‌های یادگیری ماشین در حال حاضر بیشترین استفاده و کاربرد را دارند؛ برای نمونه، در شناسایی تصویر و گفتار، تشخیص تقلب و بازتولید توانایی‌های انسانی در بازی Go یا رانندگی ماشین. این الگوریتم‌ها در پژوهش‌های علمی کاربردهای زیادی در زمینه‌های گوناگون مانند زیست‌شناسی، ستاره‌شناسی و علوم اجتماعی پیدا می‌کنند. در جدول ۱ چند نمونه از پروژه‌های علم شهروندی معرفی شده‌اند که با کمک یادگیری ماشین انجام شده‌اند (۴۰).

جدول ۱: نمونه‌هایی از یادگیری ماشین در پروژه‌های علم شهروندی (۴۰)

نام پروژه	گروه کار	انواع هوش مصنوعی - هدف	زمینه
Galaxy Zoo	دسته‌بندی	دیدن کامپیوتری (Computer vision) - شناسایی شکل و ساختار کهکشان‌ها	ستاره‌شناسی
Human Protein Atlas	دسته‌بندی	دیدن کامپیوتری - ترکیبی از الگوی شناخت و دسته‌بندی تصاویر میکروسکوپی برای دسته‌بندی الگوهای مکانی پروتئین در مقیاس بزرگ	علوم زیستی
Mindcontrol	دسته‌بندی	دیدن کامپیوتری - پیمایش تخصصی تصویربرداری عصبی. جایگزینی نیمه خودکار برای کدنویسی دستی تصاویر عصبی - دانشمندان علم شهروندی آموزش دیده هستند.	علم اعصاب
iNaturalist	دسته‌بندی	دیدن کامپیوتری - دسته‌بندی تصاویر یا داده‌های شنیداری (صوتی) برای شناسایی گونه‌های موجودات	محیط زیست
Observation.org	دسته‌بندی	دیدن کامپیوتری - دسته‌بندی تصاویر و شناسایی گونه‌ها	محیط زیست
Snapshot Serengeti	دسته‌بندی	شناسایی خودکار جانوران، شمارش، و توصیف رفتار گونه‌های جانوری که با دوربین گرفته شد است.	محیط زیست
SciStarter	پیش‌بینی	استدلال خودکار - استفاده از الگوریتم‌های پیشنهاد شده برای پیش‌بینی علایق کاربران برپایه تعامل‌های آنان با SciStarter در گذشته، یک پورتال جهانی که هدف آن کمک به کاربران برای یافتن پروژه‌های مناسب علم شهروندی است.	پلتفرم علم شهروندی

سیستم‌های علم شهروندی که از هوش مصنوعی بهره می‌برند، با راهکارهای زیر موجب پیشرفت می‌شوند (۱۲):
• افزایش سرعت و مقیاس پردازش داده‌ها،

• افزایش دامنه زمانی و جغرافیایی پروژه‌ها،
• بهبود کیفیت داده‌های گردآوری و پردازش شده،
• حمایت از یادگیری بین انسان و ماشین،

1. "Humans are better at, Machines are better at"
2. Fitts

3. Artificial intelligence; AI
4. Machine learning; ML

- استفاده از منابع داده جدید،
- تنوع بخشیدن به فرصت‌های تعامل.

هم‌اکنون، بحث در مورد دستورالعمل‌ها، مسئولیت‌ها، و اخلاقیات استفاده از هوش مصنوعی خارج از حوزه علم شهروندی جریان دارد. هوش مصنوعی در آینده به طور فزاینده‌ای در علم شهروندی استفاده خواهد شد. بنا بر دیدگاه Ceccaroni و همکارانش که فرصت‌های آینده و نیز خطرهای بالقوه هوش مصنوعی را برای علم شهروندی مرور نمودند، جامعه علم شهروندی نیاز دارد مواردی مانند توسعه یک طرح، نظارت بر داده را برای آگاهی‌رسانی به شهروندان پیش از اجرای برنامه‌ها و به‌کارگیری نتایج به‌دست آمده را برای آموزش هوش مصنوعی و یا تمرین‌هایی برای ناشناس ماندن را بررسی نماید. گفتگوهای ارزیابانه و نقادانه به متخصصین علم شهروندی برای استفاده مسئولانه، اخلاقی و مفید از هوش مصنوعی در پروژه‌ها و پژوهش‌های علم شهروندی کمک می‌کند (۴۱). در ادامه، مورد بازی چهره^۱ برای نمونه توضیح داده می‌شود.

عکس‌های پروفایل آنلاین چهره انسان‌ها همه جا هستند و نقش مهمی در شکل‌دهی نخستین اثر ما بر دیگران دارند. هوش مصنوعی ابزارهای دیجیتالی را در دسترس کاربران می‌گذارد تا ظاهر آنلاین خود را به هر شکلی که می‌خواهند تغییر دهند، که بیش‌تر می‌خواهند خود را جوان‌تر یا جذاب‌تر نشان دهند. بازی چهره یک پروژه علمی شهروندی است برای دانستن این‌که هوش مصنوعی چه چهره‌ای برای نمایاندن خودش به انسان برمی‌گزیند. در پروژه تحقیقاتی بازی چهره، افراد و هوش مصنوعی اجازه تعامل با هم را دارند تا ببینیم چگونه هوش مصنوعی بسته به اهدافش و افرادی که با آن‌ها تعامل دارد، چهره خود را انتخاب می‌کند. هوش مصنوعی نه تنها به ما کمک می‌کند تا این بازی چهره را برای خود انجام دهیم، بلکه در حال یادگیری همین بازی از ما است و به آرامی تصمیم می‌گیرد که هنگام تعامل با ما چه چهره‌ای را برای خود برگزیند. این پروژه چند رشته‌ای به ما کمک می‌کند تا به سوی آینده تعاملات دیجیتال با هوش مصنوعی گام برداریم و اطمینان بیابیم که کنترل چگونگی تعامل با این موجودات دیجیتال را در دستان خود نگه می‌داریم. پژوهشگران موسسه توسعه انسانی ماکس پلانک، دانشکده اقتصاد تولوز، دانشگاه اکستر و دانشگاه بریتیش کلمبیا، همراه با دانشگاه اتونوما مادرید و دانشگاه پاریس سیتیه، این پروژه - بازی چهره را ساخته و راه اندازی کرده‌اند. در این آزمایش آنلاین، انسان‌ها در فضای شبکه‌های عصبی^۲ و همه (از جمله ماشین‌ها)، عکس‌های پروفایل خود را منتشر می‌کنند و به عکس‌های پروفایل دیگران واکنش نشان می‌دهند. هدف این بازی چنان‌که گفته شد درک این است که هوش مصنوعی از تماشای ما

در بازی چهره چه می‌آموزد و چگونه بسته به اثری که می‌خواهد بگذارد و انسانی که با او تعامل دارد، انواع گوناگونی از چهره‌ها را برای خود برگزیند (۴۲).

مرکز انسان‌ها و ماشین‌ها در موسسه توسعه انسانی ماکس پلانک دغدغه‌ها و سوالات اخلاقی مربوط به هوش مصنوعی و مفهوم رفتار ماشین را بررسی می‌کند. این پروژه، به رهبری پژوهشگرانی انجام گرفته است که آزمایش معروف ماشین اخلاقی^۳ را ساختند که یک آزمایش آنلاین بزرگی بود که در سال ۲۰۱۶ م (۱۳۹۵ خ) در فضای مجازی منتشر و نتایج آن در مجلات برجسته‌ای مانند Science (۴۳) و Nature (۴۴) منتشر شد. ماشین اخلاقی معضلات اخلاقی پیش روی خودروهای خودران، اصول جهانی و همچنین تفاوت‌های بین فرهنگی را در چگونگی رفتار افراد با هوش مصنوعی بررسی و برجسته می‌کند (۴۲).

۶- ملاحظات سیاستی و مدیریتی

پروژه‌های علم شهروندی کارهای معمولی نیستند. شهروندان داوطلبانه و بدون دستمزد زمان و تلاش خود را صرف این پروژه‌ها می‌کنند. بنابراین، معناداری و ارزش بخشیدن به کارهای علم شهروندی برای جذب شهروندان مهم است (۳۸). با پیشرفت فناوری، ماشین‌ها پردازش داده‌های سنگین و زمان‌بر بیشتری را در پروژه‌های علم شهروندی انجام خواهند داد. در نتیجه، چند پرسش پیش می‌آید: شهروند-دانشمندان چگونه انگیزه خود را برای همکاری در پروژه‌ها نگه خواهند داشت؟ آن‌ها چگونه درگیر یادگیری می‌شوند؟ چگونه تحصیل می‌کنند؟ چگونه می‌توان همراهی و همکاری آن‌ها را به طور مناسب شناسایی و تصدیق کرد؟ چگونه می‌توان به وقت و تلاش آن‌ها پاداش داد؟ در پایان، چگونه می‌توان بهره‌برداری و مالکیت داده‌ها را مدیریت کرد؟ بدون حل این چالش‌ها، علاقه و همراهی و همکاری با علم شهروندی ممکن است کاهش بیابد (۱۲).

هوش مصنوعی می‌تواند افراد بیشتری را به سمت علم شهروندی جذب کند، زیرا برخی (مانند جوانان)، به ویژه آنانی که درباره هوش مصنوعی کنجکاو هستند، ممکن است به سوی علم شهروندی کشیده شوند. سیاست‌گذاران باید منابعی را به تولید ایده‌های خلاقانه در مورد این‌که چگونه هوش مصنوعی می‌تواند به پیشرفت علم و بهره‌وری از آن کمک کند اختصاص دهند (۱۲). سازمان‌دهندگان پروژه‌های علم شهروندی همچنین باید تصمیم بگیرند که آیا قصد دارند با جایگزینی شهروندان با کامپیوتر و ماشین، بیش‌ترین کارایی ممکن را به دست بیاورند، یا با نگه داشتن شهروندان در کنار استفاده از فناوری‌های محاسباتی تعامل انسان - ماشین را بیشینه کنند (۳۸).

۶-۱- علم شهروندی و سیاست

در پروژه‌های علم شهروندی ممکن است برای وضعیت امور محلی مانند یک موضوع محیط زیستی تصمیم‌گیری شود (۶). رابطه بین علم شهروندی و سیاست پیچیده و نیازمند بررسی دقیق و عمیق است. چالش‌های روابط بین علم شهروندی و سیاست به ویژگی‌های جغرافیایی، اجتماعی و سیاسی جوامع وابسته است و بر موضوعات کلیدی مانند اثرات زیست محیطی، مدیریت زیست محیطی، سیاست و حمایت‌های سیاسی، حمایت از شبکه‌های اجتماعی و کنش‌های جامعه اثر می‌گذارد (۱). برخی علم شهروندی را جنبشی برای دموکراتیزه کردن علم می‌دانند. اگر علم شهروندی به راستی بخواهد به دموکراتیک کردن علم کمک کند، باید بتواند طیف گسترده‌تری از مخاطبان و شرکت‌کنندگان را جذب کند (۲). تمرکز بر کارایی، سرعت و توجه بیش‌تر به اهداف دیگر مانند یادگیری و توسعه داوطلبانه بسیار مهم و مفید است، اما، تقسیم کار در زمینه دموکراسی‌سازی علم، تنوع و افزایش دخالت شهروندان از چالش‌های دیرینه علم شهروندی هستند. بنابراین، سازمان‌دهندگان برای دستیابی به اهداف «دموکراسی‌سازی»، از فناوری‌های محاسباتی بیشتر به نفع مشارکت انسانی استفاده خواهند کرد و گاهی حتی با آن که فناوری‌ها می‌توانند کاری را بهتر و کارآمدتر انجام دهند همچنان از شهروندان کمک می‌گیرند (۳۸) در ادبیات مربوط به مفاهیم و دیدگاه‌های کلیدی مرتبط با علم شهروندی، مفهوم «حق پژوهش» مطرح می‌شود. حق پژوهش را آرجون آپادورای (Arjun Appadurai) انسان شناس هندی در سال ۲۰۰۶ م (۱۳۸۵ خ) ابداع نمود (۴۵)، که حق نسبت به ابزاری است که با کمک آن‌ها هر شهروندی می‌تواند به طور سیستماتیک اندوخته دانش خود را افزایش دهد که آن را برای بقای خود در جایگاه انسان و یا شهروند بسیار ضروری می‌داند (۴۶). تعریف آپادورای از پژوهش بسیار گسترده است. او پژوهش را تقویت تولید و مستندسازی دانش را توسط مردم عادی راهی می‌داند تا مردم بتوانند صدای خود را، به ویژه در موقعیت‌های آسیب‌پذیری اجتماعی و محیطی رسا کنند. با مفهوم حق پژوهش و این تعریف از پژوهش، رویکردی در علوم اجتماعی برای چارچوب‌بندی علم شهروندی از دیدگاه دموکراتیک فراهم می‌شود (۴۵).

برخی منتقدان هم علم شهروندی را راهی نوین برای به بردگی گرفتن شهروندان می‌دانند، زیرا در حالی که داده‌ها دارایی کلیدی قرن ما هستند، شهروندان در پروژه‌های علم شهروندی رایگان کار می‌کنند (۱). این نقد موضوعی بسیار مهم است که باید بررسی و راهکاری برای آن پیدا شود، اما موضوع این مقاله نیست ولی اهمیت حفظ گفتمان پر جنب‌وجوش پیرامون علم شهروندی را نشان می‌دهد.

۷- علم شهروندی و اخلاق

بررسی اخلاقی در پژوهش‌های مربوط به انسان در سال‌های گذشته به یک اصل حقوقی تبدیل شده است تا از شرکت‌کنندگان در برابر آسیب محافظت کند. بنابراین، از استانداردهای دقیق پیروی می‌کند (۴۷). از آنجایی که مردم فعالانه در گردآوری داده‌هایی کمک می‌کنند که سپس در انتشارات علمی استفاده و در پایگاه‌های داده‌ای مانند شبکه ملی تنوع زیستی^۱ عموم مردم سهام معتبری در مالکیت آن داده‌ها دارند. بنابراین، کم‌ترین کاری که باید در یک پژوهش یا پروژه علم شهروندی انجام شود آن است که داده‌هایی که گردآورده می‌شوند، چگونگی کاربرد داده‌ها، و اهداف و برنامه باید برای شرکت‌کنندگان و ذینفعان روشن و آشکار باشد (۴۸، ۴۹).

مالکیت برون‌داده‌های پژوهشی موضوع مهم عملی، قانونی و اخلاقی در بسیاری از پروژه‌های علم شهروندی هستند. در حالی که ورودی‌های پروژه شامل مشارکت در یک پروژه، مانند داده‌ها و نمونه‌های زیستی است، برون‌داده‌ها ایده‌ها و چیزهای ملموس و ناملموس هستند که در فرآیند پژوهش به دست می‌آیند. بسته به طراحی و اهداف یک پروژه، برون‌داده‌های آن ممکن است شامل مجموعه داده‌ها، یافته‌های پژوهشی، انتشارات، یا اکتشافات روش‌ها، محصولات یا فناوری‌های جدید باشد (۴۹). در برخی پروژه‌های علم شهروندی که محدود به گردآوری داده‌ها است، شهروندان، دانشمندان و سایر ذینفعان را باید شرکای برابر دید (۶). مشارکت‌کنندگان باید بر موضوع همکاری آگاه باشند و با خواست خود در پروژه همکاری کنند. اگر شرکت‌کنندگان با توافق و درک کامل موضوع همکاری را بپذیرند می‌توان آن فعالیت را علم شهروندی در نظر گرفت. همچنین، در هر پروژه علمی شهروندی همه افراد که حضور در پروژه را پذیرفتند باید به کد پژوهش و کار پایبند باشند (۶). اگرچه، این نکته هم بیان شده است که شهروندان از مشارکت در پروژه‌ها و پژوهش‌هایی که بر تندرستی آن‌ها و استفاده از داده‌های شخصی‌شان اثر می‌گذارد، سود می‌برند، برای نمونه، با «جنبه‌های اخلاقی و قانونی به اشتراک گذاری اطلاعات ژنومی» از نظر حق مالکیت و انجام پژوهش آشنا می‌شوند (۵۰).

سخن پایانی

علم شهروندی توان بالایی در سرعت بخشیدن به پژوهش‌های علمی، افزایش دانش و مهارت‌های علمی-پژوهشی عموم جامعه، یادگیری و بهبود بازده و بهره‌وری آموزش در همه سطوح دارد. علم شهروندی به تقویت ارتباطات علمی، توسعه علم و دانش و پیشرفت جامعه کمک می‌کند. علم شهروندی جایگاه خود را در جوامع علمی و دانشگاهی معتبر در سطوح گوناگون از انجام پروژه‌های علمی تا

پیشنهادهای ارزنده‌شان برای تکمیل مطالب این مقاله صمیمانه تشکر می‌کنم. سپاس‌گزار فاطمه ابوترابی، دانشجوی کارشناسی ارشد بیوشیمی، ورودی ۱۴۰۰، هستم که در تنظیم رفرنس‌های این مقاله مرا یاری نمودند. از خوانندگان گرامی هم برای وقت ارزشمندشان صمیمانه قدردانی می‌کنم. از بانو یلدا آرین نمازی، صفحه‌آرا و گرافیکست مجله فرهنگستان علوم برای وقت و دقت ایشان سپاسگزاری می‌کنم.

انجمن‌های علمی و حتی برنامه‌ریزی آموزشی مدارس و دانشگاه‌ها یافته است، با این حال، این قلمرو نامدار کاربردی و کارگشا در بسیاری از حیطه‌های علمی، تخصصی، سیاست‌گذاری و مدیریتی در ایران چنانچه باید و شاید شناخته نشده و گمنام مانده است.

سپاس‌گزاری

از آقای دکتر غلامرضا رکنی برای دعوت ایشان و همچنین

منابع

- Vohland K, Land-Zandstra A, Ceccaroni L, Lemmens R, Perelló J, Ponti M, et al. The science of citizen science: Springer Nature; 2021.
- Bonney R, Phillips TB, Ballard HL, Enck JW. Can citizen science enhance public understanding of science? Public understanding of science. 2016;25(1):2-16
- Curtis V. Online citizen science and the widening of academia: Springer; 2018.
- Irwin A. Citizen science: A study of people, exercise and sustainable development. 1995.
- Dibner KA, Pandya R. Learning through citizen science: Enhancing opportunities by design. 2018.
- Haklay M, Motion A, Balázs B, Kieslinger B, Greshake Tzovaras B, Nold C, et al. ECSA's characteristics of citizen science. 2020.
- Kimia Mohseni AR. Citizen Science: A New and Beneficial Scientific Approach in Food Industry. 2023.
- محمد حسن وحیدنیا، سید محمد ابراهیم موسوی، طراحی شی‌گرا و تحت وب مبتنی بر علم شهروندی در جمع‌آوری اطلاعات مکانی بافت فرسوده شهری. علوم و تکنولوژی محیط زیست، (خرداد ۱۴۰۱)، دوره ۲۴، شماره ۳- شماره پیاپی ۱۱۸، صص ۱۳۰-۱۱۵، doi 10.30495/JEST.2022.67005.5671
- مریم ابوالقاسمی، فاطمه فهیم‌نیا، یادگیری ماشین و علوم شهروندی؛ فرصت‌ها و چالش‌های تعامل انسان و رایانه، تعامل انسان و اطلاعات، (۱۴۰۰)، دوره ۸، شماره ۴، صص ۱۱-۱۴۰۰، fa.html-2987-1-http://hii.khu.ac.ir/article
- مرسده پهلوانیان، میثم شیرخدایی، نادر رازقی، پردازش نظری اجرای پروژه‌های علم شهروندان در ایران، سیاست علم و فناوری، (سال چهاردهم، تابستان ۱۴۰۰)، شماره ۲ (پیاپی ۵۰)، صص ۳۴-۱۹. JEST.2021.14.2.1294/10.22034
- مریم شعبانی، نادر رازقی، شهروندی علمی: فهم و درگیری عمومی از علم و فناوری در بین شهروندان تهرانی سیاست علم و فناوری (تیر ۱۳۹۹)، دوره ۱۳، شماره ۲- شماره پیاپی ۴۶، صص ۵۳-۴۱، doi 10.22034/JEST.2020.12.2.1200
- Flanagan K, Ribeiro B, Ferri P. AI and scientific productivity: Considering policy and governance challenges. 2023.
- McBride CM, Campbell GP, Zhao J, Pentz RD, Escoffery C, Komonos M, et al. Applying citizen science to engage families affected by ovarian cancer in developing genetic service outreach strategies. Plos one. 2022;17(2):e0262575
- Ruffell D. GENIGMA: an app to map the 3D genome of cancer cell lines through extreme citizen science. Wiley Online Library; 2022. p. 845-8.
- Smittenaar P, Walker AK, McGill S, Kartsonaki C, Robinson-Vyas RJ, McQuillan JP, et al. Harnessing citizen science through mobile phone technology to screen for immunohistochemical biomarkers in bladder cancer. British journal of cancer. 2018;119(2):220-9.
- Ryan S, Adamson N, Aktipis A, Andersen L, Austin R, Barnes L, et al. The role of citizen science in addressing grand challenges in food and agriculture research. Proceedings of the Royal Society B. 2018;285(1891):20181977.
- Lebeer S, Ahannach S, Gehrman T, Wittouck S, Eilers T, Oerlemans E, et al. A citizen-science-enabled catalogue of the vaginal microbiome and associated factors. Nature Microbiology. 2023;8(11):2183-2195.

18. Chauhan G, McClure J, Hekman J, Marsh PW, Bailey JA, Daniels RF, et al. Combining citizen science and genomics to investigate tick, pathogen, and commensal microbiome at single-tick resolution. *Frontiers in genetics*. 2020;10:1322.
19. Den Broeder L, Devilee J, Van Oers H, Schuit AJ, Wagemakers A. Citizen Science for public health. *Health promotion international*. 2018;33(3):505-14.
20. Chari R, Petrun Sayers EL, Amiri S, Leinhos M, Kotzias V, Madrigano J, et al. Enhancing community preparedness: an inventory and analysis of disaster citizen science activities. *BMC public health*. 2019;19:1-15.
21. Katapally TR. A global digital citizen science policy to tackle pandemics like COVID-19. *Journal of medical internet research*. 2020;22(5):e19357.
22. Provenzi L, Barelo S. The science of the future: establishing a citizen-scientist collaborative agenda after Covid-19. *Frontiers in Public Health*. 2020;8:282.
23. Van Haeften S, Milic A, Addison-Smith B, Butcher C, Davies JM. Grass Gazers: Using citizen science as a tool to facilitate practical and online science learning for secondary school students during the COVID-19 lockdown. *Ecology and Evolution*. 2021;11(8):3488-500.
24. Bonney R. Expanding the impact of citizen science. *BioScience*. 2021;71(5):448-51.
25. Schacher A, Roger E, Williams KJ, Stenson MP, Sparrow B, Lacey J. Use-specific considerations for optimising data quality trade-offs in citizen science: recommendations from a targeted literature review to improve the usability and utility for the calibration and validation of remotely sensed products. *Remote Sensing*. 2023;15(5):1407.
26. Robinson LD, Cawthray JL, West SE, Bonn A, Ansine J. Ten principles of citizen science. *Citizen science: Innovation in open science, society and policy*: UCL Press; 2018. p. 27-40.
27. Jäckel D, Mortega KG, Darwin S, Brockmeyer U, Sturm U, Lasseck M, et al. Community engagement and data quality: best practices and lessons learned from a citizen science project on birdsong. *Journal of Ornithology*. 2023;164(1):233-244.
28. Dibner KA PR. *Learning Through Citizen Science*. Washington (DC)2018.
29. Lüsse M, Brockhage F, Beeken M, Pietzner V. Citizen science and its potential for science education. *International Journal of Science Education*. 2022;44(7):1120-42.
30. Dibner KA PR. *Learning Through Citizen Science: Enhancing Opportunities by Design*. Washington (DC): National Academies Press (US)2018.
31. Eveleigh A, Jennett C, Lynn S, Cox AL, editors. "I want to be a captain! I want to be a captain!" gamification in the old weather citizen science project. *Proceedings of the first international conference on gameful design, research, and applications*; 2013.
32. Greenhill A, Holmes K, Lintott C, Simmons B, Masters K, Cox J, et al., editors. *Playing with science: Gamified aspects of gamification found on the online citizen science project-zooniverse*. GAMEON 2014; 2014: EUROSIS.
33. Team COaSS. 2018 [Available from: <https://depts.washington.edu/coasst>].
34. SciStarter 2018 [Available from: <https://scistarter.com>].
35. Alfaro-Ponce B, Durán-González R, Morales-Maure L, Sanabria-Z J. Citizen science as a relevant approach to the challenges of complex thinking development in higher education: mapping and bibliometric analysis. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2024;11(1):1-3.
36. Tillotson-Chavez K, Weber J. A New Generation of Citizen Scientists: Self-Efficacy and Skill Growth in a Voluntary Project Applied in the College Classroom Setting. *Citizen Science: Theory and Practice*. 2024;9(1).
37. Finger L, van den Bogaert V, Schmidt L, Fleischer J, Stadler M, Sommer K, et al., editors. *The science of citizen science: A systematic literature review on educational and scientific outcomes*. *Frontiers in Education*; 2023: Frontiers Media SA.
38. Ponti M, Seredko A. Human-machine-learning integration and task allocation in citizen science. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2022;9(1):1-15.

39. Fitts PM. Human engineering for an effective air-navigation and traffic-control system. 1951.
40. Franzen M, Kloetzer L, Ponti M, Trojan J, Vicens J. Machine learning in citizen science: Promises and implications. *The science of citizen science*. 2021;183.
41. Ceccaroni L, Bibby J, Roger E, Flemons P, Michael K, Fagan L, et al. Opportunities and risks for citizen science in the age of artificial intelligence. *Citizen Science: Theory and Practice*. 2019;4(1):Article number: 29.
42. The Face Game: A citizen science project to learn how Artificial Intelligence will choose to appear to humans 2023 [Available from: <https://nachrichten.idw-online.de/2023/06/12/the-face-game-a-citizen-science-project-to-learn-how-artificial-intelligence-will-choose-to-appear-to-humans>].
43. Bonnefon J-F, Shariff A, Rahwan I. The social dilemma of autonomous vehicles. *Science*. 2016;352(6293):1573-6.
44. Awad E, Dsouza S, Kim R, Schulz J, Henrich J, Shariff A, et al. The moral machine experiment. *Nature*. 2018;563(7729):59-64.
45. Albagli S, Iwama AY. Citizen science and the right to research: building local knowledge of climate change impacts. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2022;9(1).
46. Appadurai A. The right to research. *Globalisation, societies and education*. 2006;4(2):167-77.
47. Oberle KM, Page SA, Stanley FK, Goodarzi AA. A reflection on research ethics and citizen science. *Research Ethics*. 2019;15(3-4):1-10.
48. Riesch H, Potter C. Citizen science as seen by scientists: Methodological, epistemological and ethical dimensions. *Public understanding of science*. 2014;23(1):107-20.
49. Guerrini CJ, McGuire AL. An Ethics Framework for Evaluating Ownership Practices in Biomedical Citizen Science. *Citizen science: theory and practice*. 2020;6(1).
50. Tauginienė L, Butkevičienė E, Vohland K, Heinisch B, Daskolia M, Suškevičs M, et al. Citizen science in the social sciences and humanities: The power of interdisciplinarity. *Palgrave Communications*. 2020;6(1):1-11

سپاسگزاری

از آقای دکتر غلامرضا رکنی برای دعوت ایشان برای نگارش مقاله و همچنین پیشنهادهای ارزنده‌شان برای تکمیل مطالب ان صمیمانه تشکر می‌کنم. همچنین به غفلت مقاله بدون چکیده انگلیسی تقدیم شده بود که آقای دکتر علی فرازمنده علاوه بر ویرایش مقاله چکیده انگلیسی آن را هم آماده فرمودند. از همکاری دوستانه ایشان با فروتنی بسیار قدردانی می‌کنم. سپاس‌گزار فاطمه ابوترابی، دانشجوی کارشناسی ارشد بیوشیمی هستم که در تنظیم رفرنس‌های این مقاله یاری نمودند. از خانم یلدا آراین نمازی گرافیکست مجله به خاطر شکیبایی و همراهیشان سپاسگزاری می‌کنم. از دخترم اسرار که اجازه داد بخش مهمی از وقتم را که از آن اوست به نوشتن این مقاله بپردازم نیز سپاس‌گزارم.

مروری بر احوال و آثار محمد بن زکریای رازی (۳۰۴-۲۴۳ شمسی)

شکوه یکپارچگی نخبگی و پختگی در علم، طبابت و اخلاق پزشکی

علی فرازمند

دانشکده زیست‌شناسی دانشگاه تهران و عضو شاخه زیست‌شناسی فرهنگستان علوم.
afarazma@gmail.com

نامه علوم پایه شماره ۱۲ و ۱۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۲

«اگر همه می‌توانستند از استعدادهای خود درست بهره بگیرند
دنیا همان بهشت موعودی می‌شد که همه می‌خواهند»
زکریای رازی

چکیده

جرج سارتن مورخ بی‌بدیل تاریخ علم، نیمه دوم سده سوم هجری قمری را عصر رازی نامیده، همو گوید که رازی بزرگ‌ترین پزشک ایران و جهان اسلام در زمان قرون وسطی است. نوبرگر (Neuburger) در اثر خویش *تاریخچه پزشکی*، می‌نویسد رازی بدون شک بزرگ‌ترین پزشک از محدود پزشکان دوره اسلامی بود که راه بقراط را پیموده، و ارزیابی‌های بالینی بی‌طرفانه و بی‌همتائی را پدید آورد. به روایت پرویز اذکائی (در اثر ارزشمندش با عنوان *حکیم رازی*) عصر رازی دوره بازگشت یا نوزائی فرهنگ باستانی ایران است. این دوره، مقارن سده‌های سوم و چهارم قمری، با افول خلافت عباسی و پاگرفتن دولت‌های سامانی و دیلمی و خاندان‌های دیگر همراه بود که خود زمینه رشد و شکوفائی علم و معرفت، در دوره موسوم به عصر طلائی تمدن اسلامی را فراهم ساخت. رازی نیز مانند ابوریحان و ابن سینا در همین دوران در پناه حکمرانان جدید در شکوفائی این عصر نقش بی‌بدیلی ایفا کردند. دریافت‌های طبی دقیق و روش‌های درمانی ویژه‌ای که رازی داشت موجب شد تا آثار وی بیش از پنج سده از مراجع جهانی پزشکی باشد. رازی اولین کسی است که آبله را از سرخک تشخیص داد؛ با این مشاهده و پژوهش، یکی از تشخیص‌های درست و بنیادی رازی، در رساله آبله و سرخک خویش همچنین به تدابیری در خصوص ارزشمند جلوگیری از عوارض این دو بیماری پرداخته است. در این مقوله او را به عنوان یک مشاهده‌گر عالی و در عین حال گردآورنده نقادانه دانش پزشکی یونانی، سریانی و عربی پیشگام می‌شناسند. در این مقاله زندگی پربار زکریای رازی، پزشک، فیلسوف، و شیمی‌دان بی‌بدیل ایرانی، و آثار بسیار ارزشمند او را مرور می‌کنیم.

اشاره:

در شماره پیش، مرور آثار و احوال ابوریحان بیرونی مورد استقبال خوانندگان اندیشمند نامه علوم پایه قرار گرفت. با توجه به انبوه نوشته‌های موجود درباره این نابغه دوران برای نگارنده کمی دور از انتظار بود که خوانندگانی، برخی خود از عالمان بر احوال بیرونی، به این نوشته برخورد مهرآمیز نشان دهند. به نظرم در دنیایی که همه مفتون و محصور پیشرفت‌های خارق العاده علوم امروزی هستند کمتر فرصت می‌کنیم نبوغ و عظمت دانشمندانی را که سده‌ها پیش - علی‌رغم محدودیت‌های عصر خود - آثاری بسی پرمایه پدید آورده‌اند، به شایستگی یاد کنیم و یا سیره و سلوک آن را در دنیای مدرن شایسته سرمشق بدانیم! آثار برخی از این بزرگان سده‌ها در جهان موضوع درس و مشق آکادمی‌های غرب بوده‌اند. با اندیشه در یافته‌ها و آثار به یادگار مانده این بزرگان بی‌اختیار به مقایسه می‌پردازیم که اگر مثلاً جایزه نوبل در آن عصر متداول بود در طول عمر ابوریحان و رازی و ابن سینا چند بار پیاپی باید چنین جایزه‌ای بدانها اعطا می‌شد؟ در روزگاری که ایشان با فاصله‌ای چشمگیر اصلاً بدیلی نداشتند که در این رقابت حتی شانس شرکت داشته باشند.

در کنار این نخبگان علمی کلاسیک، ما شمار قابل توجهی از ادبا، حکما، فیلسوفان و عارفانی داشته‌ایم که از جهات معنوی پیشگام تعلیم عالی بی‌مثالی بوده، همچنان روشنی بخش دل‌های در جستجوی معنی انسان معاصر هستند. ابیاتی از نظم سعدی که بر درگاه سازمان ملل می‌درخشد؛ مجسمه چهار نخبه و عالم ایرانی، بیرونی، رازی، خیام و ابن سینا که در فضای دفتر سازمان ملل در اتریش، نصب شده‌اند؛ اینکه مثنوی مولانا طی سال‌ها از پرفروش‌ترین کتاب‌ها در آمریکا بوده است همه بنوعی نام و نشانی از تاثیر فرهنگ ایران و ایرانی دارند. اینها دارائی‌های تاریخ و تمدن دیرپای ماست که باید بر آنها بالید و با افتخار به عرضه آنها پرداخت. شاید گفتگو از این بزرگان و پاسداشت و گسترش اندیشه‌های غنی آنها بتواند توشه‌ای معنایی برای نسل‌های جدید این مرز و بوم و نیز مردمان گوشه و کنار جهان فراهم آورد. بنابراین دعوت می‌کنیم که اندیشمندان علاقه‌مند در بسط این نوشته‌ها با این مجله همکاری کنند. فرهنگستان‌های چهارگانه ایران نیز می‌توانند در شناساندن این بزرگان و اندیشه‌های آنها نقش شایان‌تری ایفا کنند.

بیماری جوامع امروز پذیرش گزیر ناپذیر شکل و مبانی توسعه امروزی زندگی، و توسعه بی‌مهار بخشی از عالم و ناکفایی آشکار آن در بخش‌های دیگر جهان است. توسعه‌ای بی‌مهار و مبتنی بر رقابت‌های شتابنده و کور فردی، ملی و بین‌المللی - بدون توجه به مصالح شخصی، ملی و جهانی - که پیشرفت پایداری برای جهانیان نداشته و نخواهد داشت. برای به تعادل رسیدن جامعه جهانی، مردم بیش از هر چیز نیازمند درک ضرورت رویکرد توسعه پایدار در هر دو سطح ملی و جهانی‌اند و این توسعه جز با گسترش آموزه‌های معنوی، باور و تعهد به اخلاقیات انسانی دست یافتنی نیست؛ و دیدن راه و چاه، و تلاش برای عرضه منشوری که پذیرش و عمل بدان شاید بتواند چشم اندازی معقول و امیدبخش را برای جهانیان ترسیم سازد! اگر ملل شرق در توسعه اقتصادی همپای غرب نیستند ولی برای شراکت معنویات، ذخائر پایان ناپذیری دارند که تمدن معاصر غرب از نظائر اینها بی‌گفتگو فقیر است. نباید این داشته‌ها را دست کم گرفت یا آن را متاعی پیش و پا افتاده دید. با توجه به مجموعه دارائی‌های معنوی و فرهنگی جهان، به‌جرات می‌توان گفت از این نظر ما در دنیا در رتبه نخست قرار داریم. در کنار دارائی‌های مادی قابل توجه، منابع فرهنگی - ادبی - معنوی ما از نظر بزرگی و محتوی بی‌شک بلارقیب است. جاذبه‌های غنی تمدن و فرهنگ ایران، با افزودن جاذبه‌های ملموس مبتنی بر محتوی میراث فرهنگی بزرگان این سرزمین، می‌تواند چشم انداز گردشگری ایران را دوچندان «دیدنی» سازد. این مقایسه از سر ملی گرائی کر و کور یا نمایشی هژمونی نشان نیست، بلکه اذکاری برای ارج گذاری پیوستار [ملی و جهانی] فرهنگی جاری در طول تاریخ و عرصه نهان و آشکار جغرافیایی است که برای دوره‌ای قابل توجه گهواره تمدن زندگی نوع بشر بوده است. بشریتی که همواره به شکلی خستگی ناپذیر درگیر منازعات بی‌پایان ناشی از برتری جویی‌های گذرا و نامیمون بوده است، نیازمند درک اهمیت این پیوستار فرهنگی تاریخ گیتی است. سرزمین ایران این بخت را داشته است که از روزگار کهن خاستگاه زایش و پویای فرهنگی پُرغنائی باشد و در صورت عرضه درست - با تاکید اینکه در میراث علمی، ادبی و فرهنگی جهان سهمی داشته و دارد - می‌تواند یادآور این نقش و نقش آفرینی‌های نوین باشد. گفته شد که این اشارات صرفاً برای تاکید بر پیوستار میراث فرهنگی جهانی است که با یکپارچه دیدن آن به عنوان بخشی از میراث بشری، جایی برای منازعات بیهوده و دعوی برتری این و آن فرهنگ نیست بلکه تنها تلنگر کنایه فضل تقدم در کنار تقدم فضلی است که از مباحثات فردی و اجتماعی، همیشگی، همگانی و همه جایی بشری است.

علی فرازمند

پیش درآمد:

رازی به روایت خویش

«... هرگز از حدود اعتدال و امور ضروری به جهت معاش فراتر نرفته‌ام، چنانکه سیرت فلسفی من هرگز این نبوده است که به عنوان مردی لشکری یا کشوری به خدمت سلطانی پیوندم؛ اگر هم در صحبت چنین کسی بوده‌ام از وظیفه طبابت و منادمت قدم فراتر نگذاشته‌ام. هنگام ناخوشی به پرستاری و اصلاح امر جسمی او مشغول بوده در وقت تندرستی به موانست و مشاورت او ساخته‌ام و خدای آگاه است که در این طریقت نیز جز صلاح او و مردم قصد دیگری نداشته‌ام. در جمع مال هم دستخوش حرص و آز نبوده، مالی را هم که به دست آورده‌ام بیهوده به باد نداده‌ام، با مردم هیچوقت به منازعه و مخاصمه برنخاسته و در حق کسی ستم روا نداشته‌ام، بلکه آنچه از من سرزده است خلاف این بوده، حتی غالب اوقات از استیفای بسیاری از حقوق خود نیز درگذشته‌ام. درباب خوردن و آشامیدن و اشتغال به ملامی، کسانی که مرا بدین حال دیده‌اند دانسته‌اند که هیچ‌گاه به طرف افراط متمایل نبوده‌ام، و در پوشاک و مرکب و نوکر و کنیز هم در همین حد می‌رفته است»

روایت فوق از رازی در مورد زندگی خود تا آنجا که در منابع می‌خوانیم روایتی است درست و بی‌پیرایه. بزرگ اندیشمندی چون او، با توجه به آثار گسترده و ژرفی که آفریده، حیات پرثمری در اعتلای اندیشه و معرفت بشری داشته، و مثل بسیاری از همگان بر اولویت‌های زندگی مادی و شخصی چشم فرو بسته است جز به این سیاق نمی‌توانسته زیسته باشد. جمله سر لوحه این نوشتار نیز اندیشه ژرفی را در مورد تعلیم و تربیت انبای بشر به نمایش می‌گذارد. براستی که اکثریت بسیار قابل توجه مردمان به علل گوناگون مادی و معنوی - شخصی و اجتماعی - از درخشش استعداد های خود محروم می‌مانند. آیا چیزی برتر از آزادی و اختیار انسان‌ها برای کشف استعداد نهفته خود و شوق شکوفائی آن می‌توان متصور شد؟ کشف استعدادها از وجوه بارز الگوی نظام‌های آموزشی پیشرفته در دوران معاصر است که می‌تواند دستاوردهای ژرف و گسترده‌ای در زندگی اجتماعی مردم هر کشور داشته باشد. شاید خود رازی نیز با ملاحظاتی اسیر همین دیربایی استعداد پزشکی‌اش در سنین میانه عمرش به حساب می‌آید؛ هرچند نبوغ استثنائی و ذاتی‌اش در کنار پشتکار چشم سوز و جان فرسایش او را در هرکاری که پی می‌گرفت، با توجه به دستاوردهایش در قلمروهای دیگر علوم و معرفت بشری، می‌توانست کمابیش او را برجسته جلوه دهد. با این تلویحات اینک به مرور زندگی و آثار این دانشمند و حکیم برجسته ایرانی می‌پردازیم.

زندگی و زادگاه رازی

محمد بن زکریای رازی به سال ۲۴۳ شمسی در ری به دنیا آمد. کنیه‌اش ابوبکر بود. در لاتین با نام‌های رازس^۱ و الرازی^۲ مشهور است. از زندگی دوران کودکی و جوانی وی اطلاعات زیاد و دقیقی در دست نیست ولی به کسب و کار خانوادگی یعنی زرگری اشتغال داشته، علاقه‌مند موسیقی بوده، در کودکی و جوانی دلبسته نواختن عود و سُرایش شعر، علاقه‌مند علوم عقلی و ادبی بوده است. به جهت ابعاد شخصیتی غنی و موثری که در طول زندگی کاری‌اش داشت، با القابی چون یگانه عصر، جالینوس عرب، فیلسوف عرب، طبیب مارستان (مخفف بیمارستان و جای بیماران و دیوانگان)، طبیب مسلمانان، علامه علم اوائل (علوم یونانی) از او یاد شده است. پدر علم شیمی نوین، پدر شیمی درمانی و پیشگام مداوای سرطان نیز از القاب دیگر اوست.

شهر ری، پیش از استیلای اعراب موسوم به رقا (Raghā)، از بلاد مهم آن روزگار و محل زندگی اندیشمندان زیادی بوده است. ری با توجه به اینکه در میان مناطق کوهستانی (شمال آن) و دشت و بیابان (گستره جنوبی آن) واقع شده است از دوران کهن محل استقرار مردم بوده، تاریخی کهن دارد. نقل است در سده سوم و چهارم هم پرجمعیت‌ترین شهر آسیا بوده، پس از بابل هیچ شهری از نظر شمار جمعیت و ثروت به پای آن نمی‌رسید. ابن فقیه همدانی آن را عروس زمین نامیده، و حکیم رازی خود از افتخارات برجسته و خُجسته دَم این دیار و آن دوران بود. از دکتر حسین کریمان نقل است که در توالی قرون و اعصار، شهری نتوان یافت که به اندازه ری پرورش دهنده رجال علمی و دینی و سیاسی باشد. هرچند همزمان از نظر اجتماعی اسیر تعصبات و منازعات مذهبی و فرقه‌ای هم بوده است. نیمه سده سوم قمری، این شهر یکی از نقاط عطف تاریخ سیاسی-مذهبی-فرهنگی ایران زمین و خاستگاه تحولات اجتماعی و فکری در پایان یک دوره از مبارزات جنبش تشیع پنهان است. رازی در همین دوران آثار متعددی را به نام امیران و فرمانروایان - بنا بر درخواست آنان که دوستدار و حامی علم و ادب بودند- پدید آورده است. عصر رازی طلعه دار نوزائی فرهنگی ایران است که با ظهور آل بویه دیلمی به اوج شکوفائی خود می‌رسد. وجه بارز دیلمیان در آن است که نه مطیع شاهان ساسانی بودند و نه مقهور خلفای عرب شدند و نهایتاً با آنکه شاید می‌توانستند بساط خلافت را به طور کامل برچینند، با مشاوره با علمای علوی و دریافت سیطره و نفوذ گسترده خلفای سنی مذهب در میان توده مردم و اینکه خود متشیع و مخالف امر خلافت بودند جایگزینی خلافت را روا ندانسته، فقط به تحقیر و تخفیف قدرت خلافتی بغداد اکتفا کردند. شگفت آنکه جوئل کرمر^۳ آنها را از نظر

1. Rhazes

2. Al-Razi

3. Joel L. Kraemer

عملکرد در سپهر تاریخ سیاسی ایران همپای مردم سوئیس در اواخر قرون وسطی و اروپای دوران رنسانس معرفی کرده است.

حکیم رازی از حرفه خانوادگی‌اش یعنی زرگری، به خاطر علاقه‌اش به علم و اسرار طبیعت به کیمیاگری گرایش پیدا می‌کند. بر اثر همین کار و مواجهه زیاد با آتش و دود چشمانش آسیب می‌بیند. در مراجعه به پزشک برای مداوا، وقتی پزشک از او ۵۰۰ دینار طلب می‌کند با خود می‌گوید کیمیا این است نه آنچه تو درپی آنی. از خود رازی نقل است در جوانی علاقه بسیاری به تجربه و آزمایش آکاذیب عزائم و معزمان داشته، از همین رو به کیمیاگری روی آورده بود تا بتواند از این طریق گوهر فلزات را دگرگون سازد. با این حال با یافتن «کیمیای طب»، با الهام از روایت ذکر شده در ملاقات با چشم پزشک، در سی و چند سالگی به پزشکی روی می‌آورد و برای آموزش راهی بغداد می‌شود که مرکز علم و طب بوده است. سرانجام، شاید با وقوف بر کوتاهی زندگی و تاخیر در یافتن استعدادش، فراتر از توانایی‌های طبیعی، بر اثر تلاشی سترگ و بی‌وقفه سرآمد دنیای پزشکی آن دوران می‌شود. به دربار خلیفه عباسی المعتضد راه می‌یابد و به ریاست بیمارستان بزرگ بغداد (المعتضدی) می‌رسد. در بازگشت به زادگاهش نیز ریاست بیمارستان ری را برعهده می‌گیرد. همچنین خانه‌اش در ری «پزشکی خانه» و پذیرای بیماران از عامه مردم بوده است. در همین جا کتاب طب المنصوری را به نام فرمانروای وقت منصور بن اسحاق بن احمد سامانی می‌نویسد. آثار او در قلمرو پزشکی تا سده‌ها همچنان مورد استفاده اصحاب این علم در سراسر جهان بوده است. رازی نیز مانند ابوریحان در تمام علوم زمانه خود صاحب نظر بوده، با تلاشی خارق‌العاده و کار تمام عمر، در مورد اغلب علوم زمانه آثاری قابل تامل از خود به جا گذاشته است. چون آثارش به عربی بوده از او به عنوان جالینوس عرب یاد کرده‌اند. پزشکی تنها قلمروی نیست که نخبگی و پختگی‌اش در آن او را در سطح جهان و در طول اعصار زبان‌زد اندیشمندان ساخته است. او طبیعت شناسی است که در شیمی عالمی بصیر و اثرآفرین، و واضع کیمیای تجربی و علمی است و از پیشگامان شیمی نوین شمرده می‌شود؛ ژولیوس روسکا رازی را پدر علم شیمی، لقبی که پیش از او فقط به لاوازیه داده‌اند، نامیده است؛ رازی در فلسفه، کیهان‌شناسی، منطق، ریاضی، و الهیات نیز صاحب بَصَر و اثر است. بررسی‌ها و پژوهش‌های ابوریحان و عمر خیام در زمینه چگال سنجی زر و سیم از دانش رازی بهره گرفته‌اند. او در عصب‌شناسی، علم سلامت روان، کالبدشکافی، جانورشناسی، گیاه‌شناسی، کانی‌شناسی (دسته بندی مواد فلزی و غیر فلز) نیز صاحب دیدگاه‌های مشخص و منحصر به فرد است.

برای قرن‌ها از آثار و رسالات او به همراه قانون پزشکی ابن سینا به عنوان متون اولیه برای دانشکده‌های پزشکی بزرگ در اروپا استفاده می‌شد. تمبرهای یادبودی توسط بسیاری از کشورها به افتخار آثار

او منتشر شد و پرتره ای از او در سالن دانشکده پزشکی پاریس آویخته شده است (شکل ۱). یکی از نخستین مجسمه‌های ساخته شده در سال‌های ابتدائی انقلاب اسلامی از رازی- اثر علی قهاری کرمانی- است که در میدان گمرک قدیم، میدان رازی امروزی، برپاست (شکل ۲). همچنین مجسمه او در میان چهار مجسمه ای است که در ایوان چهارتاق نصب شده - اهدائی ایران- در محوطه ورودی مقر سازمان ملل متحد در وین به چشم می‌آید (شکل). در این بنای یادبود مجسمه‌های رازی، ابن سینا، خیام و بیرونی به شکلی چشمگیر با بهره‌مندی از سبک‌های معماری و تزئینی اسلامی و هخامنشی جای داده شده‌اند. نیم تنه‌ای از بیرونی در شهر تبریز و تندیس دیگری از وی در مقابل ورودی انستیتوی وزین و با افتخار سرم سازی حصارک کرج نصب شده است. بیمارستان رازی قطب بیماری‌های پوستی در محله موسوم به سنگلج، خیابان وحدت اسلامی (شاهپور سابق) نیز به یادمان این حکیم بزرگ در سال ۱۳۱۲ تاسیس شد. بیمارستان‌های دیگری نیز به نام وی در شهرهای دیگر از جمله ایلام و دانشگاه رازی کرمانشاه نیز به نام او برپاست. در سال ۱۳۲۵ هجری شمسی به درخواست شمس الدین امیرعلایی، وزیر کشاورزی وقت، نام رازی بر «بنگاه موسسه سرم سازی حصارک» افزوده شد. پنجم شهرپور، زادروز رازی به پاس تلاش‌های فراوان، کشف‌ها و نوشته‌های ارزشمند در زمینه‌های شیمی، داروسازی و پزشکی، روز داروسازی نام‌گذاری کرده‌اند.

در بین منابع کلاسیک در مورد زندگی و آثار رازی دو تا از همه قابل توجه‌تر است. یکی *الفهرست* ابن ندیم، دیگری *الفهرستی* که ابوریحان بیرونی نوشته است. در کتاب *الفهرست* ابن ندیم از یک همشهری رازی نقل شده که او هیچگاه بی کاغذ و قلم نبوده، همواره می‌نوشته است. بیرونی در این اثرش در وصف عشق رازی به تحصیل علم می‌گوید که همواره شیفته و درگیر بحث و درس بوده، در مطالعات شبانه چراغ خود را در چراغدانی به دیوار آویزان می‌کرد و کتابش را با تکیه بر دیوار می‌خواند تا به وقت چیرگی خواب با افتادن کتاب بیدار شده، خواندن را از سر گیرد. سال‌های پایانی عمر رازی، که همچنان در آموزش شاگردان اهتمام دارد، در زادگاهش ری سپری می‌شود. در همین ایام که چشمانش آب آورده است توصیه و اجازه یکی از شاگردانش را که برای معالجه‌اش از طبرستان به دیدارش شتافته برای مداوا رد می‌کند؛ رازی با تصدیق حذاقت و قدرشناسی وی از این امر سرباز می‌زند و می‌گوید شاید به اجل خویش نزدیک است (شاید هم خسته از رنج روزگار و کار سنگین تمام عمرش) و تحمل درد چشمانش را بر رنج درمان به جان می‌خرد و چندی بعد در سن حدود شصت سالگی دار دنیا را وا می‌نهد. نقل است با گفتن این جمله «زیرا من آنقدر دنیا را دیده‌ام که از آن خسته شده‌ام.» از معالجه سر باز می‌زند و با موقعیت شاید رشک انگیزی که داشت و رئیس بزرگترین بیمارستان بغداد بود، در کوری و نداری؟ درگذشت. از مقبره و محل دفن حکیم رازی

بردن سنگین و بی‌رویه این شهر قدیمی است که بی‌شک رازهای ناگفته بسیاری از تاریخ این دیار را در خاک نهفته دارد. از بیژن شهرامی نقل است که آرامگاه وی، احتمالاً در محوطه تاریخی برج طغرل واقع شده باشد.

هیچ نشانی در دست نیست و در حفاری‌های شهر ری و حومه تا کنون اثری از آرامگاه وی پیدا نشده است. دلایل متعددی بر نیافتن آرامگاه او قید شده است. ازجمله اینها از بین رفتن بیش از ۸۰ درصد محدوده ری قدیم به دلایل گوناگون و به زیر ساخت و ساز



شکل ۱: از راست: مجسمه رازی در بنای بادبود چهارطاق در مقابل مقر سازمان ملل در اتریش. چند تمبر یادبود رازی و پرتراهی نقاشی شده از رازی، آویخته در سالن دانشکده طب پاریس.



شکل ۲: مجسمه رازی در میدان رازی (میدان قدیمی گمرک در تهران)

بستر و شرایط تاریخی-فرهنگی عصر رازی

دینی و فلسفی‌اش دامن زده است. بی‌تردید فرهنگ و تمدن ایران باستان به اعتبار تقدم آشکار آن بر تمدن یونان (که غربیان اغلب با سوگیری مکتب یونان را سرآغاز تمدن معرفی کرده‌اند) ذخائر فرهنگی ارزشمندی به دنیای پس از خود ارزانی داشته که خود یونانیان و هیچ اندیشمندی نمی‌توانست آنها را نادیده بگیرد. پناه آوردن فیلسوفان یونانی به ایران در زمان انوشیروان، هنگامی که ژوستینین یکم آکادمی نوافلاطونیان را تعطیل کرد، به‌تنهایی گواه بارزی است که محیط علمی و فلسفی ایران جامعه مستعدی برای نشر علم داشته است. آنها آثار زیادی، از جمله آثار ارسطو، را با خود به ایران آوردند که به زبان سریانی و پارسی و پس از به قدرت رسیدن عباسیان به زبان عربی ترجمه شدند. دانشمندان و

در رابطه با سهم زکریای رازی در علم و حکمت زمانه خویش و میراث او برای نسل‌های بعدی (موضوع نوشته این شماره) او را می‌توان حکیمی بی‌مثال و گردآورنده مباحث گوناگون -از فلسفه و طب و شیمی و غیره- برگرفته از پیشینیان دانست که البته در هر مقوله‌ای استنباطات و یافته‌های خویش را با تحلیل‌های نافذ بر آنها افزوده است. او مانند بیرونی در خلق آثار خویش تمام نوشته‌های مرتبط با موضوع را از منابع ایرانی و یونانی و زبان‌های مختلف به شکلی جامع و خستگی‌ناپذیر تجزیه و تحلیل می‌کرد. بویژه به اعتبار ایرانی بودن، او در مباحث فلسفی تحت تاثیر و دانائی ذخائر فرهنگی ایران باستان به اندیشه‌هایی دست یازیده است که غیرمستقیم به انتقادات ناقضین آرای وی در باورهای

نسب و عقیده را در می‌نورد و مدرسه جای بحث و گفتگو و دفاع از هر نوع اندیشه و تفکری می‌شود که در آن مسلمان، مسیحی، یهودی، زردشتی و صابی و مانوی احترام داشته، همه در شمار علمای اسلام به حساب می‌آمدند. در چنین ملائی سید رضی و سید مرتضی، چهره‌های درخشان عالم تشیع با ابوالعلائی معری دهری در یک مجلس می‌نشستند و هر آنگاه که ابوالعلا به نشانه تواضع پائین مجلس می‌نشست آنان او را به بالای مجلس فرا می‌خواندند. در همین فضا است که حکیم رازی در مجلس قاضی شهر ری در برابر ابوحاتم رازی، داعی اسماعیلی، به مباحثه و گفتگو می‌نشیند. عصر زرین تمدن اسلامی در پیوستار فرهنگی تمدن بشری، بویژه از داشته‌ها و مدد دانشوران ایران بهره‌مند بوده، هیچ ملتی به اندازه ایرانیان با اعراب مودتی این چنین تنگاتنگ نداشته است.

رازی طبیب

جرج سارتن مورخ بی‌بدیل تاریخ علم، نیمه دوم سده سوم هجری قمری را عصر رازی نامیده، همو می‌گوید که ابوبکر محمد بن زکریای رازی بزرگ‌ترین پزشک ایران و جهان اسلام در زمان قرون وسطی است. نوبرگر^۱، در اثر خویش تاریخچه پزشکی، بر آن است که رازی بدون شک بزرگترین پزشک از معدود پزشکان دوره اسلامی بود که راه بقراط را پیموده، و ارزیابی‌های بالینی بی‌طرفانه و بی‌همتائی را پدید آورد. میراث بقراط آوردن نگرش و روش علمی در معالجه بیماری‌ها- و ثبت و گردآوری گزارش‌های بالینی- در پزشکی است که با درجه کم در طب جالینوس، ولی به حد اعلی توسط زکریای رازی به کار گرفته شده است. اقبال غربی‌ها به کارهای رازی که چندین سده در دوره نوزائی فرهنگی اروپا، حتی شاید تا سده بیستم، ادامه داشت به خاطر همین رویکرد تجربه‌گرایانه رازی است که در پزشکی امروز نیز بخش مهمی از کار بالینی به شمار می‌رود.

به روایت پرویز اذکائی (حکیم رازی)، عصر رازی دوره بازگشت یا نوزائی فرهنگ باستانی ایران است. این دوره، مقارن سده‌های سوم و چهارم قمری، با افول خلافت عباسی و پاگرفتن دولت‌های سامانی و دیلمی و خاندان‌های دیگر همراه بود که خود زمینه رشد و شکوفائی علم و معرفت، در دوره موسوم به عصر طلائی تمدن اسلامی را فراهم ساخت. رازی نیز مانند ابوریحان و ابن سینا در همین دوران در پناه حکمرانان جدید در شکوفائی این عصر نقش بی‌بدیلی ایفا کردند. رازی که حرفه پزشکی او در میان بقیه کارهایش برجستگی بیشتری دارد، دریافت‌های طبی دقیق و روش‌های درمانی ویژه‌ای که دارد موجب شد بیش از پنج سده از مراجع جهانی در این زمینه باشد. رازی اولین کسی است که آبله را از سرخک تشخیص داد؛ این مشاهده و پژوهش که یکی از

حکمای ایرانی فارسی زبان در دوران تمدن زرین اسلام نیز آثار و ذخائر فرهنگی فارسی را به زبان عربی ترجمه کردند که بتدریج جزء فرهنگ اعراب به حساب آمده، به مرور ریشه ایرانی آنها رنگ باخت. به نوشته دکتر مهدی محمدی ملایری در مجموعه تفصیلی تاریخ و فرهنگ/یران، فارسی زبانان با آموزش زبان عربی، شناختن راه و روش این زبان، قواعد دستوری و بلاغی آن را استخراج کرده به تحریر درآوردند. در جلد چهارم همین مجموعه، بخشی از آثار علمی ایران که در عصر ساسانی موجود بوده‌اند در الفهرست ابن ندیم معرفی شده که در قرون اول استیلای خلفای اسلام به عربی ترجمه شده‌اند. در جلد ششم مجموعه تاریخ و فرهنگ/یران، ملایری به تأثیرات متقابل فرهنگی-زبانی اعراب و ایران که قدمت آن به دوران هخامنشی می‌رسد می‌پردازد. بنا بر شواهد ذکر شده با ظهور اسلام و گرایش ایرانیان به دین جدید، تعامل میان اعراب و ایرانیان سطح عالی‌تری یافت. از یک سو وجود سازمان‌های مدیریت امور کشاورزی، بازرگانی و غیره در ایران که نظائر آنها در میان اعراب وجود نداشت موجب شد مدیریت داخلی سرزمین ایران در دست خود ایرانیان و فارسی زبانان باقی بماند، و حتی دیوان خراج دولت خلفا نیز تا حدود صد سال به دست ایرانیان و فارسی زبان اداره می‌شد. از سوی دیگر ایرانیان که به خاطر گرایش به دین اسلام در کسب «صناعت عربیت» قطعاً باید زبان عربی را به تعلیم می‌آموختند با روی آوردن و شرکت در بحث و فحش در علوم لغوی، صرف و نحو و بلاغت زبان جدید، موجب تحول زبان عربی شدند، چیزی که اعراب به اعتبار اینکه زبان مادری‌شان بوده سابقه و اهتمام ریشه‌ای در آن نداشتند. ترکیب این رویدادهاست که با اتحاد ایرانیان و اعراب خاستگاه فرهنگی عصر زرین تمدن اسلامی رقم می‌خورد و گسترش اسلام در سرزمین‌های دیگر تا اسپانیا مرهون همین اتحاد کانونی میان اعراب و ایرانیان بوده است. در سایه این اندیشمندان در قرون وسطی که «عصر تاریک» تمدن غرب نامیده شده، دانشمندان عصر موسوم به زرین تمدن اسلامی در خلق آثار علمی پُر فروغ بودند (حکیم رازی، اذکائی).

استاد محمد مهدی محقق در پیشگفتار کتاب ارزشمند خود در مورد رازی، فیلسوف ری، شواهد متعددی از تعامل فرهنگی میان دانشمندان برجسته آن دوران می‌آورد که جای توجه بسیار دارد. هم ایشان آورده‌اند که دانشمندان مسلمان بر پایه آیه شریفه «فبشر عبادالذین یستمعون القول و فیتبعون احسنه» شرعاً خود را مجاز می‌دانستند که علم و دانش را هر کجا که هست بجویند و اینکه شرافت علم و دانش را در انحصار فقه و حدیث و تفسیر نمی‌دیدند بلکه پرداختن به طب، داروشناسی، نجوم، ریاضیات و علوم دیگر را مشمول مفاد آیات و احادیثی می‌دانستند که بر فضیلت علم اشارت دارند. در همانجا استاد محقق می‌افزاید که در سایه چنین فضای اندیشگانی است که تحصیل علم مرزهای نژادی، مذهبی، اصل و

غذایی و مراقبت در سیر بیماری) را دنبال می‌کرد. رازی در بسیاری از قلمروهای پزشکی از جمله اطفال، بیماری‌های عفونی، جراحی مغز و اعصاب، چشم پزشکی و روش‌های درمان چهره‌ای پیشگام است. او نخستین تک‌نگاشت در زمینه طب کودکان، تدبیر الصبیان یا پزشکی کودکان را نوشت. او از پیشگامان مفهوم شیمی درمانی است که توصیه می‌کرد با ترکیب دانش شیمیایی، پزشکی و دارویی می‌توان چنین روشی را برای درمان برگزید. رازی را اول کسی می‌دانند که کیست بیکر (Backer cyst) امروزی، منسوب به جراح انگلیسی ویلیام بیکر (۱۸۳۹-۱۸۹۶) را توصیف کرد. او به عنوان یکی از تغییر دهندگان بازی در زمینه درماتولوژی به شمار می‌رود. رازی همچنین از موسیقی برای شفایابی (موسیقی درمانی) استفاده کرد. مشهورترین اثر او درباره موسیقی کتاب فی‌الجمل /الموسیقی است.

تشخیص‌های درست و بنیادی او به شمار می‌رود در رساله آبله و سرخک خویش همچنین به تدابیری در خصوص جلوگیری از عوارض این دو بیماری پرداخته است. در این مقوله او را به عنوان یک مشاهده‌گر عالی و در عین حال گردآورنده نقادانه دانش پزشکی یونانی، سریانی و عربی پیشگام می‌شناسند. او به عنوان «بزرگترین پزشک اسلام و قرون وسطی» و حتی «شاید بزرگترین پزشک تمام دوران» ستایش شده است. «اول بودن»های متعددی (جدول ۱) در تحقیقات پزشکی و مراقبت‌های بالینی به او نسبت داده می‌شود و [گذشته از هر چیز] مانند ابوریحان و ابن سینا، نوشته‌هایش به تنهایی چهره متمایز و بی‌بدیلی از او می‌سازد. علی‌رغم اینکه در نظریاتش پیرو جالینوس بود، در مشاهده بیماران خود، گرفتن شرح حال دقیق پزشکی و نوشتن یادداشت‌های دقیق، اصول بقراط (یعنی تا حد امکان درمان با تدابیر بهداشتی و رژیم

جدول ۱: «اول»های منسوب به زکریای رازی

گزارش بیرون کشیدن آب مروارید
کتاب در مورد اطفال
شرح فلج مئانه ناشی از تومور نخاع
شرح شاخه حنجره عصب حنجره برگشتی
تمایز بین آبله و سرخک
بحث واکنش مردمک
اشاره به استفاده از کاتترهای غیر فلزی
مونوگرافی در مورد آبله
تشخیص رینیت آلرژیک
توضیحات واضح و دقیق از گانگرن اسکروتوم (۱۰۰۰ سال قبل از فورنیه)
نمونه ثبت شده مراقبت‌های پس از روانپزشکی
پیشنهاد یک بیماری منتقله از راه خون (آبله)
استفاده از الکل برای اهداف پزشکی
استفاده از روده حیوان به عنوان بند در عمل‌های جراحی
استفاده از آماده سازی شیمیایی، به ویژه پماد جیوه، در عمل پزشکی
استفاده از کمپرس گرم و مرطوب برای پوشاندن روده‌ها در حین عمل‌های شکمی
استفاده از تریاک برای بیهوشی

خاص ادرازی را مشاهده کرده، مشاهدات او به صدها مورد می‌رسد و در نتیجه او در تشخیص و درمان وضع بهتری دارد. در تشخیص آبله از سرخک، علت آن را به تخمیری در خون نسبت داد که قلب آن را از راه عروق، به تمام بدن پخش می‌کند. این اولین پیشنهاد یک بیماری خون بُرد است که مکانیسمی برای گسترش بیماری‌های عفونی را تداعی می‌کند. همچنین او به استفاده از حیوانات برای آزمایش داروهای پیشنهادی برای ارزیابی اثرات و عوارض جانبی آنها و نیز پیشنهاد استفاده از تریاک به عنوان داروی بیهوشی مشهور است. او واکنش مردمک بسته به شدت نور را به حرکت ماهیچه‌های کوچکی نسبت می‌دهد که با درک امروزی از این پدیده مطابقت دارد. او اولین فردی است که شاخه حنجره ای عصب حنجره یا راجعه (recurrent laryngeal nerve)^۱ را توصیف می‌کند و خاطرنشان می‌کند که «این عصب گاهی اوقات در سمت راست دو برابر می‌شود». نخستین کسی است که حملات التهاب بینی، عطسه را در بیمار دچار حساسیت به شکوفه‌های گل رُز (تب رُز! متناظر با تب یونجه) توصیف می‌کند. او همچنین ناتوانی آئورت را توصیف کرد و اولین کتاب را در مورد طب اطفال نوشت. حکایتی از شیوه کارهای وی، همچون تعیین محل تأسیس محل بیمارستانی که عدود الدوله در بغداد تأسیس کرده بود توسط رازی نیز قابل توجه است. او در پاسخ به درخواست تعیین مکانی برای ساخت بیمارستان اصلی بغداد، تکه‌های گوشت تازه را در چند محل احتمالی برای ساخت و ساز آویزان کرده، مدتی بعد با بررسی، جایی را که میزان گندیدگی گوشت در آن کمتر بود به عنوان محل مناسب‌تر احداث بنای بیمارستان سفارش کرد.

مهارت‌های مشاهده‌ای پُرذکاوت رازی در تلفیق روش‌های روان‌شناختی با توضیحات فیزیولوژیک بسیار کارآمد بوده، در نتیجه از روان‌درمانی به شیوه‌ای ابتدائی اما پویا استفاده کرد. به عنوان مدیر بیمارستان، توجه او به بیماران روانی اختصاص بخش ویژه [اولین بخش روانپزشکی] برای درمان و مراقبت از آنها بود که وجهه‌میزه آن احترام، مراقبت و همدلی در برخورد با بیماران این بخش بود. جزئی از طرح ترخیص بیمار در این بخش، شامل دادن مبلغی پول به وی برای کمک به نیازهای فوری وی بود که خود اولین نمونه ثبت شده از مددکاری و مراقبت‌های پس از درمان در روانپزشکی و شاید خدمات مشاوره روانپزشکی در یک بیمارستان عمومی است.

نقش رازی در عصب‌شناسی، در دانشنامه پزشکی‌اش موسوم به *الحاوی*، با تمرکز بر توصیف از اعصاب جمجمه و نخاع و گزارش‌های بالینی، استفاده از نورواناتومی برای تعیین محل ضایعات بسیار قابل توجه است. رازی اعصاب را دارای عملکردهای حرکتی یا حسی دانسته، هفت عصب جمجمه‌ای و سی و یک عصب نخاعی را توصیف می‌کند. اعصاب نخاعی را به هشت عصب گردنی، دوازده عصب سینه‌ای، پنج تا کمری، سه عصب

رازی برپایه آثار مکتوب به جامانده او، با پزشکی مبتنی بر شواهد، ثبت سوابق دقیق بیماری و گزارش‌های بالینی به خوبی شناخته شده است. برای اولین بار ترکیبات شیمیایی، به‌ویژه پمادهای جیوه‌ای را وارد عمل پزشکی کرد. او در مهارت‌های بیمارستانی بی‌نظیر بود؛ پیشگام روش‌های تشخیص افتراقی و مشاهدات بالینی بوده است، که هر دوی این روش‌ها در تمیز سرخک و آبله حیاتی بودند. همانند رویه امروزی در بیمارستان‌ها برای چالش آموزشی، تشخیص و معاینه اولیه بیماران بر عهده چندین حلقه از شاگردان وی بود و در صورت عدم توانائی آنها در معاینه و معالجه، بیمار به استاد معرفی می‌شده است. به نقل از یک هم‌شهری رازی در کتاب *فهرست* چنین آمده است:

«یک بار از پیرمردی در شهر ری در مورد درمانگاه رازی پرسیدم. او گفت که رازی پیرمردی جدی با سر درشت و آویزان بود که شاگردانش را بر اساس امتیاز و درجاتشان در ردیف‌هایی می‌نشاند. رسم رازی این بود که وقتی بیمار به درمانگاه مراجعه می‌کرد، ابتدا از دسته‌ای پایین‌تر [با تجربه کمتر] درخواست می‌کرد تا او را معاینه کنند. اگر این دسته نمی‌توانست ناخوشی بیمار را تشخیص دهد، او را به دسته بالاتری می‌سپردند و تنها پس از اینکه تشخیص بیماری از آگاهی همه شاگردان دور می‌نمود، مورد توجه استاد قرار می‌گرفت.»

یکی از برجسته‌ترین و شاید مهم‌ترین میراث پزشکی رازی (اینک مورد توجه روش‌های نوین درمان) تاکید او بر تغذیه مناسب و نقش خوراک در تندرستی و درمان مناسب است. رازی اسراف در استفاده از دارو را مضر می‌شمرد. در یکی از نوشته‌های او آمده است: «اگر پزشک بتواند بیمار را از راه تغذیه درست و نه دارو درمان کند، به سعادت رسیده است» و بعد از این رویه، به درمان با داروهای منفرد تاکید و چنانچه موثر نیفتاد درمان با داروهای ترکیبی را تجویز می‌کرد. او کتابی درباره خوراک به نام *منافع/الغذیه و مضار* نوشته که یک دوره کامل بهداشت خوراک به حساب می‌آید و در آن به خواص گندم و حبوبات، خواص و ضررهای انواع آب‌ها و شراب‌ها و مشروبات غیرالکلی، گوشت‌های تازه و خشک و ماهی‌ها اشاره شده است. فصلی از این کتاب نیز به هضم غذا، ورزش و پرهیزهای غذایی و مسمومیت‌ها اختصاص دارد.

از نوشته‌های او پیداست که به درمان اولویت ویژه‌ای می‌دهد تا اصلاح و پیشنهاداتی برای دسته‌بندی و توصیف بیماری‌ها. بی‌آنکه با بنیادهای نظری جالینوس مخالفت ورزد بیشتر انتقاداتش به وی در حیطه منطق و کاربردهای بالینی بود. به عنوان مثال استدلال می‌کرد که برپایه تجربه خودش در بیمارستان‌های بغداد و ری تعداد مواردی که از توصیف جالینوس از بروز تب پیروی نمی‌کنند با تعداد موارد مطابق با توصیف وی برابری می‌کنند. او اشاره می‌کند که در حالی که جالینوس فقط ۳ مورد از یک بیماری

کتاب *الحاوی* توضیح داد. از نظر جراحی مغز و اعصاب، او از جراحی برای آسیب‌های نافذ جمجمه حمایت می‌کرد. در جدول ۲ کارهای برجسته وی در زمینه سلامت روان و روان‌شناسی خلاصه شده است.

با توجه به توصیف واضح ساختارهای مختلف بدن، استفاده وی از کلمه تشریح (dissection) و همچنین کالبدشناسی (anatomy) به نظر می‌رسد کالبد شکافی انسان، در غیاب کالبد شناسی مقایسه‌ای انسان و حیوان، تا حدی منبع مشاهدات او باشد. در حالی که مشخص نیست که کالبد شکافی در جهان اسلام در زمان رازی انجام شده باشد، حکم روشنی هم علیه آن وجود نداشت، به ویژه اگر بر غیر مسلمانان انجام می‌شد. به طور سنتی اجساد مسلمانان اندکی پس از مرگ باید دفن می‌شد ولی رازی از روش‌های تدهین (مومیایی کردن) آگاه بود و می‌توانست در حفظ اجساد برای تشریح بعدی مورد استفاده بوده باشد.

ساکرال و سه تا دنباله‌ای تقسیم کرد. رازی در سایه دانش خود از نورواناتومی، در مورد موضوعات مختلف عصبی با توجه به مکان آناتومیک و علت بیماری فصل‌هایی را در *الحاوی* نوشت. به عنوان مثال، فصل‌های جداگانه به بیماری عصب سیاتیک، فلج صورت، ضایعات تروماتیک سیستم عصبی، لرزش، صرع، سردرد و فلج نیمه ای از بدن [hemiplegia] پرداخته است. او اولین پزشکی بود که اصطلاح «تکان مغزی» (بی‌هوشی لحظه‌ای ناشی از ضربه مغزی) را به معنای امروزی به کار برد. او بین ضربه مغزی به عنوان یک حالت فیزیولوژیکی غیرطبیعی و آسیب شدید مغزی تمایز قائل شد؛ توانایی بالینی برجسته او جایابی ضایعات، پیش‌آگهی و توصیف گزینه‌های درمانی و گزارش مشاهدات بالینی با تاکید بر ارتباط بین مکان آناتومیک ضایعه و نشانه‌های بالینی است. با این دستاوردها رازی پیشگام قلمرو نورواناتومی کاربردی هم هست. رازی تراکتوسومی و جراحی پلاستیک صورت را در

جدول ۲: سهم رازی در [بهبود] سلامت روان.

اهمیت تاریخی	بیماری روانی را نخستین بار به عنوان یک وضعیت پزشکی، به جای یک شکست ماوراء طبیعی یا اخلاقی درمان کرد
نوآوری های روانی	درک پیشرفته از نقش احساسات، تندرستی روانشناختی و رابطه والد-کودک در سلامت روان
مفاهیم کاویده	تقویت، پاداش، تنبیه و تأثیر روابط اولیه بر رشد شخصیت
فلسفه پزشکی	حمایت از رویکردی انسانی و اخلاقی برای درمان سلامت روان، با تاکید بر رابطه پزشک و بیمار و دیدگاه جامع
رویکرد درمانی	کل نگر، یکپارچه دیدن عوامل فیزیکی، روانی و محیطی
انتشارات کلیدی	کتاب <i>الحاوی</i> : بیماری روانی، علائم و درمان ها را مورد بحث قرار داد
روش های درمانی	روان درمانی، شناخت درمانی، موسیقی درمانی و راهبردهای واکنش عاطفی
دیدگاه های فلسفی	سلامت روان برای بهزیستی کلی ضروری است. مروج ایده "ذهن سالم در بدن سالم"
مطالعه موردی شاخص	درمان شاهزاده منصور با استفاده از روش‌های نوآورانه روان‌شناختی
دستاوردهای قابل توجه	تأسیس نخستین بخش دنیای روانپزشکی در بغداد، نشانگر پیشرفتی پیشگام در مراقبت های روانی نهادی

برگرفته از: Ahmed J O, et al. (2024) Abu Bakr Muhammad Ibn Zakariya Al-Razi (Rhazes) (865-925): The Founder of the First Psychiatric Ward. Cureus 16(7): e64601. DOI 10.7759/cureus.64601

کامل کفایت نمی‌کرد: اما گستاخی و جسارت متهورانه آن‌ها گناهی است که بی هیچ توجیهی در مورد بیماران گاهی حتی تا ساعتی مانده به مرگ ایشان مرتکب می‌شوند. ... برخی از آنها ادعا می‌کنند که بیماری صرع را درمان می‌کنند و به این ترفند در قسمت پستی سر به شکل صلیب شکافی ایجاد می‌کنند و وانمود می‌کنند چیزی

برای تجسم شرایط دورانی که حکیم رازی در آن طبابت می‌کرد در انتهای این بخش روایتی از وی در مورد شاید-پزشکان آن روزگار را می‌آوریم که چنین است: «شارلاتان‌ها و مدعیان شاید-پزشکی حیل‌های کوچکی به کار می‌برند، که اگر می‌خواستیم آنها را به رساله درآورم، یک رساله

که شک می‌کرده، یا بهتر است بگوییم دقیق‌تر به عملیات‌هایشان چشم می‌دوختند کلاهبرداری آنها آشکار می‌شد. بنابراین، هیچ خردمندی نباید زندگی خود را به دست اینان بسپارد و از داروهای آنها، که برای بسیاری مرگبار بوده اند، باید پرهیز کند.»

رازی شیمیدان

آنکه کتاب‌های کیمیای رازی را می‌خواند، در کنار قلم توانا و شیوای او به عمق و جامعیت مطالبی که با دلایل عقلی و منطقی عرضه شده پی می‌برد. آنها همه برپایه تجربه و مبتنی بر اثبات شرح داده می‌شوند و طالب علم و اندیشه را به پرسش و بحث علمی برمی‌انگیرند.

ترجمه *المدخل/التعلیمی*، دکتر حسنعلی شیبانی، صفحه ۱۰۵

کیمیای رازی و علم شیمی دومین قلمرو بعد از پزشکی است که محمدبن زکریای رازی بدان شهرت دارد. بیست و چهار اثر در باب شیمی برای رازی ذکر شده‌اند که دوازده اثر آن در کتاب *المدخل/التعلیمی* توسط خود رازی ذکر شده اند. در عین حال جز چند اثر که دو مورد اصلی آن در معرفی آثار رازی در همین نوشته معرفی شده‌اند در میان آثار وی به چشم نمی‌خورد. مهم‌ترین فعالیت او را در علم شیمی تقسیم مواد و دسته بندی آنها و وصف دقیق آزمایشگاه شیمی و تجهیزات مورد استفاده در یک ایرانی به عنوان پدر علم شیمی (همانند لائوازیه) یاد کرده‌اند، چراکه عرصه کیمیای کهن را به علم شیمی نوین پیوند زد. وی مکتب جدیدی در علم کیمیا تاسیس کرد که آن را می‌توان مکتب کیمیای تجربی و علمی نامید. او توانست مواد شیمیایی از جمله الکل و اسید سولفوریک (زیت الزاج) را کشف کند. او الکل را که مهم‌ترین اختراع وی به شمار می‌آید از تخمیر فرآورده‌های شیرین اختراع کرد؛ تصور جهان بدون این ماده ضدعفونی کننده واقعا ممکن نیست و وجود آن در تمام مراکز بهداشتی، منازل، صنایع و بسیاری جاهای دیگر حیاتی است چراکه نقش مهمی در بهداشت عمومی و جلوگیری از مرگ و میر ناشی از بیماری‌ها دارد. رازی در پژوهش‌های شیمیایی خود، با تقسیم مواد به گیاهان، حیوانات و مواد معدنی راه را برای شیمی معدنی و آلی باز می‌کند و در این راه از پیشینیان و معاصران خود فراتر رفت. آنچه رازی را به عنوان بنیان‌گذار شیمی نوین برجسته می‌سازد دیدگاه ذره‌گرایی (اتمیتی) اوست. دیدگاه کیمیائی (ارسطوئی/مشائی) عناصر را قابل تغییر و در نتیجه قابل تبدیل به یکدیگر می‌داند. در حالی که ذره‌گرایان آنها را تبدیل ناپذیر به یکدیگر می‌دانند. همین نگرش اتمیستی است که در تحول شبه علم کیمیای رازی به علم کاملاً اثباتی شیمی نقش اصلی داشته است. پیش از ارائه نظریه بویل شیمی‌دان، مبنی بر وجود عناصر لایتنجری و تبدیل ناپذیر بودن آنها، این نظریه رازی است که در سده‌ها قبل به دیدگاه وی و

را از دهانه آن بیرون آورده‌اند که از قبل آن را در دست داشتند. برخی دیگر می‌گویند که می‌توانند مارها یا مارمولک‌ها را از بینی بیماران خود بیرون بیاورند، که به نظر می‌رسد با گذاشتن یک وسیله آهنی نوک تیز، سوراخ‌های بینی را زخمی می‌کنند، تا زمانی که خون بیاید و سپس حیوانات مصنوعی کوچک متشکل از جگر و غیره را بیرون می‌آورند. برخی مطمئن هستند، می‌توانند لکه‌های سفید را از چشم خارج کنند. قبل از اینکه وسیله‌ای به کار برند، تکه پارچه ریزی وارد چشم می‌کنند و سپس همان را با دستگاه بیرون می‌آورند و وانمود می‌کنند که از چشم بیرون کشیده‌اند. برخی ادعا می‌کنند که باید آب را از گوش بیرون بکشند، در حالی که با لوله‌ای از دهان خود آب به درون لوله می‌فرستند و سر دیگر آن را به گوش می‌گیرند و سپس آب را از طریق لوله از دهانشان بیرون می‌ریزند و وانمود می‌کنند که از گوش بیرون آمده است. برخی دیگر وانمود می‌کنند که کرم‌هایی را که در گوش یا ریشه دندان رشد می‌کنند بیرون می‌آورند. دیگران می‌توانند قورباغه‌ها را از قسمت زیرین زبان بیرون بیاورند. و با دندان زدن برشی ایجاد می‌کنند و قورباغه را کف می‌زنند و آن را بیرون می‌آورند. چه بگوییم از استخوان‌هایی که وارد زخم‌ها می‌کنند و پس از مدتی استخوان در زخم مانده را دوباره بیرون می‌آورند؟ برخی وقتی سنگی از مثانه بیرون می‌آورند، بیماران خود را متقاعد می‌کنند که هنوز سنگ دیگری باقی مانده است. آنها این کار را به این دلیل انجام می‌دهند تا باور شود که دیگری را بیرون آورده‌اند. گاهی اوقات مثانه را بررسی می‌کنند، در حالی که کاملاً ناآگاه و نامطمئن هستند که آیا سنگی وجود دارد یا خیر. اما اگر آن را پیدا نکنند، حداقل وانمود می‌کنند که یکی را که از قبل آماده داشتند بظاهر بیرون آورده، به آنها نشان می‌دهند. گاهی اوقات برشی در مقعد برای یافتن مثلاً توده‌های مرضی ایجاد می‌کنند و با تکرار عمل اغلب آن را به فیستول یا زخم می‌رسانند، در حالی که قبلاً هیچ کدام وجود نداشت. برخی می‌گویند که خلط ماده‌ای مانند شیشه را از آلت تناسلی یا سایر قسمت‌های بدن - با انتقال لوله‌ای که با آب در دهان نگه می‌دارند - خارج می‌کنند. برخی وانمود می‌کنند که با مالیدن بدن با [گیلاس یا آلوی زمستانی؟]، تمام امزاج شاور بدن را در یک محل جمع کنند که باعث سوزش یا التهاب می‌شود و با این اوصاف انتظار دارند که ثواب دریافت کنند که امزاج را جمع کرده، گویی کج خلقی را درمان کرده‌اند. برخی بیماران خود را به این باور می‌رسانند که شیشه بلعیده‌اند. پس با برداشتن پری که به زور در گلو فرو می‌روند، آنها را به حالت استفراغ می‌اندازند و چیزهایی از این نوع را که این شایدان با مهارت فراوان در آن قرار می‌داده‌اند را در استفراغ آنها نشان می‌دادند. بارها برای این شیادی‌ها، آنها سلامت بیماران خود را به خطر انداخته، و اغلب به مرگ آنها ختم می‌شود. چنین جعلیاتی را نمی‌توانستند به مردان فهیم عرضه کنند؛ اما اینها چنین حقه‌هایی را حتی به خواب هم نمی‌توانستند ببینند و در مهارت کسانی که به کار می‌گرفتند تردید نمی‌کردند تا سرانجام زمانی

به نظر می‌رسد جز چند مورد از این آثار چیزی به جا نمانده است. در بخش نهم *الحاوی* به علل و اسباب طبیعی بیماری‌ها پرداخته است. کتابی با عنوان *فی خواص الاشیاء* (درباره ویژگی‌های چیزهای طبیعی) دارد. او در این کتاب ضمن اقرار به نامعلوم بودن و غیرقابل درک دانستن ماهیت چیزها، البته آنها را قابل مطالعه و فایده علمی می‌داند و در واقع موضوع آن طبیعی شناسی، و نیز انسان شناسی اجتماعی، قوم شناسی، اقلیم شناسی و جانور شناسی و گیاه شناسی و جانور شناسی نیز بوده است. اثر دیگر وی موسوم به میزان طبیعی است که بیرونی در *الفهرست* خویش آن را با عنوان *مَحَنُ اللّٰهَب* و *الفَصْه* (یعنی آزمایش‌های زر و سیم) در میان آثار کیمیای رازی فهرست کرده است.

همچنین رازی در *الحاوی* به مسائل فیزیولوژی و آناتومی، و تشریح دستگاه‌ها و اندام‌های خاص، مانند کبد، قلب، گوش، چشم، پلک زدن، و مفاصل می‌پردازد. رسائل متعدد او با عناوینی، چون *فی التشریح و منافع الاعضاء* (درباب کالبد شناسی و کارکرد اندام‌ها)، *فی هیئت العین* (درباب سازند چشم)، *فی هیئت المفاصل* (درباب بندها و مفاصل)، *فی هیئت الکبد* (در باب سازند جگر)، *فی هیئت القلب* (درباب سازند قلب)، *فی هیئت الاثینین* (درباب بیضه‌ها)، *فی شرف العین* (در برتری چشم) و ... که به شرح کارکرد اندام‌ها مربوط می‌شود گواه رویکردهای مطالعات طبیعت گرایانه و سازوکار جویانه رازی است. رازی در پرداختن به گیاهان و جانوران و داروشناسی، کانی شناسی، زمین شناسی، هواشناسی و اپتیک نیز طبق آثاری که به جای گذاشته صاحب اثر و نظر است. کتاب *سمع الکیان* (سمع طبیعی) وی، با اتصاف (واژه سریانی "کیان" به معنی طبیعت نیز نشانه بارز معرفت رازی و علاقه‌اش به تحلیل و معرفی امور طبیعی است. او آرای قابل اعتنائی هم در مورد فرگشت موجودات دارد که به رشد و تکوین برپایه نظریه "استحاله" خود داشته است. کتاب دیگری از وی با عنوان *الاراء الطبیعه* (نگرهای طبیعی) نیز مستند دیگری از کارهای وی در زمینه فیزیک نظری است. از آثار دیگر ناظر بر علوم طبیعی رازی *فی العاده و انها تحول طبیعت* (در باب عادت و اینکه آن به طبیعتی فرگشت می‌یابد) قابل توجه است. برای توصیف جذاب و جامع دیدگاه‌های رازی در این موضوعات به فصل نگره‌های طبیعی کتاب حکیم رازی اثر پرویز ادکائی نگاه کنید.

فلسفه و الهیات رازی

رازی در اینکه چقدر فیلسوف است در پاسخ به منتقدینش که او را فیلسوف به حساب نمی‌آورند چنین گفته است:

"... و ما اگرچه در عالم قیاس با سقراط، سزاوار عنوان فلسفه نیستیم لیکن در مقابل کسانی که شیوه ایشان فلسفه نیست حق آن را داریم که این نام را جهت خود بخواهیم."

رازی

علمای فیزیک مدرن نزدیک است. مجموعاً ۲۴ اثر در مورد شیمی به وی منسوب است. به نظر سارتون در میان رساله‌های شیمیایی رازی، «*Arcandorum liber*» حاوی شرحی از بیست و پنج دستگاه و وسیله شیمیایی است. او همچنین بیان می‌کند که رازی با استفاده از تعادل هیدرواستاتیکی در بررسی‌های مربوط به وزن مخصوص از آن استفاده کرد.

رازی سه شکل مواد (جامد، مایع و گاز) را اساس دسته بندی مواد می‌داند که عبارت اند از اجساد (جامدات یا فلزات)، میاه (آبها یا مایعات) و ارواح (گازها یا طیارات). در کتاب *التعلیمی* خود می‌گوید که در صنعت کیمیا عقاقیر همان اجسادند که از دو نوع، آنهایی که بخار می‌شوند و در برابر آتش متصاعد می‌شوند و آنهایی که پایدار می‌مانند که اهل صنعت آنها را اجساد ثابته یا ثوابت می‌خوانند. دسته اول همان گازها (ارواح) و دومی اجساد (فلزات) هستند. دسته اول بر اثر گرما و آتش تبخیر می‌شوند و فرار می‌کنند ولی دسته دوم تغییر نمی‌کنند. اجساد مانند نمک، زر، نقره، قلع و سرب و ارواح مانند نشادر و جیوه (که در این مورد او جیوه را شاید به جهت شکل سیال داشتن به اشتباه روح یا غیرفلز می‌شمارد). بعلاوه اجساد یا ثوابت را با اجرام آسمانی خورشید (زر)، ماه (نقره)، هرمزد (قلع)، کیوان (سرب)، تیر (آه‌د) و ناهید (مس) نام می‌برد. وی از لفظ موالید از دیگران برای نامیدن مواد ترکیبی شیمیایی استفاده می‌کند. در *الاسرار فی الحکمه*، اثر دیگر وی در شیمی، عقاقیر و موالید را تقسیم بندی می‌کند. عقاقیر (مواد طبیعی) را شامل خاک‌ها و رستنی‌ها و جانوران و موالید (مواد صناعی) را شامل فلزات و غیر فلزات طبقه بندی می‌کند. از مزیت‌های بارز کارهای شیمیایی رازی به کارگیری واژگان دقیق در آثار کیمیایی اوست.

رازی کاشف الكل است و با تاثیر آب آهک بر نشادر یا آمونیوم کلراید، اسید کلریدریک را به دست آورد. از تاثیر محیط قلیائی بر پیلیت اسید سولفوریک را ساخت. از ترکیب سرکه و مس، استات مس را حاصل کرد که در شستشوی زخم‌ها از آن استفاده می‌کرد. از سوزانیدن زرنیخ اکسید ارسینیک/مرگ موش را پدید آورد. از نارنج اسید سیتریک را تهیه کرد. از وی دستور ساختن صابون و نیز تهیه گلیسرین از روغن زیتون به دست آمده است.

رازی طبیعی‌دان

"نظام" طبیعی رازی چنان منسجم و متشکل از اجزاء دقیق (مفاهیم و مقولات) ساختاری است که در برخورد سیستمی با آن هر جزئی از این دستگاه بزرگ اندیشگی (نظری) پاسخ کارکردی "یگانه" و شایسته خود را می‌دهد، یا به تعبیر دیگر هیچ یک از آنها "ساز جداگانه" نمی‌زنند.

پرویز ادکائی (حکیم رازی، ص ۲۵۸)

برپایه آثار متعدد رازی او در علوم طبیعی نیز صاحب نظر است، گرچه

شناسی تجربه گرایانه وی را تا چند سده، از آنچه آنان بعدها به عنوان روش علمی می‌پذیرند، مقدم‌تر می‌بینند. تدوین یک کتابنامه تفصیلی و تحلیلی – اگر فراهم نشده باشد – در مورد رازی ارزش زیادی خواهد داشت. با اطمینان می‌شود گفت که بخش بسیار قابل توجهی از این آثار توسط اذکائی در حکیم رازی مورد ارجاع قرار گرفته باشد، چه که خود ایشان در مقدمه کتاب آورده‌اند که اثری به فارسی، عربی یا لاتین نبوده که وی در نوشتن این اثر از آن غفلت کرده باشد. رازی در تجربه گرایی و کاربرست استقراء در علم بر فرانسیس بیکن تقدم دارد؛ بیانیه فضیلت عقل وی و نیز کتاب *میزان/العقل* (ترازوی سنجش خرد) هشت صد سال پیش از دکارت، مفاهیم رساله مشهور وی (*روش به کار بردن عقل*) را در خود دارد. اصول طبیعت پژوهشی رازی، شامل اتمیسم، زمان مطلق، تصور حرکت و روش تجربی‌اش در علم مقدم بر یافته‌های نیوتون است. اما از طرفی دیگر، محور اندیشه فلسفی و علمی رازی اخلاق است که در اندیشه وی پیوند معناداری با نظریات فلسفی‌اش دارد؛ او سعی داشت مسائل اخلاقی را در آثارش به زبانی ساده بیان کند. از نظر او، اخلاق در تجلی احوال فردی انسان و بسط تجربه رفتار و کردار آدمی در زندگی روزمره متجلی می‌شود. او فلسفه را راه رسیدن به سعادت می‌داند و اندیشه ورزی در این راه را مایه علو روح. او زندگی بدون فلسفه و سیرت فاضله را زندگی پست تر از زندگی حیوانی می‌داند و تاکید می‌کند که سیرت فاضله بر پایه فلسفه پایدار می‌ماند.

پیتر آدامس در مونوگراف ارزشمند خود درباره رازی دادن لقب جالینوس العرب به رازی را نه به اعتبار صرفاً دستاوردهای پزشکی وی، بلکه به تعامل عمیق فلسفی او با جالینوس هم مرتبط دانسته، حضور فراگیر جالینوس را در مجموعه پزشکی و نیز فلسفه رازی گواهی بر این ادعا می‌داند. به بیان او این جالینوس است که الهام بخش رازی در توسعه کیهان شناسی وی بر اساس تیمائوس افلاطون است. آنچه رازی از جالینوس آموخت این است که تأیید تعلیم معتبر را از برهان بجوید، و هرکجا آن را نیافت، دریافت درست آن را بگوید. این گفته رازی است که «عالی‌ترین و مفیدترین کتاب‌ها، پس از آن‌هایی که خدا فرستاده است از جالینوس است». لیکن پیروی رازی از جالینوس یا افلاطون جالینوسی امری برده وار نیست. او از تقلید و پذیرش غیرانتقادی دور بوده، بر آزاد اندیشی خود تاکید داشت و اصرار بر استفاده مستقلانه تفکر را یک میراث جالینوسی می‌دانست. چرا که جالینوس ضمن تقدیر به ارج گذاری بزرگان به زیر سوال بردن اندیشه‌های آنها را هم تشویق می‌کرد. ابن سینا و رازی هر دو ضمن بازآفرینی پارادایم فلسفی جالینوسی هریک راه خود را پی گرفتند؛ در مورد ابن سینا پارادایم از ارسطو نشأت می‌گیرد، و در مورد رازی [از طریق جالینوس] به افلاطون می‌رسد. به عنوان قوی‌ترین شاهد این نگرش خلاقیت محترمانه و تردیدهای او از جالینوس، رازی در *الحاوی* چنین می‌نویسد:

علی‌رغم پذیرش تقریباً عام و تمام آرای پزشکی، رازی در هر دو زمینه فلسفه و الهیات، بویژه در میان هم عصران خود با مخالفت‌های زیادی روبرو بوده است. دفاعیه رازی از خود در کتاب *السیره/الفلسفیه*، و از آنچه در آثار دیگرش پیداست در هر دو قلمرو پرسش‌های بنیادین و خارج از سیطره معمول داشته، با تفکر انتقادی، استدلال گرایی، شارح نبودن صرف و ارائه دیدگاه‌های بدیع در آنچه عرضه می‌دارد، جسارت عقلانی در مقام نظر و عمل موقعیتی پیدا می‌کند که بی‌شک در قضاوت نسبت به دیدگاه‌هایش موثر بوده است. یک دلیل آن عدم پذیرش تام و تمام استیلای فلسفه یونانی و توجه به میراث فلسفی ایران، هند و بابل است. رازی در طب روحانی فلسفه و گروندگان بدان را از سه زمره می‌شمارد: «... آن‌هایی که مرادشان از فلسفه پیروی از کسانی است که فلسفه را معرفت بر صناعت هندسه می‌دانند، یا متابعت از کسانی که ورود به فلسفه را با قصد و آرزوی اصلاح اخلاق نفس درست می‌دانند و گروهی که فلسفه را همان علم منطق می‌دانند». رازی متذکر می‌شود او از این سه رأی دوم، همان رای افلاطون حکیم و پیروان او، را بر می‌گزیند؛ طریقی که طی آن نفس به اکتساب اخلاق حمیده دست یازیده، از مهلکه شر و حرص در شهوات می‌گریزد. این رأی رازی او را به تعریف بسیار مشهور فلسفه در آن عصر می‌رساند که «فلسفه تشبیه به خداوندگار است به قدر تاب و توان انسانی» و چون علم و عدل و رحمت خداوند نهایت ندارد در این اندیشه است پس نزدیک‌ترین کسان به او، داناترین و عادل‌ترین و بخشنده‌ترین‌اند. آیا زیباتر از این تقریب به بینش توحیدی، که خود به خود انسان را به جهاد دائمی نفس، همان «جهاد اکبر»، فرا می‌خواند می‌توان سراغ گرفت؟ او با این نگرش تاکید دارد که زندگی واقعاً فلسفی، نه تقلیدی از شیوه زندگی سقراط، بلکه تقلیدی از صفات علم، عدالت، و رحمت خداوند است.

به اعتبار آنچه از وی در دست است به نظر می‌رسد رازی در فلسفه برجسته‌ترین چهره خردگرایی و تجربه گرایی در میان فلاسفه و اندیشمندان ایرانی است که با تسلط و آگاهی از نظریات پیشینیان و نقد و بسط دیدگاه‌های که پذیرفته، خود فرآورنده اندیشه و تفکرانی نو شده است. مانند جالینوس اعتقاد دارد که یک پزشک برجسته باید فیلسوف هم باشد. گرچه او به طور گسترده در مورد مسائل فلسفی و کلامی تأمل کرده، نوشته‌های فلسفی‌اش (در مقابل نوشته‌های پزشکی او) بسیار کمتر است، هرچند بقدر کافی بارز بوده‌اند که تحلیل گران را از آنچه در سر داشته آگاه سازد. در پرداختن به دیدگاه‌های او در فلسفه و الهیات بحث‌های مخالفین معاصر خود وی و منتقدین پس از مرگش مورد توجه بوده‌اند، ولی آثار قابل توجهی در ابعاد فلسفی و دینی اندیشه‌هایش از خود وی و نیز رازی شناسان، بویژه از سوی غربیان، در دست است که چند منبع محدود در این نوشته مورد استفاده بوده است. غربیان روش

می‌داشت حدیث نفسی است که هر صاحب فکری را در انتقاد از او به انصاف فرا می‌خواند؛ او می‌گوید: «اگر در بخش حکمت عملی کوتاهی ورزیده، در انجام بعضی اعمال کم توجه بوده ام بهتر است از علم و دانش من بهره مند شوید و به رفتارم توجه نداشته باشید.» حرف‌های او یادآور این روایت منسوب به ارسطوست که افلاطون و حقیقت هر دو را دوست دارم اما دوستی حقیقت را بیشتر. مطلب مشروح‌تری که این نقل قول از کتاب سیرت فلسفی (شرح زندگی علمی و عملی و در دفاع از فیلسوف بودگی از خود رازی) آوردیم نیز در شناخت زکریا خواندنی است. او این عبارات را با غرور در مراتب تحصیل علم و نگرش خود نسبت به درکش از فلسفه/ در برابر طعن و نقد مخالفان ابراز می‌کند.

او می‌گوید: «علاقه من به دانش و حرص و اجتهادی که در اندوختن آن داشته‌ام، آن‌که معاشر من بوده می‌دانند و دیده‌اند چگونه از ایام جوانی تاکنون عمر خود را وقف آن کرده‌ام، تا آنجا که اگر چنین اتفاق می‌افتاد که کتابی را نخوانده یا دانشمندی را ملاقات نکرده بودم، تا از این کار فراغت نمی‌یافتم به کار دیگری نمی‌پرداختم؛ اگر هم در این مرحله ضرری عظیم در پیش بود تا آن کتاب را نمی‌خواندم و از آن دانشمند استفاده نمی‌کردم از پای نمی‌نشستم؛ حوصله و جهد من در طلب دانش تا آن حد بود که در یک فن بخصوص به خط تعویذ (یعنی خط مَقْرَمَط و ریز) بیش از بیست هزار ورقه چیز نوشته، پانزده سال از عمر خود را شب و روز در تالیف جامع کبیر (دانشنامه الحاوی) صرف کرده‌ام و بر اثر همین کار قوه بینائی‌ام را ضعف دست داده، عضله دستم گرفتار سستی شده، مرا از خواندن و نوشتن محروم ساخته است، با این حال از طلب باز نمانده و پیوسته به یاری این یا آن می‌خوانم و بر دست ایشان می‌نویسم. پس اگر اموری که گذشت در پیش چشم مخالفان باعث تنزل رتبه من در مقام فلسفه عملی است و غرض ایشان پیروی از سیره دیگری است آن را به مشاهده یا مکاتبه به ما بنمایانند تا اگر از سیره ما بهتر است آن را اختیار کنیم و اگر خطایی و نقصی در آن راه دارد به رد آن بپردازیم. در جزء عملی می‌توانم در مقابل دشمنان خود گذشت کنم و به تقصیر خود در این مرحله اذعان آورم؛ اما نمی‌دانم که در قسمت علمی چه خواهند گفت، اگر واقعا در این طریقه مرا ناقص می‌بینند گفتار خود بیاورند تا پس از نظر اگر حق است به حقانیت معترف شوم و اگر باطل است ایشان را بر باطل خود بیگاهانم؛ و اگر این نیست و فقط به روش عملی و سیره من در زندگانی اعتراض دارند آرزو چنان است که از دانشم بهره بگیرند و به سیره من نظری نداشته باشند و به گفته شاعر عمل کنند که گوید: *اعمل به علمی فائن قصرت فی عملی / ینفعک علمی و لایضررک تقصیری* [به تعبیر استاد اذکائی کمال سرّ محبت بین نه نقص گناه / که هر که بی هنر افتد نظر به عیب کند؛ یا به دانش من کار فرمای اگر در کار خویش کوتاهی

هنر طبابت به عنوان نوعی فلسفه اجازه نمی‌دهد که با مراجع اقتدار موافق باشد یا تعالیم آنها را [دریست] بپذیرد، بر آنها آسان گیرد یا از بررسی نقادانه کوتاه بیاید. چه آنکه خود جالینوس در کتابش درباره سودمندی اجزاء می‌گوید هیچ فیلسوفی در پی آن نیست که ملتزمین و شاگردانش چنین باشند و کسانی را که دوست دارند پیروان و طرفداران شان تعالیم ایشان را بدون دلیل اثباتی بپذیرند سرزنش می‌کند (از برهان جالینوس).

در مورد آرای دینی منسوب به رازی نیز نظرات له و علیه هر دو وجود دارند. مانند آثار فلسفی او، بخشی از نوشته‌های دینی وی یا از بین رفته، یا اینکه وجود نداشته‌اند؟ بخش زیادی از آنچه در این زمینه به وی منتسب می‌کنند از نوشته‌های منتقدان هم عصر وی و پس از آن برگرفته شده است. تفکرات فلسفی اش که با نقد و تعریض بر فلسفه ارسطو و حکمای مشایی همراه است آماج انتقاد بسیاری بوده است. آرای او بیش از اقوال فارابی و ابن سینا از سوی متشرعین و متکلمان مورد نقد و ایراد بوده، حتی بزرگانی چون خود ابن سینا و بیرونی نیز نتوانسته‌اند از انتقاد بر باورهای فلسفی و دینی رازی دور بمانند. دو اثر فارسی فیلسوف ری و حکیم رازی، به ترتیب نوشته دکتر مهدی محقق و دکتر پرویز اذکائی، در این موارد تحلیل کرده‌اند و برای تفصیل اندیشه‌های رازی و منتقدانش می‌توان از این دومین سود جست. آزاد اندیشی رازی در نگاه دینی و فلسفی و اینکه برخلاف غالب اندیشمندان دینی زمانه به عدم تلفیق دین و فلسفه تأکید می‌ورزید از موجبات اصلی مخالفت‌های متدینین و فیلسوفان دینی با وی بوده است. شاید در بستر منازعات مذهبی و تعصبات دینی آن روزگار ری، رازی به جای پوشیدن خرقه یکی از این فرق، جنگ هفتاد و دو ملت را وامی‌نهد و قلم را رهسپار نگرشی ورای تنازع آنها با یکدیگر می‌سازد. پرویز اذکائی جایی در کتاب *ارزشمند حکیم رازی* وی را «طیب ادیان» می‌نامد که اتصاف بس قابل تأملی است. از زمره آنهایی که آرای کوبندگان رازی را تعدیل می‌کنند استاد مرتضی مطهری است چرا که به نظر ایشان رازی سخت پای‌بند توحید و معاد و اصالت و بقای روح بوده و آثارش در اثبات مبدا و معاد شاهد این مدعاست و بنای مخالفت‌ها با رازی، بویژه در میان هم عصران وی، را همانا طرز تفکر نزدیک به شیعه امامی بودن رازی دانسته‌اند. شاید شهرت رازی در طب و نزدیکی او با سلاطین در عامل اصلی رفتار رقیبان و دشمنان او بوده، و برای منزوی کردن وی آسان‌ترین راه یعنی اتهام کفر و خروج از دین بوده است، چنانچه برخی آثار الحادی منسوب به او را ساختگی می‌دانند. تهمت کفر و الحاد از سوی ابوحاتم رازی – که اسماعیلی است – به محمد بن زکریا را به مقابله آنها با رازی به خاطر نوشتن کتاب *فی الرد علی الکیال فی الامامه* در نقد اسماعیلیان می‌دانند. الحق گفته فروتنانه خود رازی مبنی بر پذیرفتن نقص یا احتمال کوتاهی‌اش در آنچه باید باور

کردم / چه دانش من ترا سودمند افتد و کو تهی ام زیان نرساند».

اخلاق و انسانیات پزشکی رازی

«آزردن موجودی زنده روا نیست مگر آنکه با آن رنجی شدیدتر را از او دور کرده باشیم؛ و چون به حکم عقل و عدل آزار رساندن به دیگری روا نیست، پس آزردن خویشتن را نیز نباید روا دانست.»

زکریای رازی

افکار رازی در باب اخلاق در کتاب‌های «*طب الروحانی*» و «*لسیره الفلسفیه*» و «*کتاب اللذّه*» آمده است. مفهوم سلامت روان (نفس)، هوی، عقل، لذت و خودشناسی از مفاهیم مهم مبانی اخلاقی زکریای رازی هستند که از بین آنها، سلامت و لذت جای مهم‌تری در مبانی اخلاقی او دارند. در نظام اخلاقی او نگرش او بر امر لذت یکی از نکات کانونی است. او خاستگاه بیماری‌های را در پنداشت ناروا از لذت و روی آوردن به لذت جوئی می‌داند. از همین روست که یکی از رسالات او در همین باب است. از نظر رازی انسان در وضعیت سلامت در پی لذت نمی‌رود بلکه لذت برای رهایی از وضعیت رنج آوری است که جوینده لذت برای رهایی از آن در پی لذت می‌دود، همان گونه که وجود بر اثر رنج و درد گرسنگی و تشنگی در پی نان و آب بر می‌آید. بنابراین، پایان دادن به وضعیت رنج و درد و اعاده وضعیت طبیعی است که موجب لذت می‌شود. رازی اساس اخلاق را بر حاکمیت سنجش گرایانه عقل، میانه روی و دوری از افراط و تفریط می‌داند. او معتقد بود وضعیت طبیعی انسان (نرمال بودن)، بیانگر سلامت جسم و جان اوست که چیرگی هوا بر نفس موجب ناخوشی آن می‌شود. رازی از جمله اندیشمندانی است که اصول اخلاقی را صرفاً از منظر وظیفه گرایانه و تکلیف مدارانه دینی تحلیل نمی‌کند، و تحلیل هایش بر تکیه دارد. او که پروای معیشت ندارد، زندگی را در خدمت اخلاق می‌داند و بر آن بود که اخلاق باید مخدوم زندگی باشد. رازی در این کتاب، خود را پیرو سیره سقراط دانسته، بر آن است تا با تکیه بر دانش خود به مخالفین و ناقدین نظراتش پاسخ دهد. او در «*طب الروحانی*» نیز ابتدا ضمن ستایش عقل و خرد، بر آن است که میانه روی در زهد و کنترل هوای نفس مانع پستی مقام عقل می‌شود. محتوای این کتاب چنان است که صاحبان اندیشه می‌گفتند قبل از «*طب الروحانی*» اثر قابل توجهی درباره اخلاق ندیده‌اند تا با این کتاب مقایسه کنند. او در این کتاب - ظاهراً نوشته‌ای به قصد تکمیل و مقابل کتاب *طب منصوروی* خود در درمان جسم- کسب فضائل حمیده و رد صفات رذیله را اصل و بنیاد فلسفه خود می‌داند. بنابراین، *طب روحانی* رازی در پی اصلاح نفس و اخلاق است و طب جسمانی او صحت و حفظ بدن از امراض را در نظر دارد. در «*لسیره الفلسفیه*، سیرت فلسفی را بر پایه شش دستور بنا می‌نهد و

از این سیره و پسندیده بودن آنها دفاع می‌کند. این کتاب کم حجم بنوعی مرام‌نامه فلسفی محمد بن زکریای رازی است. شش اصل او عبارت‌اند از:

- ۱ - هر کس را پس از مرگ حالی‌ست خوش یا ناگوار، بسته به حالی که او قبل از تفرقه جسم و جان داشته است.
- ۲ - عالی‌ترین هدفی که برای آن آفریده شده و رهسپار آن هستیم تحصیل لذت جسمانی نیست، بلکه کسب علم و عمل به عدالت است تا به این وسیله از این عالم رها شده، به عالمی دیگر هدایت شویم که مرگ و آلم را در ساحت آن راهی نیست.
- ۳ - خواهش نفس سرکش و طبع حریص، ما را به دنبال لذات آنی می‌کشاند؛ ولی عقل ما را از طی این طریق نهی می‌کند و به اموری شریف‌تر می‌خواند.
- ۴ - پروردگاری که از او امید ثواب داریم و بیم عقاب، بر ما نگران است و به واسطه رحمتش بر ما آزار نمی‌پسندد. نادانی ما را زشت دانسته، ما را به عدل و علم فرامی‌خواند؛ بنابراین هر که آزار رساند، سزاوار آزار بوده، به قدر استحقاق هم عقوبت خواهد دید.
- ۵ - هیچکس نباید در پی لذتی باشد که آلم ناشی از آن، چه کمی و چه کیفی، بر آن لذت بچرید.
- ۶ - قوام عالم و بنای معیشت مردم بر اموری خُرد از قبیل زراعت، بافندگی و نظایر آن است. ایزد متعال اداره آنها را برای رفع حوائج زندگانی بر عهده ما گذاشته است.

بدین ترتیب رازی با تأکید بر خردورزی و هشدار به پستی نکشاندن آن، شریف‌ترین و برترین اصل را در زمینه اخلاق همان سرکوب هوی و ستیز با طبایعی می‌داند که اغلب مردم بدان گرایش دارند. بی آنکه به زهد افراطی سفارش کند دنیا را محل زندگی می‌داند که راه درست آن قناعت و رعایت اعتدال است. رازی به فقرا توجه بسیار داشت و رساله «*لَمْ أَنْ أُسْتَعْبِهْ*» را برای حمایت از آنان نوشت؛ اولین کسی بود که کتابی عمومی-ترویجی در مورد داروهای خانگی نوشت و در آن رژیم غذایی و «داروهای» را شرح داد که در آشپزخانه‌ها، داروخانه‌ها و اردوگاه‌های نظامی یافت می‌شوند. او در کتاب «*اخلاق الطیب*» (اخلاق پزشکی) بر مسئولیت اخلاقی سه گانه، یعنی پزشک نسبت به بیمار، بیمار نسبت به پزشک و پزشک نسبت به خود تأکید می‌ورزد. الگوی او از یک پزشک اخلاق مدار، مبتنی بر ویژگی‌هایی مانند توجه به آراستگی ظاهر، تعدیل صدا، مهارت، رفتار به عنوان «الگو» و میل مادام‌العمر برای به روز رسانی دانش خود، با ایده‌های کنونی قرن بیست و یکم درباره «حرفه گرایی» مطابقت دارد. همدلی، رازداری و مشاوره روان شناختی از دید او، جزء ضروری برای شفا و تمرین اخلاقی بود. نکته قابل توجه اینکه وی پزشکان را به رفتار یکسان با فقیر و غنی، احترام به زنان و توجه به نکات ظریف اجتماعی اخلاق پزشکی فرا می‌خواند. دکتر زاگر مترجم اندیشمند کتاب «*الحاوی*، حاشیه نویسی جسورانه و عالمانه رازی را در شرح یا رد

نظریات دیگران در سرتاسر *الحاوی* می‌ستاید و در مصاحبه‌ای به مناسبت همزمانی (به تاریخ بیست و چهارم آذرماه ۹۵، آمده در سایت دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی) رونمایی از ترجمه فارسی *الحاوی* و بزرگداشت رازی عنوان می‌کند که بنا بر شواهد تاریخی او بیشتر عمرش را بر بالین بیماران در شفاخانه‌ها و نزد بیماران و خانواده‌های آنها سپری کرده، برخلاف بسیاری از بزرگان علمی که در دربارها خدمت می‌کرده‌اند عمرش را در خدمت توده مردم گذرانیده است. شخصیت رازی نشان دهنده همدردی گسترده انسانی در امر طبابت و زندگی حرفه‌ای است. بسیاری از گفته‌های او نشان دهنده احترامی است که برای حرفه‌اش قائل بوده است. همو گوید «پزشک شفای بیمار را باید بیش از حق الزحمه‌اش بخواهد، معالجه فقرا را بر ثروتمندان ترجیح دهد، در دستورات خود دقیق و در نفع عموم اسراف کند». او عاقلانه این دریافت را اعلام می‌داشت که دانش ما از هنر و علم پزشکی واقعاً کامل نیست و نشان می‌دهد که دانشجوی واقعی پزشکی چقدر باید فروتن و دائم در فراگیری دانش مجاهدت ورزد.

آثار رازی

سیاهه آثار رازی توسط ابن ندیم و ابوریحان بیرونی در کتاب‌های موسوم به *الفهرست* ایشان، و نیز منابع دیگر گرد آمده است. ابوریحان در شروع *الفهرست* چنین می‌نویسد: «... یادآور شدی - پیوسته یادآور و بیادآوری یاد شده باشی - که تو به فراگیری زمان محمد بن زکریا بن رازی مشتاق، و به آگاهی بر شماره و نام‌های کتاب‌هایی که او ساخته است مایل هستی، تا بدان وسیله به جستن آنها راه جوئی؛ و نیز چون قریحه فراوان او و هوش سرشار او و رسیدنش به نهایت پایه علم برای تو مسلم شد برانگیخته شدی تا بدانی که چه کسی برای نخستین بار به دانش پزشکی پرداخته و آن را استنباط کرده است، و این هرچند بحثی خبری است ولی تو با کشیده شدن به این موضوع کاری شگفت نمودی. ...»

ابوریحان بیرونی در کتاب *الفهرست* خویش ۱۸۴ اثر برای رازی بر می‌شمارد. در *الفهرست* ابن ندیم و نیز در *لغت‌نامه دهخدا* از ۱۶۷ اثر منسوب به رازی یاد شده است. محمود نجم آبادی، استاد دانشگاه تهران در کتاب مولفات و مصنفات ابوبکر محمد بن زکریای رازی، با مقایسه فهرست‌های ارائه شده‌ی ابن ندیم، ابوریحان بیرونی، ابن القفطی و ابن ابی اصیبعه (با ذکر ۲۳۵ اثر) تعداد آثار - شامل کتاب‌ها، رساله‌ها و مقالات - وی را دویست و هفتاد و یک مورد فهرست کرده است. آثار رازی طبق فهرست بیرونی بدین ترتیب تقسیم موضوعی می‌شود: ۵۶ اثر در طب، ۳۳ اثر در طبیعیات، ۱۰ اثر در ریاضیات و نجوم، ۱۷ اثر در علوم فلسفی، ۱۴ اثر در الهیات، ۲۲ اثر در کیمیا، شش اثر در مافوق الطبیعه، هفت اثر در منطق، هفت اثر در تفسیر و تلخیص کارهای فلسفی و طبی دیگران، دو اثر در کفریات و ده اثر در فنون مختلف می‌شود.

شماری از تک نگاشت (مونوگراف)‌های رازی مبتکرانه، با موضوعاتی منحصر به فرد برای نخستین بار نوشته‌اند. در مواردی هم که مشابه نویسی وجود دارد دانش پزشکی بی‌بدیل آثارش را متمایز می‌کند. متن اصلی عربی برخی از آثار وی از بین رفته، ولی ترجمه لاتین یا عبری آنها موجود است. رساله *الجدری و الحصیه* رساله‌ای در باب سرخک و آبله وی یکی از کارهای بسیار متمایز وی است که در اروپا تحت عنوان طاعون ترجمه شد و سپس با پی بردن به تشخیص افتراقی او از دو بیماری بسیار مهم ارزش کارش آشکار شد. یونانیان نیز ظاهراً اینها را دو بیماری جداگانه ندانسته، دو بیماری را دو مرحله یا دو تظاهر بالینی از یک بیماری تصور می‌کردند. دانش کیمیاوی رازی در توصیف این دو بیماری تأثیر داشته است. یک تک نگاشت دیگر جالب رازی با عنوان *علاجات البتّه* در باب همجنس گرایی مردان و درمان آن است که رازی در ابتدای این رساله عنوان کرده چون نوشته‌های پیشینیان را در این باب کامل ندانسته به نوشتن این اثر اقدام کرده است. رساله *برء الساعه* (درمان فوری) اثر بدیع دیگر رازی است. همچنین رساله *فی تدبیر الصبیان* (در طب اطفال) رازی را نخستین تک نگاشت در زمینه پزشکی کودکان می‌دانند. آثار رازی در طول زمان به زبان‌های مختلف ترجمه شده است. با نگاهی گذرا بر نوشته‌های وی در زبان فارسی و مقایسه با آنچه با زبان لاتین و انگلیسی از وی وجود دارد مایه تأسف است که ظاهراً ترجمه‌های فارسی کم‌تر هستند. بررسی، تجزیه و تحلیل و معرفی آثار رازی، بویژه آنهایی که هنوز ترجمه فارسی هم ندارند، کاری بسیار بزرگ است که در جای خود باید مجدانه پیگیری شود. در اینجا برای حسن ختام، فقط چند اثر مشهور و مهم‌تر رازی معرفی می‌شوند.

کتاب *الحاوی فی طب* (*Liber Continens*). به فارسی *جامع بزرگ*

این اثر، شاهکار ماندگار رازی، به دانشنامه‌ای می‌ماند که دوره‌ای کامل از علم طب را تا دوره رازی در خود دارد که البته یافته‌ها و نظریات رازی بدان‌ها افزوده شده است. موضوعات متنوع پزشکی از جمله تشخیص و درمان بیماری‌ها، داروشناسی، جراحی و تغذیه در این کتاب بزرگ آمده است. نام دیگر آن *الجامع الحاصره لصناعته* / *الطب* است. عباس اقبال آشتیانی تاریخ نگار برجسته گفته است رازی طب را که متفرق بود جمع کرد و این گفته حتی با مراجعه صرف به همین اثر درست می‌نماید چه می‌دانیم علاوه بر آن تالیفات طبی زیادی از رازی در دست مانده است. در این اثر تمام اصول و فروع علم طب، شرح علل بیماری‌های مختلف و نشانگان آنها، درمان و داروشناسی بیماری‌ها، شامل آرای پزشکان گذشته در آثار یونانی، سریانی، هندی، ایرانی و عربی (با ذکر منابع به رسم امانت‌داری) است. به استناد اقوال محققان و مورخان رعایت امانت‌داری رازی در این اثر بسیار قابل توجه است که هر نکته و عبارتی را به منبع و گوینده آن ارجاع داده، و آنجا که نام گوینده

ابدان؛ اوزان و مکاییل؛ در تشریح و منافع هریک از اعضا؛ اسباب طبیعی در صناعت طب؛ مدخل علم طب در دو مقاله در اسماء طبی و در اوایل طب. در واقع موضوعی در دنیای پزشکی نیست که در این دانشنامه از آن صحبت نشده باشد. در ۱۲۷۹ میلادی، فرج بن سالم (پزشک یهودی سیسیلی) *الحاوی* را با عنوان *Continens* به لاتین ترجمه و آن را به شارل آنژویی، پادشاه ناپل اهدا کرد. این ترجمه نفیس که در پنج مجلد و مشتمل بر ۲۵ بخش است، اینک در کتابخانه ملی فرانسه نگهداری می‌شود. نسخه دیگری در واتیکان وجود دارد که رونویسی از همین نسخه است. تاکنون نسخه عربی کاملی از *الحاوی* به دست نیامده که قدمتی بیش از این ترجمه لاتین داشته باشد. *الحاوی* پس از ۱۱ قرن به طور کامل در سال ۱۳۹۵ شمسی با پیشگامی فاضلانه دکتر محمد ابراهیم ذاکر، دندان‌پزشکی که کارهای فرهنگی بسیار ارزنده‌ای در زمینه تاریخ پزشکی و ترجمه آثار قدیمی این قلمروها داشته‌اند از زبان عربی به فارسی برگردانده شد و به شکل مجلداتی توسط دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی منتشر شد. بنا بر اظهار خود ایشان بیش از ده سال (دو سوم زمان تالیف آن توسط زکریای رازی) برای ترجمه این اثر بزرگ صرف کرده‌اند. مجلدات این کتاب با همراهی مترجمان دیگر در فرهنگستان علوم پزشکی نیز منتشر شده است.

و منبع اصلی در دسترس نبوده از کلمه "مجهول" استفاده کرده است. بعلاوه رازی بر پایه معاینات و مشاهدات شخصی ملاحظات نظری‌اش را نیز بدان‌ها افزوده است. همچنین اطلاعات بیمارستانی و شرح حال بیماران و اوضاع بیمارستان‌ها نیز در این کتاب آمده است. به گفته خود رازی او پانزده سال بی‌وقفه در گردآوری آن تلاش کرده و در این راه بینائی‌اش را از دست داده و سستی بر دستانش عارض شده است.

این اثر شکل و نظم و سیاق یک نوشته مرتب را نداشته و یادداشت مانده‌هایی ناتمام بوده است که بعداً توسط شاگردان و کاتبان به شکل نوشته‌های مرتب درآمده است. گفته شده که رازی می‌خواسته تا پیش از به کمال رساندن آن، کار نظم دهی بدان را عقب بیندازد. این اثر چنان حجیم است که حتی در گذشته نیز نسخ معدودی از آن موجود بوده است. به شکل مجموعه‌هایی با مجلدات گوناگون گزارش شده است. با این حال ابن ندیم و ابن ابی اصیبعه *الحاوی* را دارای دوازده بخش می‌دانند که مطابق نوشته ابن ندیم این تقسیم دوازده گانه عبارت‌اند از: در معالجه بیماری‌ها و بیماران؛ در حفظ صحت؛ در شکسته بندی و جراحات؛ در قوای داروها و غذاها و آنچه در طب بدان احتیاج باشد؛ در ادویه مرکبه؛ در صنعت طب؛ داروسازی و داروها و رنگ و بو و مزه هر یک؛ در



الْحَاوِي فِي الطَّبِّ

تأليف
أبي بكر محمد بن زكريا الرازي الطبيب
الطوسي سنة ٤٢٣ هـ
مراجعة وتصحيف
د. محمد محمد إسماعيل

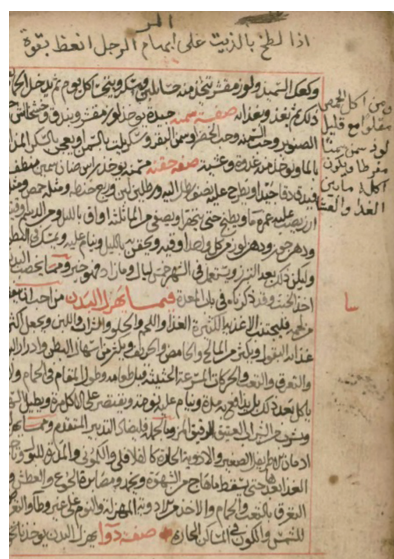
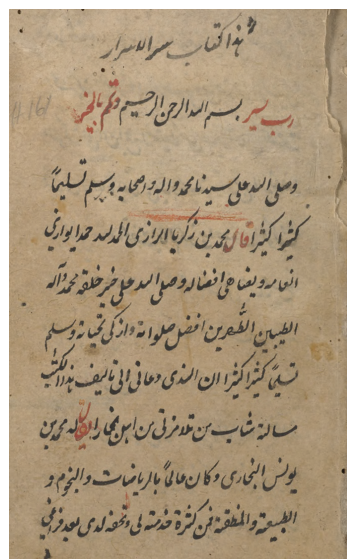
المجلد الأول والفهرسة

المجلد الأول : في أمراض العيون
المجلد الثاني : في أمراض العنق
المجلد الثالث : في أمراض الكلى والأذن والأنف

شکل ۳: کتاب *الحاوی* (کتاب جامع در طب). راست؛ ویراست انگلیسی *الحاوی* (Liber Continens، ۱۵۲۹ میلادی، ونیز) سمت چپ.

کتاب الکناش المنصوری (*Liber Almansorios, Liber medicinalis ad Almansorem*) / فی الطب المنصوری

به عنوان یکی از مهم‌ترین آثار رازی در حوزه پزشکی، تأثیر زیادی بر پیشرفت علم پزشکی در دوران خود داشت. این کتاب با انتقال اکتشافات و نوآوری‌های پزشکی رازی به دانشمندان دیگر، پایه‌گذار روش‌های جدید در تشخیص و درمان بیماری‌ها بوده است. ده مقاله، هریک با فصول متعدد در باب موضوعات گوناگون پزشکی، دارد که عبارت‌اند از زمینه تشریح، درمان زهرها، مزاج‌ها، نشانگان بیماری‌ها، دارو شناسی، بهداشت، درمان شناسی، دستورهای مسافران (مراقبت‌های بهداشتی در سفرهای طولانی) و جراحی‌هاست.



شکل ۴: صفحات نخست فی الطب منصورى (راست) و الاسرار (چپ). برگرفته از:
Ensiye Af. Et al. Rhazes' Contributions to Alchemy and Pharmacy. Shiraz
E-Med J. 2022 February; 23(2):e111526

کتاب الاسرار/ سرالاسرار

این کتاب در زمینه شیمی کتابی بسیار مهم و پرمحتوی بوده است. این خلاصه با استفاده از ترجمه ارزشمند کتاب از دکتر حسنعلی شیبانی، انتشارات دانشگاه تهران (۱۳۳۹)، عرضه می‌شود. رازی در این کتاب، تقسیم بندی مواد شیمیایی، فلزی و غیرفلزی، توصیف واکنشها و آلات و افزار آزمایشگاههای شیمی را توصیف می‌کند. در گفتار نخست به معرفی مواد (عقاقیر) شیمیایی و شناختن رنگ، "خوبی و بدی" آنها، شامل اجساد (فلزات)، ارواح (غیرفلزات)، سنگ‌ها، زاگ‌ها، بوره‌ها و نمک‌ها می‌پردازد. در گفتار دوم، که به شناختن و معرفی افزارهای شیمیایی اختصاص یافته است دو بند وجود دارد که یکی به افزارهای ذوب و گداختن فلزات و دیگری به افزارهای کار کردن با مواد شیمیایی می‌پردازد. گفتار سوم به روش‌های کارهای شیمیایی (موسوم شیمی تدابیر) می‌پردازد. رازی در این بند از جیوه، جوهر زرنیخ، گوگرد نشادر، آهکی کردن فلزات و سنگ‌ها می‌نویسد. سپس از شمعی (نرم و ترکیب) کردن روح‌ها، فلزها و سنگ‌ها، نمک‌ها با روح‌ها، و بعد از حل کردن این ترکیبات در آب‌های تیز و غیره می‌گوید. پیوند و ترکیب کردن اینها از راه‌های گوناگون چون سائیدن، شمعی کردن و حل کردن بند دیگر این گفتار است. روش کار با مایعات، رستنی‌ها، و اجزای جانوری، مانند خون و تخم مرغ، از موضوعات دیگر این بخش از کتاب است. برآستی که خود تنظیم چارچوب کتاب/الاسرار، آن را به یک نوشته مدرن در شیمی آزمایشگاهی نزدیک می‌سازد.

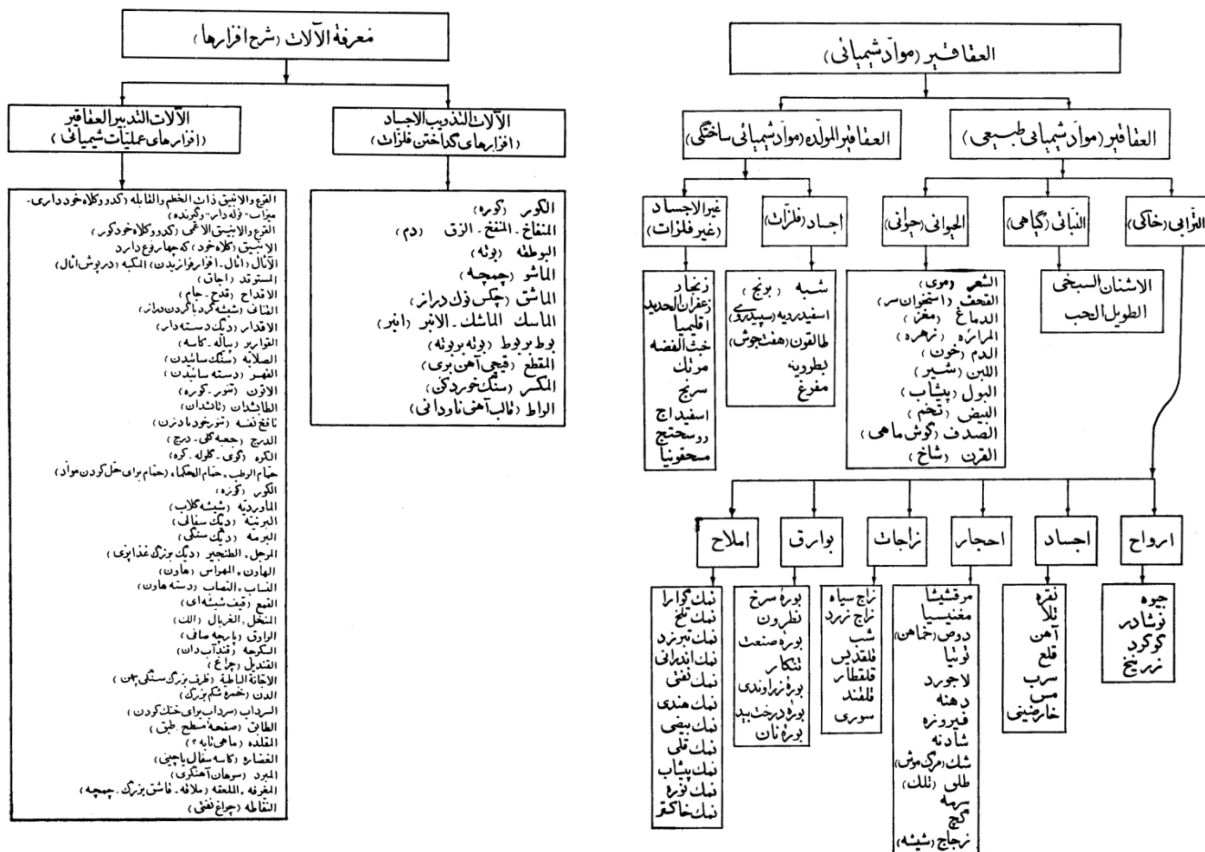
المدخل التعليمی

این کتاب به راهنمای آموزش صنعت کیمیا معروف است. توسط دکتر حسنعلی شیبانی با استفاده از نسخ متعدد ترجمه و حواشی

و تعلیقاتی بسیار ارزنده بدان افزوده شده است. این کتاب نیز با توصیف مواد و عقاقیر آغاز شده با شرح افزارهای کار شیمی ادامه می‌یابد. از جمله این ابزار کوره (الکوره)، بوتله (البوطقه)، بوتله برپوته (بوط برپوط)، چمچه (الماشو)، قالب ناودانی (الراط) و دم (الزق) قرع و انبیک، گیرنده (القالبه) و کلاه خود کور (الانبیک الاعمی) و ... هستند. و همچنین در مورد کار و آزمایش‌های کیمیای و شیمی مانند گداختن، کنش و واکنش اجساد و ارواح و سنگ‌ها می‌پردازد. روش‌های کار را مانند یک راهنمای آزمایشگاهی توضیح داده، در ضمن آن تک تک افزارها و روش کاربرد آنها را با جزئیات شرح می‌دهد. در بخش تدابیر کتاب کلیه روش‌های کیمیای را با دسته بندی مشروح در هفت دسته با جزئیات توضیح می‌دهد. در شکل طرح واره‌ای از جداول تنظیمی رازی را می‌بینیم که نشان از دقت و ظرفیت محتوای این کتاب دارد.

من لا یحضره الطیب/ طب الفقرا

رازی در مقدمه همین کتاب در مناسبت تألیف من لا یحضره الطیب می‌گوید کتاب را به درخواست یکی از بزرگان دانشمند و خیرخواه که طالب کتابی ساده برای استفاده عموم باشد تألیف کرده است. او درخواست کرده بود «رساله‌ای مختصر در مورد معالجه بیماری‌ها با مواد خوراکی و نوشیدنی‌های رایج و آشنای مردم که در دسترس همگان اعم از خانه، آشپزخانه، خوراک پزی‌ها، بازارها، دهات و دکه‌ها قرار دارد، به شکلی عامه فهم بنویسم. تا امکان استفاده و کاربرد آنها برای بیشتر مردم فراهم باشد». او در مقدمه به خاطر حسن نیت خویش و جستجوی راه صلاح مردم که در تألیف این کتاب به کار بسته، ضمن سپاس و شکر به درگاه آفریدگار به پاس توفیق در این مهم، از خدای عزوجل طلب ثواب دارد.



شکل ۵: تصاویری از متن *المدخل التعليمي* در تقسیم بندی مواد شیمیایی (سمت چپ) و افزایش کار شیمیایی (سمت راست)

معدنی و گیاهی و ذرائع فصول پایانی لا یحضره / الطیب را تشکیل می‌دهند. براستی که یک دوره پزشکی کامل برای استفاده عموم است و کار سترگ وی را در *الحاوی* که برای متخصصین نوشته شده است کامل می‌کند.

طب الروحاني

این اثر را کهن‌ترین نوشته در روان‌شناسی می‌دانند. اهمیت سلامت روان در نوشته‌های باستان به ارسطو می‌رسد، و تأکید بر اهمیت درجهٔ برتر روانپزشکی درعالم پزشکی نیز در اوستا به پنج سده پیش از میلاد می‌رسد. کتاب *طب روحانی* رازی که بسط آن میراث در اولی دیدن سلامت روان تألیف شده است به ستایش عقل و مذمت هوی و هوس اهتمام دارد. به گفته مولف والامرتبه‌اش هدف غائی کتاب نشان دادن اهمیت اصلاح اخلاق نفس است. او با طرح اصول و معیارهایی برای شناخت عوامل تهدیدکننده سلامت نفس و دفع رذائل اخلاقی در سرتاسر کتاب، عقل را ستوده، فیلسوفان را خردمندانی واقعی می‌نامد. *طب روحانی* بیست فصل دارد که به مفاهیم زیر می‌پردازد: در فصل اول به فضل عقل و مدح آن و در فصل دوم به رد و مبارزه با هوی، به ویژه با استناد به آرای افلاطون، می‌پردازد. کانون توجه دو فصل بعدی شناخت عوارض نفس و ضرورت شناخت عیوب نفس است. سپس

راز می‌گوید طب الفقرا که سی و هفت مقاله دارد «طبق سنت نیاکانی» از شرح و توصیف بخش‌های قسمت بالای بدن آغاز کرده، کار را تا نوک پاها ادامه می‌دهد. شرح و بسط توصیفات طبی را از سردرد شروع کرده با مرض لغوه و فلج ادامه می‌دهد. در فصل سوم از صرع و در چهارمی به مالیخولیا و بعد به سرسام می‌پردازد. در فصل شش درباره فراموشی و اختلال تفکر و حافظه و سپس در فصل هفت به بیماری‌های چشم و در هشتمی به بیماری‌های گوش می‌پردازد. در فصل‌های بعدی بیماری‌های گوش، لب‌ها و دهان و دندان، لوزتین حلق، خفگی (خناق) و گرفتگی صدا، زکام، بیماری‌های سینه، ریه و پرده دیافراگم، سل و سرفه، درمان‌های پستان و کمی و زیادی شیر، بیماری‌های معده، هیضه (اسهال و استفراغ)، درد و گرفتگی قلب و تپش آن، چاقی و لاغری، درد و درمان کبد، بیماری‌های طحال (سپرز)، استسقاء و بعد نفخ شکم، مبالغه بواسیر و شقاق، قولنج‌ها، بیماری‌های کلیه و مثانه، سوزش ادرار و ادرار خونی، و پُر ادراری می‌پردازد؛ بیماری‌های قاعدگی و آبستنی و رحم، ورم بیضه‌ها، آلت تناسلی و فتن، درد مفاصل و درد عرق النساء، نقرس و واریس کمردرد کهنه و درد گردن، مطالبی درباره زیبایی و ظواهر بدن در فصل‌های بعدی توصیف شده‌اند؛ عقب‌گزیدگی و نیش رتیل و مارگزیدگی و گاز گرفتگی سگ‌ها و نیش زنبور و در مورد تب‌ها و انواع مسمومیت، سموم

یکی از روش‌های همیشه مهم بالینی در کار درمان بیماری‌هاست. این اثر بسیار بدیع زمانه خود، توسط یکی از رازی‌شناسان بنام ایران دکتر محمود نجم آبادی از زبان عربی ترجمه و توسط انتشارات دانشگاه تهران منتشر شده است. رازی در این اثر قریب ۱۱۰۰ سال پیش شرح حال سی و چهار بیمار را با ذکر نام و شغل و سابقه بیماری آورده است. پیش از او گویا چند داستان و حکایت طبی از بقراط وجود داشته است. اما کار رازی روش شناسانه تر بوده، با گزارش‌هایی کمابیش شبیه آنچه در بیمارستان‌های امروزی در بدو ورود بیمار به بیمارستان انجام می‌شود از بیمارانش به دست داده است.

در پایان شماری از آثار که به زبان فارسی در مورد رازی گرانمایه تالیف شده‌اند برای حسن ختام این نوشته معرفی می‌شوند. از میان این نوشته‌ها حکیم رازی، به قلم دانشمند رازی شناس برجسته پرویز اذکائی، جامعیت و غنای بسیار بالایی دارد و مطالعه آن به دوستداران زکریای رازی قویا پیشنهاد می‌شود.

با این دعوی که عشق و الفت آدمی را کر و کور می‌سازد دوری از آن‌ها را توصیه می‌کند. در فصول بعدی به آفات نفس در رسیدن به سلامت روحانی، از جمله غضب، حسد، کذب، یخل، غم، شراب، جماع، و تلاش برای رسیدن به سیرت‌های فاضله تاکید می‌شود. برترین فضائل به تعبیر او آن است که با مردم به عدالت رفتار باید کرد، و جز با آنهایی که از در ظلم و ستم وارد شده، در راه فساد و حرام می‌کوشند باید نیک رفتار بود. بنابراین هدف نگارش طب روحانی رازی راهنمایی برای اصلاح نفس و تخلق انسان به اخلاق الهی است. رازی اندیشمند متالم و ژرف نگر، پزشکی حاذق است که در کنار کارهای سترگش در طب جسمانی، در اندیشه نشان دادن اهمیت سلامت روان، طب الروحانی را می‌نگارد و فلسفه‌اش را وصول به طب روحانی می‌داند.

قصص و حکایات المرضى/داستان‌ها و حکایات بیماران

اهمیت این کتاب گرفتن شرح حال بیمار و جزئیات بیماری‌هاست که



فهرست کامل آثار پزشکی رازی:

- فی الاستفراغ المحمومین قبل النضح، در این که استفراغ پیش از بهبودی لازم است.
- فی تبرید الماء عیل الثلج و تبرید الماء یقع الثلج فیه، درباره‌ی آبی که با برف سرد شده باشد و آبی که بر برف گذارده و سرد شده باشد.
- فی العله آلتی لها بزعم بعض الجهال الاطباء ان الثلج یعطش، در علت آن که بعضی پزشکان نادان تصور می‌کنند که برف تشنگی می‌آورد.
- العلل القاتله، درباره‌ی بیماری‌های کشنده است.
- فی علل الموت الحوی من السموم، درباره‌ی علت مرگ سریع از زهر است.
- اطعمه المرضى، درباره‌ی غذای بیماران است.
- الفالاج که در باب فلج‌هاست.
- اللقوة، عبارت است از فلج عصب صورت و نتیجه حاصل از آن کجی دهان می‌باشد.
- فی ان الحمیه المفرطه تضر بالا بدن، در این که پرهیز مفرط برای بدن انسان مضر است.
- فی ان الطین المتقل، در باب خاک رس متحرک.
- فی علل تعیش السمک، در آن که ماهی تشنگی آورد.
- فی العله آلتی لها صار الخریف ممرضا، در سبب آن که پاییز بیماری‌زا است.
- فی ان الطیب الحاذق لیس هومن قدر علی ابراء جمیع العلل و ان ذلک لیس فی الوسع، در این که پزشک توانا، قادر به درمان همه‌ی بیماری‌ها نیست.
- فی التلطف فی ایصال العلیل الی بعض شهواته، در لطف ورزیدن پزشک برای برخی بیماران در بعضی امیال آن‌ها
- فی العله آلتی یذم لها بعض الناس و عوامها الطیب و ان کان حاذقا، در سبب رها کردن بعضی مردم و عوام الناس پزشک را، هر قدر هم که حاذق باشد.
- فی العله آلتی لها ینجح جهال الاطباء و العوام و النساء اکثر من العلماء، در علت آن که پزشکان نادان و عوام و زنان بیش از پزشکان دانشمند توفیق می‌یابند.
- خطاء غرض الطیب، درباره‌ی خطا و اشتباهات پزشک
- اختصار کتاب النبض الکبیر لجالینوس، خلاصه کتاب «نبض بزرگ» از جالینوس
- اختصار کتاب حیلہ البرء لجالینوس، خلاصه کتاب جالینوس
- تلخیص کتاب العلل و الاعراض لجالینوس، کتاب علل و علائم اثر جالینوس
- تلخیص کتاب العلل المواضع الأله لجالینوس، کتاب علل دردناک اثر جالینوس
- تلخیص کتاب فصول بقراط
- فیما لا یلصق مما یقطع من البدن، درباره‌ی این که نمی‌توان
- الحاوی، یک دوره کامل علم طب تا دوران رازی است.
- الکناش المنصوری، که الطب المنصوری نیز خوانده می‌شود.
- المرشد، که الفصول فی الطب نیز نامیده می‌شود.
- من لا یحضره الطیب، نام دیگر کتاب طب الفقراء است.
- المدخل الی الطب، پیش درآمد و مقدمه علم طب
- الرد علی الجاحظ فی مناقضه الطب، که در آن رازی نظر جاحظ معروف را که نقض علم طب را رد می‌کرده، رد کرده است.
- الطب الملوکی، این کتاب یک دوره بیماری‌شناسی است.
- القرا بآذین الکبیر
- القرا بآذین الصغیر
- کتاب الجدری و الحصبه
- التقسیم و التشجیر، که رازی در این کتاب گونه‌های بیماری و علت‌های آن‌ها را با شرح و طبقه‌بندی آورده است.
- الحصی فی الکلی و المئانه، در باب سنگ کلیه و مئانه است.
- القولنج، در این کتاب از اقسام و انواع قولنج‌ها بحث می‌شود.
- اوجاع المفاصل (دردبندها)
- منافع السکنجبین، در باب خواص سکنجبین و موارد مصرف و تجویز آن است.
- دفع مضار الاغذیه، درباره‌ی پیش‌گیری از ضررهای غذاها است
- تقدیم الفاکهه قبل الطعام و تأخیر هامنه، در مورد خوردن میوه پیش و پس از غذا است.
- الابدال، درباره‌ی جانشینی داروها.
- الادویه الموجوده بکل مکان، درباره‌ی داروهایی که آسان در هر جا یافت می‌شود.
- الابنه و علاجها (در باره همجنس‌بازی و علاج آن)
- فی هیئة القلب (تشریح قلب)
- فی هیئة الاثنین (تشریح خصیصه بیضه‌ها)
- فی هیئة الصماخ (تشریح پرده‌ی گوش)
- فی هیئة العین (تشریح چشم)
- فی هیئة الکبد (تشریح جگر)
- الرد علی الناشی فی تقضه الطب، در باب رد رازی بر نقض ناشی است که علم طب را نقض کرده است.
- فی المحنه الطیب و کیف ینبغی ان یکون حاله فی نفسه و بدنه و شربه، درباره‌ی آزمون پزشک و این که باید چگونه باشد.
- فیما جری بینة و بین جری الطیب فی التوت عقیب البطیخ، گفت‌وگو بین رازی و جری پزشک در باب خوردن توت پس از خربزه
- فی العله آلتی تحدث الورم و از کام فی روس بعض الناس وقت الورد، در سبب آن که آماس و زکام در سر بعضی از مردمان، وقت گل سرخ عارض می‌شود.

- کتابان فی التجارب
- فی الفصد، درباره‌ی رگ زدن و خون گرفتن
- فی النقرس. در نقرس.
- فی العلّة آلتی صار النائم یعرق أكثر من الیقظان، در علت آن که افراد در خواب، بیشتر از بیداری عرق می‌کنند.
- کتاب الفاخر
- فی صناعة الطب و وضعها و تمییزها
- براء الساء (درمان فوری)
- فی علاج العین بالحدید، در درمان چشم با چاقو
- فی الادویة العین و علاجها و مداواتها و ترکیب الادویة لما یحتاج الیه من ذلک، در داروها و درمان بیماری‌های چشم و ترکیب داروه
- کتاب سر الطب
- منافع الأعضاء (فیزیولوژی)
- کتاب صفات البیمارستان، درباره‌ی ویژگی‌های بیمارستان
- فی الثقال الادویة المركبة، درباره‌ی سنگینی داروهای مرکب
- کلام الفروق بین الامراض، در ویژگی‌ها و فرق بین بیماری‌ها
- کتاب الکافی فی الطب
- الأغذیة المختصرة
- مقالة فیما سئل عنه فی انه لم صار من قل جماعة من الإنسان طال عمره
- تذکره مفیده
- فی اختلاف الدم، درباره‌ی اختلاف خون آدمی است.
- اتخاذ ماءالجبن، درباره‌ی خواص آب پنیر است. (با کتاب ۹۲ در همین سیاهه سنجیده شود)
- من کتاب الالبان فی منافع ماءالجبن، درباره‌ی خواص آب پنیر و شیر است. (با کتاب ۹۱ در همین سیاهه سنجیده شود)
- مفید الخاص
- النواص
- رسالة لأبی بکر محمد بن زکریا الرازی لبعض تلامذته و قد إختصه بعض الملوک
- الأکلیل (کتاب تاج)
- منافع المومیاء درباره‌ی خواص و منافع مومیاء است.
- تدبیر الصبیان یا پزشکی کودکان که اولین کتاب درباره پزشکی کودکان به شمار می‌رود.

- بعضی اندام‌های بدن را پیوند زد، اگر چه کوچک باشند.
- فی العلّة آلتی لها لا یوجد شراب یفعل فعل الشراب الصحیح بالبدن، درباره‌ی اثری که مشروب سکر و غیر سکر در بدن می‌گذارد.
- کیفیة الاعتناء، در باب کیفیت تغذیه است.
- فی الأغراض الممیلة لقلوب کثیر من الناس عن أفاضل الأطباء إلی إخصائهم، در این باره که دیدگاه مردم از پزشک توانا به پزشکان پایین‌تر متمایل می‌گردد.
- فی الجبر، درباره‌ی شکسته بندی است.
- فی ان العلّة الیسیرة بعضها أعسر تعرفا و علاجا من العلیظه، در آن که درمان بعضی بیماری‌های آسان و پیش پا افتاده، دشوارتر از بیماری‌های شدید است.
- تقسیم الأمراض و أسابها و علاجاتها علی الشرح، در طبقه بندی مشروح و علت‌ها و درمان‌های بیماری‌ها
- المشجر فی الطب علی طریق کناش
- فی العلل المشکله، در بیماری‌های صعب و مشکل
- کتاب الباه، از ضررها و اسراف و موقع و نافع امر باه و مواد مولد منی و تکثیر و رقت آن و غذاها و داروهای مولد و رفع کننده‌ی باه بحث می‌کند.
- فی السكر
- فی التعری والتدثر، در علت آن که حرارت گاهی با برهنه شدن و زمانی با پوشیده شدن برطرف می‌گردد.
- ما یعرض فی صناعة الطب
- کتاب النقرس و عرق المدیة، درباره‌ی بیماری نقرس و پیوک (با کتاب ۷۴ در همین سیاهه سنجیده شود)
- کتاب الصینة، درباره‌ی داروسازی است.
- فی معرفته تطریف الأحفان، در شناسایی به هم زدن پلک‌های چشم
- فی شرف العین، در فضیلت و برتری چشم بر سایر حواس
- فی العمل بالحدید و الجبر، در اعمال جراحی با چاقو و شکسته بندی
- کتاب الکبیر فی العطر و الأنجبات و الأدهان، کتاب بزرگ رازی در عطر
- اثبات الطب، در اثبات پزشکی

منابع

1. Adamson Peter. Al-Rāzī (2021): New York. Oxford University Press, The Great Medieval Thinkers series.
2. Adamson Peter. Abu Bakr al-Razi on Animals. Archiv f. Gesch. D. Philosophie Vol. 94, pp. 249–273 DOI 10.1515/agph2012-0011.
3. Ahmed J O, Kakamad K K, Najmadden Z B, et al. (July 2024 ,15) Abu Bakr Muhammad Ibn Zakariya Al-Razi(Rhazes) (865-925): The Founder of the First Psychiatric Ward. Cureus 16(7): e64601. DOI 10.7759/cureus.64601.
4. Al-Ghazal Sharif Kaf. The Valuable Contributions of al-Rāzī (Rhazes) in the History of Pharmacy April, 2007.
5. Amr Samir S. & Abdulghani Tbakhi. Abu Bakr Muhammad Ibn Zakariya Al Razi (Rhazes): Philosopher, Physician and Alchemist. Ann Saudi Med 27(4) July-August 2007 www.saudiannals.ne
6. Arthur J. Arberry Rhazes's Spiritual Physic | Online Library of Liberty. Source: Introduction to the Spiritual Physic of Rhazes, trans. (London: John Murray, 1950).
7. Chamsi-Pasha Majed . The contribution of Islamic culture to the Development of Medical Sciences. Journa of British Islamic Medical Association (JBIMA), Vol 6 - No. 2 | December 2020 | www.jbima.com
8. Ensiye Af. et al. Rhazes' Contributions to Alchemy and Pharmacy. Shiraz E-Med J. 2022 February; 23(2):e111526.
9. Güvenç Emel. The Moral Philosophy of Abu Bakr Razi as a Life Guide for the Modern Individual, Cumhuriyet Theology Journal, 27(1),221-233 ,2023 .
10. Karaman Huseyn. Abu Bakr Al-Razi (Rhazes) and Medical Ethics. Ondokuz Mayıs Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, 2011, sayı: 30, ss. 77-87.
11. Ligon B. Lee. Rhazes: His Career and His Writing .Seminars in Pediatric Infectious Diseases, Vol 12,No.3 (July), 2001: pp 266-272.
12. Nasr Seyyed Hossein and Oliver Leaman. History of Islamic philosophy. Routledge History of World Philosophies Volume I. 1996.
13. Nikmah Unzilaton & Mawaddatul Jannah. Muslim Science Thought from The Perspective of Abu Bakr Muhammad Zakariya ar-Razi. Alhikam Journal of Multidisciplinary Islamic Education Vol. 5, No. 1, 2024.
14. Raouf Modjtaba et al. Razi's innovations in medical sciences. Trends in Pharmaceutical Sciences, 2021 :7(1).
15. Sadi L. M. (M.D). The Millennium of AR-RAZI (Rhazes.). [Read before the Journal Club of Detroit College of Medicine and Surgery, November 1935 ,12.]. Annals of Medical History. 62-71.
16. Sattar Musa – UK. The Greatest Physician of Islam and the Medieval Ages: Muhammad Ibn Zakariya Al-Razi (Rhazes). Magazine: Edition July 2021.
17. Sidra et al. Muhammad Ibn Zakariya Ar-Razi: An Incredible Physician of Medicine Saga. December 2021. International Journal of Science and Research (IJSR) 10(12),155-157. DOI:10.21275/SR211130190550
18. Souayah Nizar & Jeffrey I. Greenstein. Insights into Neurologic Localization by Al-Razi (Rhazes), a Medieval Islamic Physician (2011), Muslim Heritage. (<https://muslimheritage.com/people/authors/nizar-souayah>)
19. Tubbs R. Shane . Abubakr Muhammad Ibn Zakaria Razi, Rhazes (865–925 AD). Child's Nervous System December 2007 ,23(11),1225-6 DOI: 10.1007/s00381-007-0368-8.
20. Zohalinezhad Mohammad E. et al. Clinical. Stories and medical histories recorded by Rhazes (865–925), The Iranian-Islamic physician in the medieval period. Acta Med Hist Adriat 2015 ;13(Supl.2) 77 -86.
۲۱. پرویز اذکائی (سپیتمان). حکیم رازی. انتشارات طرح نو با همکاری مرکز بین المللی گفتگوی تمدن‌ها. ۱۳۸۲
۲۲. مهدی محقق. فیلسوف ری، محمد بن زکریای رازی. نشر نی، ۱۳۶۸.
۲۳. محمود نجم آبادی، محمد زکریای رازی، طبیب، فیلسوف، شیمی‌دان/ ایرانی. انتشارات دانشگاه رازی (۱۳۷۱).
۲۴. علی اصغر حلبی، تاریخ فلاسفه ایرانی، از آغاز اسلام تا امروز. انتشارات زوار، ۱۳۸۱.
۲۵. جوئل ل. کرمر. /حیای فرهنگی آل بویه، ترجمه حنائی کاشانی. مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۷۵.
۲۶. محمد محمدی ملایری. تاریخ و فرهنگ ایران (در دوران انتقال از عصر ساسانی به عصر اسلامی)، مجموعه شش جلدی. انتشارات توس، ۱۹۸۵.

۲۷. احد فرامرز قراملکی. نظریه انسان سالم در نظام اخلاقی رازی. انسان پژوهی دینی، سال هفتم، شماره ۲۴، پائیز و زمستان ۸۹، صفحات ۱۹ تا ۳۳.
۲۸. احد فرامرز قراملکی. نظریه خودشناسی رازی در طب روحانی و جایگاه آن در نظام اخلاقی وی. انسان پژوهی دینی، سال هشتم، شماره ۲۵، بهار و تابستان ۱۳۹۰. صفحات ۵ تا ۲۰.
۲۹. طباطبایی سید محمود. برخی معیارهای اخلاق پزشکی از دیدگاه محمدبن زکریای رازی. اخلاق و تاریخ پزشکی ایران. ۱۳۸۷؛ ۱ (۲): ۱-۶.
۳۰. حمیدرضا خاکدوست، محمدرضا رجب نژاد. طب روحانی، جدال عقل و هوی از دیدگاه رازی. مجله تاریخ پزشکی، دوره دوازدهم، شماره ۴۲، بهار ۱۳۹۹.
۳۱. ثریا سلیمانی و عباسعلی منصوری. زکریای رازی فیلسوف دگراندیش یا طبیب فیلسوف نما. مجله پژوهشهای فلسفی دانشگاه تبریز. سال ۱۵ / شماره ۳۴ / بهار ۱۴۰۰.
۳۲. زکریای رازی. المدخل/التعلیمی ترجمه فارسی حسنعلی شیبانی. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۷۱.
۳۳. زکریای رازی. الاسرار، ترجمه فارسی حسنعلی شیبانی. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۴۹.
۳۴. زکریای رازی. من لایحضره/الطیب. ترجمه ابوتراب نفیسی. دفتر جهاد دانشگاهی، دانشکده علوم پزشکی تهران.
۳۵. فیلسوف یار. زکریای رازی | معرفی کامل آثار و زندگی زکریای رازی
۳۶. دانشنامه جهان اسلام. مدخل رازی، محمدبن زکریا.
۳۷. ویکی‌پدیا. مدخل‌های زکریای رازی / فهرست آثار محمدبن زکریای رازی. <https://fa.wikipedia.org/wiki>
۳۸. ویکی‌فقه. <https://fa.wikifeqh.ir>

The Moral Philosophy of Abu Bakr Razi as a Life Guide for the Modern Individual

Emel Güvenç Cumhuriyet Theology Journal 27/1 (June 2023 ,221-233).

<https://doi.org/10.18505/cuid.1240619>

فلسفه اخلاقی ابوبکر رازی به عنوان راهنمای زندگی انسان امروزی

امل گوونچ^۱

ترجمه علی فرازمند

دانشکده زیست‌شناسی دانشگاه تهران و عضو شاخه زیست‌شناسی فرهنگستان علوم.

afarazma@gmail.com

نامه علوم پایه شماره ۱۱ و ۱۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۲

چکیده

زکریای رازی، پزشک، فیلسوف و شیمیدان برجسته ایرانی، از جمله اندیشه‌هایی بدیع در مورد روان‌شناسی سلامت داشته که همچنان می‌توانند قابل اتکا باشند. بویژه در رساله‌های فلسفی خود در باب اخلاق بیان می‌کند که بین سلامت روانی و صلاحیت اخلاقی انسان ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. به گفته وی، سالم بودن انسان از نظر جسمی و روانی، به دوری از زندگی لذت‌محور، کنترل منطقی عواطف و افکار، توانایی بررسی انتقادی خود و مبارزه فعال با کمبودهایی بستگی دارد که او را از زندگی با فضیلت دور می‌کنند. در واقع، اگر فردی به امیال و غرایز خود اجازه دهد که به جای کنترل عقلانی، بر ذهن وی مسلط شوند، در نهایت نمی‌تواند از عود بیماری‌های روحی در درون خود جلوگیری کند. اینجاست که می‌توان اندیشه‌های رازی در مورد شفای روح و رشد منش اخلاقی را به‌عنوان نوعی نسخه اخلاقی برای رسیدن به زندگی با فضیلت و سعادت عملی کرد. به عقیده رازی که در تمام اندیشه‌هایش در باب اخلاق بر ارزش عقل تأکید می‌کند، انسان می‌تواند با تلفیق نیروی عقل و نیروی اراده‌ای که خداوند به او عطا کرده است، درک درستی از معنا و هدف وجود داشته باشد و به اصول اولیه چگونگی ادامه زندگی دنیوی خود دست یابد. این دانش می‌تواند به او کمک کند تا با مشکلات زندگی کنار بیاید، بر ترس‌ها/اضطراب خود در مورد مرگ خود غلبه کند و با ضعف‌های اساسی‌اش مانند خودخواهی، بخل و طمع مبارزه کند و از این طریق به سعادت زندگی دنیوی و اخروی برسد. اگرچه گمان می‌رود که ضعف‌های انسانی که رازی از آنها گفتگو می‌کند شاید به شرایط عصر زندگی او محدود باشد، اما در واقع ضعف‌های مورد بحث او، چون با وجود مادی انسان ارتباط دارند، نمی‌توان آن‌ها را در قید زمان و مکان خاصی محصور کرد. بنابراین رساله‌های رازی در مورد اعتدالی اخلاق حاوی اندیشه‌هایی است که می‌تواند انسان امروزی را که در چاره غم و اندوه خویش‌اند رانمائی کند و نشان دهند چگونه خطاهای خود را اصلاح کند و معنایی برای زندگی خود بیابد. در تلاش برای رهایی از هوا و هوس و درمان دردهایی مانند خودشیفتگی، خودآزاری، بیگانگی از مرگ، نارضایتی، مصرف‌گرایی، بی‌هدفی، بیگانگی از هستی خود و هموعان، تنهایی و باور به اینکه همه چیز را می‌توان کنترل کرد، آرای رازی در روان‌شناسی بسیار کارآمد به نظر می‌رسند. این مقاله به بررسی اندیشه‌های رازی می‌پردازد که چگونه می‌توان افراد را از نظر مادی و معنوی شفا داد و به موضوعات مختلفی مانند رهایی از غم، ترک خطا، کنار آمدن با ضعف‌های انسانی، به حاشیه نرفتن مرگ، نزدیک شدن به هستی از منظر تسلیم و در نتیجه دستیابی به شفای معنوی انسان‌ها اشاره کرد که می‌تواند راه‌گشای مبارزات حیاتی فرد در دوران مدرن باشد. هدف اصلی مقاله، بررسی سهم بالقوه رویکرد به موضوعاتی است که الگوی حاکم بر زندگی انسان امروزی در آن قرار دارند و اینکه از منظر اندیشه‌های رازی چگونه می‌توان در ارتقای اخلاق و مزایای احتمالی آن برای زندگی امروزی سود جست. نتیجه ما این است که توسل به اندیشه‌های اخلاقی رازی را می‌توان در موارد زیر مؤثر یافت: (۱) درک ارزش وجود و راهنمایی دیگران؛ (۲) مقابله با اضطراب/ترس از مرگ؛ (۳) اتخاذ تدابیر محافظتی در برابر اختلالات روانی که خود نشانه‌های مدرنیته تلقی می‌شوند؛ (۴) ارائه راه‌حل‌های جایگزین برای یافتن آرامش روحی از دست رفته و رهایی از غم‌انگیز دیدن زندگی؛ (۵) رهایی از درد و غم که از جنبه‌های ضروری زندگی دنیوی است (۶) تحت کنترل داشتن هوا و هوس و امیال نفسانی؛ و (۷) توکل و تسلیم حق تعالی بودن در مواقع ناامیدی.

۱. برگردان فارسی (ترجمه علی فرازمند) با کسب اجازه از ناشر اصلی منتشر می‌شود. شاید بتوان آن را به مثابه تلاشی در رازی‌شناسی کاربردی دید که به خاطر اهمیت و وابستگی موضوعی‌اش به مقاله مروری بر احوال و آثار رازی در همین شماره آمده است. نویسنده مقاله بنا بر اشاره ژورنال تئولوژی جمهوری یک محقق مستقل است.

مقدمه

ابوبکر رازی به عنوان فیلسوفی همه فن حریف شناخته می‌شود. از چهره‌های پیشگامی است که مشاهدات مهمی در مورد سبک زندگی فلسفی، متمرکز بر عقل در فلسفه اسلامی، انجام داد. رازی تحت تأثیر فلسفه افلاطونی، رواقی و اپیکوری، در مسائل اساسی اخلاقی از سقراط پیروی می‌کند. برای همه این فیلسوفان باستان، مشکل اساسی فلسفه این بود که چگونه انسان‌ها می‌توانند به سعادت برسند. در واقع، گفت‌وگوهایی که سقراط با شهروندان آتن برقرار کرد، تمرین‌های ذهنی اپیکور با دوستانش، و گفتمان‌های فلسفی از سوی فیلسوفان رواقی، همه را می‌توان در این محدوده ارزیابی کرد. در این زمینه، رازی با فیلسوفانی مانند سقراط، افلاطون و ارسطو که از اخلاق عقلانی دفاع می‌کنند، اشتراک نظر دارد؛ فلسفه را قلمروی می‌داند که برای مراقبت از روح به کار می‌رود که ارزش عملی دارد. بنابراین، می‌توان گفت فلسفه برای رازی نوعی هنر زیستن است که راه‌های جایگزینی را برای انسان نشان می‌دهد تا ابتدا از خود و سپس به وجود معنا ببخشد و بر ضرورت زندگی با فضیلت برای رسیدن به سعادت و کنار آمدن با غم‌ها تأکید دارد. همان‌طور که در زمان رازی، مشکلات اساسی بشری در مورد چگونگی رسیدن به سعادت در دنیای امروز نیز مطرح است. در واقع، به شکلی بدیهی بین رشد معنوی فرد در عصری که در آن زندگی می‌کنیم و پیشرفت‌های تکنولوژی در قرن بیستم، تناسب زیادی وجود دارد. تفکر مدرن غربی که به مردم نوید خوشبختی مادی و معنوی را می‌دهد، با این باور شکل گرفته است که فرد می‌تواند بدون توسل به ماوراء طبیعی به رشد اخلاقی به شیوه‌ای عقلانی و معنادار دست یابد. در این زمینه، مدرنیته که پرچمدار درک فردمحور از حقیقت است، نتوانسته گرسنگی روحی ناشی از نارضایتی روحی انسان را در زندگی شاخص مصرف‌محور برطرف کند. شاید رویکرد به مسائل وجودی فرد مدرن با الهام از اندیشه‌های فلسفی رازی، انسان‌ها را در چگونگی دستیابی به زندگی آرام و متناسب با فطرتش راهنمایی کند.

همان‌طور که در زمان رازی، مشکلات اساسی بشری که در بالا در مورد چگونگی رسیدن به سعادت ذکر شد، در دنیای امروز نیز مطرح است. در واقع، بدیهی است که در عصری که ما در آن زندگی می‌کنیم، بین رشد معنوی فرد و پیشرفت‌های تکنولوژیکی قرن بیستم تناسب زیادی وجود دارد. اندیشه مدرن غربی که نوید سعادت مادی و معنوی را به انسان می‌دهد، با این باور شکل گرفته است که فرد می‌تواند بدون توسل به ماوراء طبیعی به رشد اخلاقی به شیوه‌ای عقلانی و معنادار دست یابد. در این زمینه، مدرنیته که پرچمدار درک فردمحور از حقیقت است، نتوانسته گرسنگی روحی ناشی از نارضایتی روحی انسان در زندگی شاخص مصرف خود را برطرف کند. در این صورت می‌توان تصور کرد که رویکرد به مسائل وجودی فرد مدرن با الهام از اندیشه‌های فلسفی رازی،

انسان را در چگونگی دستیابی به زندگی آرام و متناسب با فطرت خود راهنمایی می‌کند.

به گفته رازی خداوند انسان را عادل و عاقل می‌خواهد. اما برای انسان امیال نفسانی کارکرد گمراه‌کننده‌ای دارند. این امیال واسطه‌گرایش انسان به سوی لذات دنیوی است. با این حال، عقل توصیه می‌کند که لذت‌های معنوی که می‌تواند رضایت روحی انسان را فراهم کند، با افراط در لذت‌های دنیوی قابل تجربه نیست. به همین دلیل، انسان نباید اجازه دهد که هوس‌های شیطانی، یعنی امیال، او را هدایت کند و بهتر است او به عقل عمل کند. زیرا رازی در اثر خود با عنوان طب روحانی بر اهمیت ذهن و نکوهش هوی تأکید می‌کند. در این زمینه، رازی که عقل را در مقابل خواسته‌ها قرار می‌دهد، به کارکرد عقل در جلوگیری از بدی‌های ناشی از امیال نفسانی اشاره می‌کند. به عقیده وی، انسان با تلفیق نیروی عقلی که خداوند به او داده و نیروی اراده، قادر به درک حقیقت امور و اقدامات صحیح خواهد بود و در این راه به کمک فلسفه نیاز خواهد داشت.

نظریات رازی که اخلاق و سلامت روان را به هم پیوند می‌دهند با استدلال‌های درمانی هلنیستی و سنت طب معنوی هماهنگ اند. هدف اصلی آن تعیین اصول اساسی است که به جای تغییر باورهای نادرست در مورد یک موضوع خاص، امکان شفای هر بیماری معنوی را فراهم می‌کند. در این راستا رازی که فلسفه و طب را در کنار هم می‌داندست و آنها را با اخلاق اسلامی آمیخت، ایده طب معنوی را به عنوان یک رشته فلسفی/اخلاقی/روان شناختی که هدف آن کنترل امیال نفسانی با شواهد عقلی است، توسعه داد. طب معنوی در واقع نوعی راهنمای خودیاری برای انسان است. رازی در این راستا داستان‌های به یاد ماندنی را بیان می‌کند که نشان‌دهنده به کارگیری اصول اخلاقی است و حتی برای مقبولیت بیشتر اندیشه‌های خود اشعاری را نقل می‌کند. هدف او توسعه نوعی طب معنوی به طور کلی و تشویق فرد به تفکر فلسفی با نشان دادن اهمیت استدلال عقلانی بود. با مقایسه جذابیت لذت بخش اشتیاق با پیامدهای بد درازمدت آن که تنها عقل می‌تواند آن را پیش‌بینی و قضاوت کند، به گفته رازی، تنها فیلسوف با فضیلت می‌تواند واقعاً در مهار گذرهای او موفق باشد.

در فلسفه رازی، تحت سیطره هوس‌ها بودن ذهن، بیماری روحی تلقی می‌شود که نیاز به معالجه دارد. افکار فلسفی او برای درمان این بیماری‌های روحی و در نتیجه بهبود اخلاق، طبعاً از فساد اخلاقی عصری که در آن زندگی می‌کرد، نشأت می‌گرفت. با این حال، این وضعیت انحطاط اخلاقی، که اساساً ناشی از تسلیم شدن انسان در برابر احساسات و بیگانگی از ذات خود است، امروزه نیز ارتباط خود را حفظ کرده و از محدودیت‌های زمانی و مکانی فراتر رفته است. در واقع، در بیماری‌ها و حالات روان رنجور جدید که به

به خود که به نوعی خودبزرگ بینی است، به توانایی فرد در تفکر عینی درباره خود آسیب می‌رساند. به عقیده رازی، فردی که در برداشت شخصی‌اش از خود غیرواقع بینانه است، تمایل دارد برای فضایل خود ارزشی بیش از آنچه هست قائل شود و بر این اساس، ستایش بیشتری را طلب کند. فرد در این موقعیت در موقعیتی قرار می‌گیرد که می‌تواند با شرّ خود بزرگ بینی همراه باشد.

رازی در رساله خود در مورد چگونگی ارتقای اخلاقیات می‌گوید که خود بزرگ بینی رشد انسان را دچار رکود می‌کند. این مشکل را می‌توان به صورت نادیده گرفتن بُعد هستی و در نتیجه از خود بیگانگی فرد از توان بالقوه خود نیز بیان کرد. به راستی کسی که معتقد است به همه امکانات هستی پی برده است، بُعد هستی را به تعلیق می‌کشد. رازی در این زمینه به کسانی که می‌خواهند از چنگال خودبزرگ بینی رهایی یابند - به عنوان نمونه برای انسان فردمدار امروزی - توصیه می‌کند که خودشناسی را توسعه دهد و دیدگاه‌های دیگران را در مورد خود در نظر بگیرد، اما آنها را به عنوان تنها معیار نپذیرد. او حتی به این نکته اشاره می‌کند که نباید با مقایسه خود با کسانی که در موقعیت‌های پایین‌تر هستند، ویژگی‌های منحصر به فرد خود را بیش از حد ارزش گذاری کند. هر کس این گونه رفتار کند می‌تواند با فروتنی آگاهانه به خود نزدیک شود و پیشرفت معنوی داشته باشد. اما بسیار مهم است که این تواضع بر پایه‌های عقلانی باشد؛ زیرا رازی در عین حال که نوعی نسخه اخلاقی - به این معنا که نباید خود را برتر از همتایان خود بداند - برای انسان ارائه می‌کند، همچنین تأکید دارد که نباید خود را از دیگران پست‌تر دید. به نظر رازی، آنچه در اصلاح اخلاق بیش از همه مورد نیاز است، در کنترل نگه داشتن امیال نفسانی است. در این زمینه، تلاش انسان برای رهایی از خودبزرگ بینی را می‌توان گام مهمی در جهت کنترل امیال نفسانی خود با دستورات عقل دانست.

فرهنگ مصرفی حاکم امروزه، تمایلات خودشیفتگی و زندگی لذت محور فردی را تأیید می‌کند. «الگوهای مصرف مدرن و فردگرایانه ارزش‌هایی مانند نوع دوستی، اشتراک‌گذاری و رضایت را اگر نگوییم کاملاً حذف کرده، ولی آنها را تغییر داده است.» سبک زندگی سیری ناپذیر و مصرف محور که می‌توان آن را یکی از ضعف‌های اخلاقی فرد مدرن به حساب آورد، با مسئله طمع که رازی در فلسفه اخلاقی خود بر آن تأکید دارد، قابل بحث است. به گفته وی، بی‌شرمی که می‌توان آن را به عنوان قوت نفس شهوانی و کوری ذهن بیان کرد، از عوامل اساسی ایجاد طمع است. طمع و حالت خوردن بیش از حد لازم، همراه با میل و به عبارت دیگر پرخوری را می‌توان در زمره اعمال غیرمعتدلانه‌ای دانست که عواقب آن موجب درد و زیان مردم می‌شود. از نظر رازی، چنین تمایلات زیان باری موجب اختلالات گوارشی و در

عنوان نشانه‌های مدرنیته در عصری که ما زندگی می‌کنیم ظهور کرده‌اند و با تغییر شرایط به وجود آمده‌اند؛ تأثیر مصرف‌گرایی، از خودبیگانگی، دیدگاه فردگرایانه که دیگران را به جهنم حواله می‌کند و اعتیاد به موفقیت، انکارناپذیر است. بنابراین، می‌توان گفت که اندیشه‌های رازی در باب اخلاق، نه تنها هدایت‌گر معاصرانش بوده، بلکه همچنان می‌تواند هدایت‌گر انسان امروزی هم باشد. اصالت این پژوهش که در آن فلسفه اخلاقی رازی به عنوان یک فلسفه راهنما برای زندگی مردم امروز ارائه می‌شود، ناشی از این بحث است که چگونه اندیشه‌های او که از قرن‌ها پیش تا امروز گسترش یافته‌اند، می‌توانند به شفای معنوی و تکامل معنوی فرد مدرن کمک کنند. در این زمینه، مقاله ابتدا با رویکرد انتقادی به سبک زندگی خوددوستی و مصرف‌محور فرد مدرن در محور اندیشه‌های رازی می‌پردازد. ثانیاً چگونگی رهایی از غم زیر سؤال رفته و در این زمینه بر ارزش دیگران تأکید می‌شود. پس از آن، افکار رازی در مورد مرگ در مقایسه با ترس/اضطراب فرد مدرن از مرگ مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد و در نهایت، اندیشه‌های او در مورد لذت و درد در چارچوب تکانه‌های اغواگرانه فرد مدرن و چگونگی کنار آمدن با آن‌ها ارزیابی می‌شود. در این مقاله که دیدگاه‌های رازی در باب فلسفه اخلاق از موضعی هدایت‌کننده برای فرد امروزی مطرح می‌شود، از منابع داخلی و خارجی استفاده شده و همه منابع مورد بحث نیز از منظر فلسفی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۱. در مورد عشق به خود و نارضایتی فرد مدرن

می‌توان گفت که مشکلات مادی و معنوی فرد ناشی از این است که خود را در مرکز جهان می‌بیند، نمی‌خواهد از منطقه آسایش خود خارج شود؛ هدف آن چیزی است که تولید می‌کند، اولویت دادن به خیر فردی بر خیر عمومی و بیگانگی از امر مقدس. آنچه در اینجا سعی می‌شود بر آن تأکید شود، مفهوم‌سازی این است که خود را در مرکز جهان بدانیم و بهزیستی فردی را بر رفاه مشترک ترجیح دهیم. این ایده که فرد مدرن تمایل دارد تحت هدایت گرایش‌های خودشیفتگی خود عمل کند. فردی که نمی‌تواند در حُب خود معتدل عمل کند و با انگیزه‌های خودخواهانه عمل می‌کند، امکان رسیدن به آرامش معنوی را ضعیف می‌کند، زیرا برای همنوعان خود و در نتیجه به محیط اجتماعی خود فقط از زاویه منافع خود ارزش قائل است. در فلسفه‌های عصر باستان، که با این باور شکل گرفته بود که سعادت فردی تنها با دیدگاهی کل نگر حاصل می‌شود که در آن فرد جدا از اجتماع در نظر گرفته نمی‌شود، سعادت واقعی و پایدار انسان تنها به سعادت دیگری مربوط می‌شود.

در فلسفه اخلاق رازی بر این نکته تأکید شده است که عشق بی‌رویه انسان به خود باعث می‌شود که کارهای خوب خود را زیاد و بدی‌هایش را دست کم بگیرد. تلویحاً می‌توان گفت که عشق

به این فکر کنیم که آموزش اخلاقی ما را دعوت می‌کند امیال خودخواهانه خود را کنترل کنیم؛ این امر، همان طور که برای هم عصران رازی، برای انسان مدرن امروزی نیز ضروری است. با این حال، در دنیای امروز که ضرورت محدود کردن امیال خودخواهانه از بین رفته، و بی‌معنا شده است، جایی که امور شبیه‌سازی‌ها جایگزین واقعیت شده‌اند، جایی که نسبی‌گرایی اخلاقی و تأکید فردگرایی بر ذهنیت به اوج خود رسیده است، جایی که امکان معیارهای اخلاقی عینی ناپدید شده است، و در نتیجه نسبی‌گرایی اخلاقی غالب شده است، هر فرد با اتکا به این خواسته خود را کنترل می‌کند و با معیارهای اخلاقی که خود تعیین کرده، بر اساس فلسفه «من انجامش دادم، خُب اتفاق افتاد!» عمل می‌کند. در این مرحله، بازخوانی رازی که انسان را جزئی از جامعه، بنده خدا و فردی اخلاقی/موجودی اخلاقی می‌داند، ممکن است به ذهن فرگرایانه کمک کند تا اندیشه‌ای نو کند.

رازی بیان می‌کند که برخلاف ذهنیت سکولار مدرن، این تصور که مردم غرق در رفاه دنیوی به نسبت ثروت خود در زندگی آرامش پیدا می‌کنند، یک توهم است. زیرا به مرور زمان این نوع منفعت‌ها و ثروت‌های دنیوی عادی و در نتیجه تبدیل به عادت می‌شود. بنابراین، می‌توان گفت میزان لذتی که فرد در نعمت دنیوی برای اولین بار تجربه می‌کند، با میزان لذتی که دائماً از آن نعمت می‌چشد، تفاوت‌های غیر قابل مقایسه‌ای دارد. بدیهی است لذت فردی که دائماً بر سر این سفره‌هاست و به ثروت عادت کرده است، متفاوت خواهد بود. در این زمینه وقتی وضعیت فردی که به تجربه لذت عادت کرده است با لذت شدید دیگری مقایسه می‌شود، می‌توان گفت که عادت کردن به لذت در واقع محرومیت بزرگی است. در این مرحله می‌توان به عنوان یک فضیلت برای انسان این را در نظر گرفت که فقط جاه طلب نباشد، یعنی خود را محدود کرده، به آنچه به دست آورده راضی باشد. در واقع، به گفته آکیول^۲ می‌توان گفت که در درک رازی از زندگی آرمانی، عناصر مادی به اندازه معنایی که به وجود انسان می‌افزایند، ارزش گذاری می‌شوند؛ چنین دیدگاهی با فرهنگ مصرفی که در دنیای مدرن امروز به شکل غیرقابل انکاری رواج دارد بسیار متفاوت است.

از نظر رازی، باید بین مقدار کسب شده و مقدار خرج شده، یعنی بین درآمد و مخارج تعادل وجود داشته باشد. به عبارت دیگر، مبلغ هزینه شده باید بنحوی کمتر از مبلغ کسب شده باشد و درآمد مازاد باید برای روزهای سخت ذخیره شود. میل به انباشت انسان را به بخل می‌کشاند و نه میل به انفاق او را به انفاق زیاد وامی‌دارد. علاوه بر این، توانایی فرد برای حفظ تعادل بین درآمد و هزینه از

نتیجه بیماری‌های بد شده، و در عین حال بر جایگاه انسان در میان هموعان خود تأثیر منفی می‌گذارد. به وجهه فعلی او در جامعه آسیب می‌رساند. همان طور که مشاهده می‌شود، رازی نه تنها به آزمندی و پرخوری با آسیب‌های فیزیولوژیکی آن‌ها پرداخته، بلکه بر آن است که این گونه ضعف‌ها جنبه اخلاقی دارند؛ این ضعف‌ها می‌توانند باعث تحقیر فرد در محیط اجتماعی زندگی می‌شود که در آن زندگی می‌کند و در نتیجه عامل اجتماعی را در رابطه با فرد در جایگاه مهمی قرار می‌دهد. اگرچه این وضعیت با دلالت‌هایی مطابقت دارد که با روش‌های تفکر فردمحور مدرن ناسازگار است، اما حاوی این مفهوم است که ارزش‌های اجتماعی باید بر منافع شخصی - هر کاری که مردم انجام می‌دهند - اولویت داشته باشند.

فردی که به دلیل از دست دادن معنا و ارزش‌های ناشی از مدرنیسم، وضعیت ناامنی هستی‌شناسانه را تجربه می‌کند، به نظر می‌رسد با ارزش‌های کاذبی که او را احاطه کرده‌اند، در خلأ بزرگی قرار می‌گیرد، حتی اگر پول و فرصت زیادی هم داشته باشد. متافیزیک‌دان معاصر، آر. گنون^۱ می‌گوید فرد مدرن، علی‌رغم همه پیشرفت‌های فناوری، خوشحال‌تر از قبل نیست. به گفته وی، مردم این عصر در برابر نیازهای مصنوعی خودساخته منفعل شده‌اند. او با احساس کمبود از نیازهای تحقق نیافته، در حسرت به دست آوردن آنها و رنج ناشی از عدم تحقق آنها، کور می‌شود. در این زمینه است که می‌گوئیم اندیشه‌های فلسفی رازی در خصوص ارتقای اخلاق پیشنهادی مختلفی دارد که می‌تواند از وضعیت مشکل‌ساز پیش از وقوع آن جلوگیری کند. به گفته وی، اگرچه رسیدن به استانداردهای زندگی بالاتر برای انسان همیشه خطرناک نیست، اما بهتر است استانداردهای زندگی فعلی را با توجه به سطح درآمد جدید چندان تغییر ندهید. زیرا به دنبال افزایش دریافت‌های مالی، همیشه احتمال سقوط هم وجود دارد. علاوه بر این، حتی اگر یک زندگی جدید و راحت‌تر به دست آید، ایجاد تغییرات اساسی در عادات عادی شده بدن مانند خوردن، نوشیدن و لباس پوشیدن ممکن است باعث افزایش آسیب‌ها شود. پس از آن، اگر به دلیل تحولات منفی گوناگون مجبور به جدایی از این سبک زندگی جدید ثروتمندانه شود، روح انسان در آرزوی سبک زندگی راحت قدیمی از دست رفته رنج می‌برد. رازی در این زمینه می‌گوید: «آرزوهای نفسانی آفت ذهن‌اند که با برآشتن ذهن آن را از مسیر و هدف خود منحرف کرده، مانع از آن می‌شود که فرد باهوش جهت و هدفی برای خود بیابد. پس باید برای اطاعت از امر و نهی، هواهای نفسانی خود را تربیت و کنترل کنیم.».

همان طور که در بالا توضیح داده شد، رازی ما را وادار می‌کند تا

1. René Jean-Marie-Joseph Guénon

۲. مصطفی آکیول (Akyol) کارشناس ارشد اسلام و مدرنیته در مؤسسه کاتو و نویسنده کتاب *Reopening Muslim Minds: A Return to Reason, Freedom, and Tolerance* («بازگشایی ذهن مسلمانان: بازگشت به عقل، آزادی و مدارا»). این گفته از اوست که در طلوع قرن بیست و یکم، طرفداران لیبرال دموکراسی، از جمله من، نسبت به آینده خوشبین بودند.

از نظر رازی، شفای روح با وجود اخلاقی انسان رابطه مستقیم دارد. در این زمینه، اندیشه‌های رازی در پیشنهاد راه‌های رهایی از غم، بُعد روحی انسان را مرجع می‌داند. فیلسوف اسلامی دیگر، یعقوب بن اسحاق کندی نیز مثل رازی در رساله خود با عنوان راه‌های رهایی از غم چنین گفته که امیال نفس مانع رسیدن به کمالات اخلاقی می‌شود. از این حیث می‌توان گفت فیلسوفان اسلامی چون رازی و کیندی اخلاق را داروی معنوی می‌دانستند.

به گفته رازی، غم و اندوه ذهن و در نتیجه افکار را تاریک می‌کند؛ هم روح و هم جسم را به درد می‌آورد. بنابراین، منطقی است که به دنبال راه‌هایی برای رهایی از غم باشید. اگر نمی‌توان به طور کامل از شر این غم‌ها خلاص شد، باید به دنبال راه‌هایی بود تا آسیب‌های ناشی از آن بر سلامت فرد کاهش یابند. در این زمینه، راه مناسب آن است که پیش از بروز غم و اندوه، اقدامات احتیاطی انجام دهیم و با کمترین ضرر بر موقعیت غم انگیز غلبه کنیم. بعداً که با اقدامات انجام شده نمی‌توان از غم و اندوه جلوگیری کرد، یعنی زمانی که فرد باید ناگزیر غمگینی را تجربه کند، مؤثرترین راه برای رفع آن استفاده از راهنمایی عقل است.

رازی با این پرسش که چگونه برای رهایی از غم و اندوه باید منطقی عمل کرد، از دست دادن عزیزان را یکی از عوامل اصلی غم و اندوه عنوان می‌کند. اما به گفته او، در دنیایی که آفرینش و زوال هردو حکومت می‌کند، امکان از دست ندادن عزیزان وجود ندارد. رازی در این زمینه پیشنهاد می‌کند از چیزهایی که به هنگام از دست دادن باعث درد عمیق می‌شود، به عنوان یک راه جایگزین برای رهایی از غم و اندوه فاصله بگیرید. رازی در این زمینه به دنبال پاسخی برای یک سؤال احتمالی است و چنین می‌گوید: «اگر کسی از غمگین شدن به خاطر از دست دادن چیزی بترسد و یا اگر چیزی را که دوست دارد به دست نیآورد، پیشاپیش غمگین می‌شود»، پاسخ این است که اگر کسی که از به دست آوردن چیزی که دوستش دارد اجتناب می‌کند و پیشاپیش غمگین باشد، اندوه او با اندوهی که هنگام از دست دادن چیزی احساس می‌کند، برابر نیست. مثلاً غم کسی که از نداشتن بچه دارد با غم کسی که فرزندش را از دست می‌دهد یکسان نیست. حتی اگر کسی از نداشتن فرزند ناراحت باشد، چه برسد به کسی که از نداشتن فرزند اصلاً ناراحت نیست و اهمیتی نمی‌دهد، اوضاع تغییر نمی‌کند. به همین ترتیب، غم کسی که هرگز معشوق نداشته است، مانند غم کسی نیست که عشقی را از دست داده است.» چنانکه ملاحظه می‌شود، از نظر رازی، درد ناشی از از دست دادن عزیز از لذت وجود او قوی‌تر است.

به گفته رازی، همه چیز در عالم در جریان است. آفرینش و تباهی واقعیت اساسی زندگی روی زمین است. بنابراین انسان نباید در زندگی دنیوی خود توقعات غیر واقعی داشته باشد و زندگی خود را

نظر درآمد، تحت تأثیر محیطی است که انسان در آن رشد کرده و بسته به موقعیت افراد باید با در نظر گرفتن محیط اجتماعی خود هزینه‌های خویش را مدیریت کنند پس با توجه به زمینه فوق، می‌توان گفت حفظ تعادل بین نیازهای مادی و معنوی، آرزوها و امکانات، رویاها و محدودیت‌های زندگی فرد مدرن، هم برای سعادت فردی و هم برای سعادت اجتماعی فرایندی ضروری است. تا زمانی که این الزام برآورده نشود، یعنی حصول تعادل مورد نظر در زندگی فرد «ایدئولوژی مصرف با ایجاد توهّم کمبود، همچنان در زندگی مردم شکاف ایجاد کرده، به بروز حسادت‌های بین افراد می‌انجامد».

رازی که می‌تواند نقادانه بیندیشد، دین را کنار نمی‌گذارد، بلکه شجاعت و توانایی اعتماد به نیروی عقل را نیز دارد، ۳۲ می‌گوید برای درمان بیماری‌های اخلاقی یا عادات ناپسند نفس، ابتدا باید با بررسی همه جانبه علل آن‌ها مشخص شود و سپس معقول است که با ابزارهای مناسب، این علل را از بین ببریم. در این زمینه، اندیشه‌های رازی درباره راه‌های رهایی از غم و اندوه، بعد معنوی انسان را مرجع می‌داند. به همین ترتیب، فیلسوف اسلامی دیگر، یعقوب بن اسحاق کندی نیز در رساله خود با عنوان طرق خلاصی از غم بیان کرده است که امیال نفس مانع از کمالات اخلاقی می‌شود. از این حیث می‌توان گفت که فیلسوفان اسلامی مانند رازی و کیندی اخلاق را داروی معنوی می‌دانستند.

۲. در اینکه چگونه یک فرد می‌تواند با غم و اندوه کنار بیاید

اثر طب روحانی رازی از نظر مفهومی و محتوایی اولین اثر بدیع و اصیل در زمینه سلامت روان به حساب می‌آید. رازی در این اثر اخلاق را به عنوان یک موضوع فلسفی می‌داند تا یک موضوع دینی. رازی با تمرکز بر اختلالات فردی و شخصیتی، تلاش می‌کند تا چگونگی درمان آن‌ها را تحلیل کند و در این تلاش، با این فرض شروع می‌کند که بیماری‌های روانی از علل اخلاقی، یعنی عادات نفس نشات می‌گیرند؛ ابتدا باید با بررسی همه جانبه این علل را مشخص کرد، سپس معقول است که از طریق مناسب این علل را از میان برداریم. رازی که می‌تواند نقادانه بیندیشد، دین را کنار نمی‌گذارد، بلکه شجاعت و توانایی اعتماد به نیروی عقل را نیز دارد. او می‌گوید برای درمان بیماری‌های اخلاقی یا عادات ناپسند نفس، ابتدا باید با بررسی همه جانبه علل آن‌ها مشخص شود و سپس معقول است که با ابزارهای مناسب، این علل را از بین ببریم. در این زمینه، اندیشه‌های رازی درباره راه‌های رهایی از غم و اندوه، بعد معنوی انسان را مرجع می‌داند. به همین ترتیب، فیلسوف اسلامی دیگر، یعقوب بن اسحاق کندی نیز در رساله خود با عنوان طرق خلاصی از غم بیان کرده است که امیال نفس مانع از کمالات اخلاقی می‌شود. از این حیث می‌توان گفت که فیلسوفان اسلامی مانند رازی و کیندی اخلاق را داروی معنوی می‌دانستند.

کار فردی که با درد مواجه می شود این است که با در مرکز نگه داشتن ذهن، با اراده عمل کند، مدام به خود پیشنهاد دهد و البته بیکار نماند و به کارهای خوب بپردازد. در واقع فردی که می داند چگونه از ذهن خود به درستی استفاده کند در مقابل غم و اندوه منفعل نمی شود، برعکس به دنبال راه هایی برای رهایی از موقعیت غم انگیزی برمی آید که به او آسیب می رساند. اگر توانایی از بین بردن موقعیت هایی را که باعث غم و اندوه می شود داشته باشد، علل مورد بحث را از میان برمی دارد. اگر حذف دلایل فراتر از توان او باشد، او تمایل دارد که توجه خود را به جای دیگری منحرف کند و افکار خود را کنترل کند. از سوی دیگر، اگر کسی با تمرکز به درد خویش، به افراد بی شماری که رنج می برند فکر کند و واکنش های آن ها را نسبت به چنین دردی و چگونگی کنار آمدن با آن مطالعه کند، می تواند به تخفیف غم وی و خلاص شدن از آن کمک می کند.

بر اساس اندیشه های رازی می توان گفت پریشانی روانی، که برخی آن را ناشی از شرایط سخت زندگی و برخی دیگر آن را انحراف شدید از طبیعت می دانند، بعد معنوی انکارناپذیری دارد. بعلاوه، اخلاق اجتماعی که به جای استقلال فردی بر وظیفه، مسئولیت و هماهنگی اجتماعی تاکید دارد، باید در کارهایی که افراد انجام می دهند در نظر گرفته شود. با این حال، مسئولیت فرد برای تصمیم گیری اخلاقی در مورد نحوه عمل، تنها در مورد انجام درست برای مؤمن نیست، بلکه در مورد اجرای اراده خدا در زمین است. هماهنگی رفتار با نیتی الهی نه تنها به رستگاری اخروی، بلکه به شکل گیری ثبات روانی و هماهنگی اجتماعی در این دنیا کمک می کند. در حقیقت در فلسفه رازی منشأ غم و اندوه خدا نیست. بنابراین، تمام مصائبی که از اعمال یا انتخاب خود انسان ناشی نمی شود، نه از جانب خداوند رحیم، بلکه از سر طبیعت و ضروریاتی اجتنابناپذیرند. بدین ترتیب افراد به بازگشت به وحدت/توحید الهی و در نتیجه به ذات خود فراخوانده می شوند. به این ترتیب، فردی که در زندگی دنیوی فرصت گریز از بازی های اغواکننده غرایز و احساسات خودشیفتگی را پیدا می کند، می تواند با مشکلات وجودی و دشواری های موجود در زمین مقابله کند. می تواند از وجود مادی و معنوی آن محافظت کند. در این جا می توان گفت که پیشنهادات رازی تحت عنوان راه های رهایی از غم و اندوه، اندیشه های ارزشمندی است که برای حفظ سلامت روان فرد باید مورد توجه قرار گیرد.

در مورد ضرورت حضور و هدایت دیگران در زندگی فرد مدرن

در سنت اسلامی، ارزش اخلاق با سودمندی آن برای جامعه رابطه مستقیم دارد. بنابراین، وظایف و مسئولیت ها در قبال دیگران بر

نعمتی از جانب خداوند بداند؛ نباید در حالتی که از بین نرفتن آن غیرممکن است اغراق کرد. در این زمینه، فردی که با فکرعمل می کند، از نفسانیت به عقلانیت روی می آورد. در این زمینه، فیلسوف رواقی، اورلیوس^۱، که با رازی هم نظر است، بیان می کند که زندگی دنیوی را باید در مجموع با خوبی و بدی آن ارزیابی کرد و به عنوان موهبتی که به انسان داده شده است، با این عبارات آن را تلقی کرد: آنچه برای شما به موقع است، برای من زود یا دیر نیست. ای طبیعت، هر چه از فصل ها می آید برای من میوه است...».

در رابطه با زمینه فوق می توان گفت حالات منفی، مانند غم و اندوه و درد، که فرد امروزی مجبور به تجربه کردن آن ها می شود، به رابطه او و خدا آسیب می زند، چرا که آنها را بی معنا و ظلم می داند و فراموش می کند که زندگی دنیوی محل شادی مطلق نیست، بلکه دنیای آفرینش و تباهی است. از این حیث می توان گفت انسان امروزی از این که وجود خود را فقط نعمتی تلقی کند، و گرفتاری ها را نیز واقعیاتی ببیند که به هر حال باید تجربه شوند، فاصله زیادی دارد. فردی که خود را در مرکز هستی عالم می بیند و با این فکر که باید همیشه شاد باشد عمل می کند و بر این است که برای رضایت مادی و معنوی او باید شرایطی فراهم شود، با شخصیت اخلاقی رازی کاملاً بیگانه به نظر می رسد.

به گفته رازی، اگر انسان عادت کند که موقعیت های آزاردهنده احتمالی را قبل از وقوع، به عنوان آمادگی در ذهن خود تجسم کند و آن ها را کُرا را تکرار کند، در کاهش تأثیر گرفتاری ها و تقویت اراده اش پیشرفت می کند. در آموزه های رواقی که از جهاتی با فلسفه اخلاقی رازی همپوشانی دارد، به فرد توصیه می شود که تمرینات فکری انجام دهد. این تمرینات بر روی پیش بینی رویدادهای بد احتمالی از قبل تمرکز می کنند تا برای آنها آماده شوند. «به گفته رواقیون، از طریق این تمرین، فرد می تواند خود را از نظر روانی در مواجهه با ناملایمات مقاوم کند. تجربه ذهنی شر به معنای سوق دادن شخص به سمت بدبینی نیست، بلکه برعکس، برای این است که فرد قدر شرایطی را که در آن قرار دارد بداند و دردی را که با آن مواجه می شود عادی کند، گویی قبلاً آن را تجربه کرده است.

رازی برخی از اندیشه های خود را در مورد چگونگی رهایی از غم و اندوه چنین بیان می کند: از دست دادن برخی چیزها که برای تداوم وجود انسان لازم نیست، موجب اندوه طولانی مدت نمی شود. زیرا چیزهای از دست رفته را می توان با چیزهای مختلفی جایگزین کرد که می تواند مردم را تسلی دهد. حتی بسیاری از افرادی که تجربه های منفی به ظاهر غیر قابل تحملی را پشت سر گذاشته اند، توانسته اند به زندگی عادی خود بازگردند و دوباره شاد باشند. اولین

و یک راهنما نیاز دارد. برای فرد محروم از راهنمایی یک دوست و نیز ناتوان از استفاده دائمی از تکنیک‌های تفکر صحیح در رفتار، تشخیص اشتباهات و یافتن راه‌هایی برای رهایی از آنها دشوار می‌شود. رازی در رساله مربوطه خود این موضوع را چنین نقل می‌کند:

«... کسی که می‌خواهد از اشتباهاتش خلاص شود، باید به فرد عاقلی که دائماً با اوست اعتماد کند و از او بخواهد که اگر اشتباهی در او دید، فوراً به او هشدار دهد. باز هم باید به آن شخص تاکید کند که این رفتار او را بسیار خوشحال می‌کند؛ از این بابت از او سپاسگزار خواهد بود و با سپاس فراوان هشدارهای او را می‌پذیرد. از آن شخص بخواهد که [در اصلاح او] شرمنده و خجالتی نباشد و با او [در اشتباهاتش] مدارا نکند و به او اطلاع دهد که اگر در این امر تأنی و سهل انگاری کند، آن را ظلم به خود می‌داند و در نتیجه مستحق انتقاد است».

رازی در این رابطه می‌گوید بهتر است کسی که به عنوان راهنما در زندگی انسان دخالت می‌کند اشتباهاتی را که می‌بیند به او بگوید و تاکید می‌کند این اشتباه نباید باعث ناراحتی یا خجالت شخص مرتکب آن شود. او حتی فکر می‌کند که فرد مورد انتقاد باید نسبت به راهنمایی که صمیمانه از او انتقاد می‌کند رفتارهای انگیزشی نشان دهد و چنین می‌گوید: «اگر کنترل‌شونده ببیند که کنترل‌کننده به دلیل خجالت برخی اشتباهات خود را پنهان می‌کند یا زشتی‌هایی را که می‌بیند کاملاً بیان نمی‌کند یا آن موقعیت را تایید می‌کند باید یادآور شود که این رفتار اشتباه است و او را ناراحت می‌کند. (...) علاوه بر این، اگر ببیند که کنترل‌کننده در موارد زشتی که در او می‌بیند مبالغه می‌کند، نباید عصبانی شود، بلکه باید به نشان دهد که از این کار خوشحال است». در این زمینه، فرد نباید از درخواست سرپرستی برای ارزیابی مکرر وضعیت خود در طول فرآیند، حتی زمانی که بازخورد مثبت دریافت می‌کند، دست بکشد. زیرا عادات بدی که روح به آنها عادت کرده است، حتی اگر آنها را ترک کرده باشد، ممکن است دوباره ظاهر شوند. به عقیده رازی، فردی که مایل است یاد بگیرد چگونه توسط آنهائی که با آنها رابطه دارد، ارزیابی می‌شود، به برکت این تمایل می‌تواند بفهمد که در چه مسائلی مورد تأیید و در چه مواردی مورد انتقاد دیگران قرار دارد. به این ترتیب این فرد می‌تواند خود را به آنچه که می‌خواهد باشد، نزدیک سازد.

بر اساس اندیشه‌هایی از رازی که بدانها اشاره شد، انسان: (۱) موجودی است که اشتباه می‌کند، اما می‌تواند با رفتار منطقی از آن اشتباهات اجتناب کند؛ (۲) باید بیاموزد که چه اشتباهاتی دارد و با پشتکار و با میل برای خلاص شدن از شر آنها تلاش کند؛ (۳) برای به دست آوردن اطلاعات عینی در مورد خود، ارزیابی‌های شخص/افرادی را که به خود نزدیک می‌داند در نظر گرفته، حتی از آنها

منافع خود فرد اولویت دارد. در آن سبک زندگی که فرد صرفاً برای خود وجود دارد نه برای دیگران، آگاهی خدمتگزار بودن به یک قدرت متعالی از بین می‌رود. چنین شیوه زندگی باعث می‌شود که فرد از خود و محیط خود بیگانه شود و محتوم به تنهایی در اوضاعی باشد که در آن روابط محدود کننده‌ای برقرار نشود.

از نظر رازی معقول این است که مردم با یکدیگر رابطه داشته، به همدیگر کمک کنند. بنابراین، لازمه یک زندگی خوب، روابط دوست داشتنی با دیگران است. اپیکور نیز مانند رازی می‌گوید که زندگی با دوستان و برقراری روابط محبت آمیز انسان را واقعاً خوشحال می‌کند و به او کمک می‌کند تا خود را بهبود بخشد (۴۳). به گفته او، اولین مورد از فهرست آنچه باید برای خوشبختی به دست آورد، دوستی است. لوکریوس نیز مفهوم دوستی را که اپیکور برای یک زندگی ساده اما شاد ضروری می‌بیند، با گفتن این جمله تأیید می‌کند: «افراد، بدون اینکه تقریباً هیچ پولی خرج کنند، می‌توانند با نشستن بر روی چمن، کنار نهر یا زیر سایه درختی بزرگ، اوقات خوشی داشته، با دوستان خود استراحت کنند». ارسطو نیز در اثر نیکوماخوس اخلاق دوستی را فضیلت می‌داند و می‌گوید کسی که دوستی را بر اساس فضیلت برقرار می‌کند باید با در نظر گرفتن منافع جامعه عمل کند. او با این بیان بر ارزش دوست داشتن با همدیگر مانند رازی و اپیکور تاکید می‌کند.

به گفته رازی، در روابط مبتنی بر عشق، افراد نقاط قوت خود را با هم ترکیب می‌کنند تا به نفع یکدیگر باشند. آنها می‌توانند از طریق همکاری و همبستگی به مردم کمک کنند تا زندگی زیبا و صلح آمیزی داشته باشند. رازی این موضوع را اینگونه توضیح می‌دهد:

«وقتی افراد زیادی گرد هم می‌آیند تا همکاری و همبستگی را درک کنند، کار و ساعات کاری تقسیم می‌شود. بنابراین، هر یک از اعضای آن جامعه تلاش می‌کند تا کامل‌ترین چیز را تولید کنند. در نتیجه، هر یک از آنها، به عنوان ارائه دهنده خدمات و نیز به گیرنده خدمات، همزمان چون یک کارمند و یک کارفرما عمل می‌کنند. این گونه است که زندگی زیبا می‌شود و همه سهم خود را از برکت کار دریافت می‌کنند. حتی اگر در درجه و موفقیت بین افراد تشکیل دهنده یک جامعه تفاوت زیادی وجود داشته باشد، هیچ کس با توجه به موقعیتش در یک چنین سلسله مراتبی بدون برآورده شدن نیازهایش باقی نمی‌ماند».

از سوی دیگر، رازی بر آن است که اگر انسان خواسته‌های خود را بدون چون و چرا تصدیق کند، نمی‌تواند با هدایت عقل، امیال نفسانی خویش را مهار کند و زندگی اخلاقی پیشه کند. وی در این زمینه می‌گوید اولین چیز لازم برای رهایی از خطا خودشناسی است. در کسب این خودشناسی، ارزیابی‌های عینی و بی طرفانه دوستانی از بیرون اهمیت زیادی دارد. در واقع، کسی که نمی‌تواند به تنهایی متوجه اشتباهات یا عادات بد خود نیست، به یک دوست

می‌توان به درستی فهمید که با ارجاع به خدا در نظر گرفته شود. به راستی که کمال انسان در نظام فکری او به موازات تلاش برای تشبیه به خداوند است. بنابراین، اصلاح شخصیت را که با ارجاع به صفات خداوند انجام می‌شود، می‌توان داروی معنوی شفا دهنده بیماری‌های ناشی از امیال تلقی کرد. از این حیث، فلسفه جستجوی خردی است که راه‌های مهار هوس‌ها، شکل دادن به شخصیت با هدایت عقل، آماده شدن برای مرگ و رسیدن به زندگی سعادت‌مند را نشان می‌دهد؛ این همان راه حکمت است.

در باور اسلامی، مرگ به عنوان یک غایت مطلق تلقی نمی‌شود که مبتنی بر تمایز جسم و روح است. اصل نظریه روح به عنوان جوهر این است که در انسان وجودی به نام روح حضور دارد که جزء بدن نیست و تصادفی ایجاد نشده است. روح برای وجودش نیازی به نیروی جسمانی ندارد. جوهره واحده‌ای است که با اندام‌های حسی قابل درک نیست؛ با مرگ بدن از بین نمی‌رود، متناهی نیست. این ایده، که جوهر نظریه روان‌شناسی سنتی را تشکیل می‌دهد، نه تنها زیربنای اسلام، بلکه در سایر ادیان و حیان نیز همین طور است. از این رو، رازی استدلال می‌کند که روح پس از مرگ جسمانی به حیات خود ادامه می‌دهد، بنابراین با گفتمان‌های منفی که مرگ نابودی مطلق است مخالفت می‌ورزد.

از سوی دیگر، به عقیده رازی - که ترس از مرگ را که در نتیجه ادراکات منفی از مرگ به وجود می‌آید، گرایش روح می‌است، نه ذهن - هیچ دلیلی برای ترس از مرگ وجود ندارد، حتی اگر متقاعد شوند که پس از مرگ دیگر در سطح دیگری از هستی وجود نخواهند داشت. برای کسی که بفهمد مرگ از دست دادن تمامیت جسمانی است، امکان ابتلا به فقدان لذت‌های دنیوی و دردهای جسمانی از بین می‌رود، زیرا هر دوی این‌ها برای موجودات زنده دارای بدن معتبر است. بنابراین، تصور اینکه مرگ بدتر از زندگی است، مبنای عقلی ندارد. در واقع، رازی از دیدگاه‌های سقراط و افلاطون الهام گرفته، این ایده را از نظر فلسفی توجیه می‌کند که هم آنهایی که به جاودانگی روح معتقدند و هم کسانی که فکر می‌کنند روح با بدن از بین می‌رود، نباید از مرگ بترسند. او سپس به شاعران می‌گوید: «باید از آنها بخواهیم که زندگی در هادس (Hades) را به جای تحقیر کردن آن ستایش کنند.» و بدین ترتیب به آنها القا می‌کند که می‌توان اضطراب، ترس و بدبینی را که با همه افکار درباره مرگ همراه است از بین برد.

از نظر رازی، اولین شرط برای غلبه بر اضطراب/ ترس از مرگ برای کسی که به آخرت ایمان دارد، این است که باور کند پس از مرگ زندگی بهتری نسبت به اکنون خواهد داشت. اگر فردی فکر کند که پس از مرگ در سطح دیگری از هستی عاقبت زیبایی در انتظار اوست، این ترس بی‌معنی می‌شود. اگر انسان عمر خود را در روی زمین صرف انجام کارهای نیک و زیبا کرده باشد، اگر زندگی

راهنمایی بخواهد؛ (۴) باید به شنیدن اشتباهات خود تمایل نشان دهد، توهین نکند و راهنمای خود را تشویق کند تا به کاستی‌های وی اشاره کند. (۵) می‌توان نتیجه گرفت حتی زمانی که رفتار خوب را به عادت تبدیل کرده باشد، نباید فراموش کند که همیشه امکان ارتکاب رفتار نادرست وجود دارد. زیرا انسان موجودی تمام و کمال شده نیست بلکه موجودی است که در حال شدن است. بنابراین رفتار فرد باید هم توسط خودش و هم توسط راهنمایش دائماً تحت نظارت باشد. همان طور که مشاهده می‌شود، همه این استنباط‌ها منعکس کننده فرد مدرن است. این یک کارکرد هشداردهنده دارد که نباید تمایلات خودشیفتگی نشان داد، نباید ادعا کرد که همیشه و همه جا به خوبی و درستی آگاهی دارد، باید به عنوان یک فرد اخلاقی هدفش انجام هرآنچه که درست است باشد؛ باید یاد بگیرد که به دیگران اعتماد کند و هرگز نباید فراموش کند که انتقاد به پیشرفت فرد کمک می‌کند. همان طور که گفته شد، دانش و تجربیات ارائه شده در آثار فیلسوفان گرانقدری چون رازی، نشان می‌دهد که چگونه افراد می‌توانند به زندگی بهتر و سالم‌تری دست یابند، رضایت فرد از زندگی را افزایش دهند و به او در مقابله با مشکلات وجودی و مشکلات زندگی کمک کنند. به طور خلاصه می‌توان آن را در دسته منابع دینی - فلسفی ارزیابی کرد که نتایج عملی را تغذیه می‌کنند. این منابع می‌تواند راه را برای شکل‌گیری یک سیستم جهانی نجات دهنده انسان امروزی از بحران‌های عصر حاضر هموار کند.

۴. در مورد چگونگی غلبه بر اضطراب / ترس از مرگ در فرد

موضع انسان مدرن نسبت به مرگ به شکل رضایت نسبت به امری اجتناب ناپذیر تجربه نمی‌شود، بلکه بیشتر به شکل تعویق انداختن آن و نادیده گرفتن وجود آن تجربه می‌شود. در اینجا، نادیده گرفتن واقعیت مطلق مرگ، محتوایی مشابه پیشنهاد‌های رازی مبنی بر عدم اندیشیدن دائم به مرگ ندارد. در واقع، برای فرد مدرن، مرگ به عنوان یک واقعیت عادی در زندگی درونی نمی‌شود. با آنکه مرگ واقعیتی اقتضایی دارد که می‌تواند در هر زمان و از هر کجا بیاید، اما هنوز یک پدیده نگران کننده و یک حالت ویرانگری است که مردم را می‌ترساند.

انسان با الهام از خداوند، ذاتاً موجودی است که به محدود بودن خود آگاه است و به سوی مرگ گام بر می‌دارد. از نظر رازی که مرگ را نه فنا، بلکه سرآغاز حیاتی حقیقی می‌داند که جاودانه است، خداوند علم محض، عدل محض و رحمت محض است. او خالق و استاد ماست. از آنجا که محبوب‌ترین بندگان پیرو مولای خود هستند، نزدیک‌ترین بندگان به خدا نیز دانا، عادل، و رحیم هستند. منظور فیلسوفان اسلامی مانند رازی باید این باشد که می‌گویند فلسفه فعالیت است که هر کس به اندازه قابلیتش به خدا شبیه می‌شود دیدگاه رازی در مورد زندگی فلسفی را تنها زمانی

۵. افکار رازی در مورد لذت و درد به انسان مدرن چه می‌گوید

رازی با استفاده از ابزارهای نمادین، درام روح جهانی را در داستانی بیان می‌کند. روح می‌خواست در این جهان وجود داشته باشد، اما این میل او را به یک معنا اسیر کائنات کرده است. با این حال، به دلیل وجود ذات الهی در آن، خداوند ذهن را فرستاد تا روح را از بی‌حالی نجات دهد و به او نشان دهد که خانه واقعی او اینجا نیست. اینجاست که کارکرد فلسفه برای آزادی ارواح به میان می‌آید. زیرا روح تنها از طریق عقل است که می‌تواند ماهیت واقعی عالم را درک کند و از قید هوس‌ها رهایی یابد. به عقیده رازی، انسان می‌تواند از طریق قوه مقایسه عقلانی، یعنی از طریق قیاس، پیامدهای احتمالی رفتارهای ممکن را پیش بینی کند. بر خلاف خواسته‌ها، ذهن به دنبال لذت‌های آنی نیست که می‌توان اینجا و هم اکنون به دست آورد. برای آینده نگری، به زمان حال تمرکز نمی‌کند، بلکه پیامدهای مثبت یا منفی احتمالی اقداماتی را که در آینده انجام می‌شود نیز در نظر می‌گیرد. از این حیث، افراد را به سمت انتخاب درستی هدایت می‌کند که در درازمدت به نفع آنها باشد.

در اندیشه رازی در باب لذت و درد، لذات به دو دسته تقسیم می‌شود: لذات دنیوی و اخروی. در حالی که لذت‌های دنیوی بر اساس خواسته‌های روح شکل می‌گیرند، لذت‌های اخروی ارتباط تنگاتنگی با انتخاب بر اساس دستورات ذهن دارند (۶۵). در واقع، عملکرد نادرست ذهن، یعنی ناتوانی ذهن در انجام کامل وظایف خود، از خواسته‌های مبتنی بر روح ناشی می‌شود. در این مرحله، فرد می‌تواند از طریق آموزش و تمرینات مختلف اطمینان حاصل کند که ذهن به طور کامل وظایف خود را انجام می‌دهد. از نظر رازی، انسان با قدرت اراده می‌تواند این امیال را که از ذات خودش است سرکوب کند، با آنها مبارزه کند و به تدریج خود را عادت دهد که تسلیم اوامر نفس نگردد. در این زمینه، رازی از این نکته غافل نمی‌شود که در بین مردم اختلافات فراوانی وجود دارد و هر فردی شخصیت خاص خود را دارد و مبارزه با نفس برای برخی آسان، برای برخی دیگر دشوار است.

از سوی دیگر، رازی که سرکوب امیال نفسانی و مبارزه با آنها را با بالاترین بُعد فضیلت همراه می‌کند، نظریه لذت و درد خود را با استناد به قدرت متعالی و اعتقاد به زندگی پس از مرگ استوار می‌کند. به گفته وی، احساس لذت و درد در وجود دنیوی با پایان یافتن زندگی به پایان می‌رسد. اما در وجود پس از مرگ، احساس لذت به طور مستمر و بی‌نهایت تجربه می‌شود. بنابراین معقول است که لذتی را که می‌توان در آخرت بدون درد تجربه کرد، بر احساس لذت محدود و محدود در این دنیا ترجیح داد. پس سزاوار نیست که انسان عاقل با شوق لذت‌های جسمانی به دنبال

مبتنی بر فضیلت داشته باشد، دینی که به آن اعتقاد دارد، قبلاً به او نوید رستگاری و زندگی جدید در صلح و برکت داده است. ولی اگر انسان نمی‌تواند به دین معینی کاملاً متعهد شود، در شک و تردید و یا کم علم باشد، باید در آموختن این دین بکوشد و از صمیم قلب آن را تأیید کند، یعنی دینی که صرفاً با انجام اعمال صالح و نیکو نوید آرامش می‌دهد. اگر قادر به این کار نیست، باید فکر کند که خداوند بسیار بخشنده است و به خود اطمینان دهد.

رازی با بیان این که آنچه اجتناب‌ناپذیر است نباید موجب غم و اندوه شود، می‌گوید: عاقلانه نیست که انسان دائماً به مرگ فکر کند و اندوهگین شود. در واقع، عقل که هرچه را برای انسان سودمندتر است، پیشنهاد می‌کند، توصیه می‌کند که مرگ را در ذهن نداشته باشید. پیشنهاد دور ماندن از فکر مرگ را نباید با رویکردی تقلیل‌آمیز مانند نادیده گرفتن واقعیت‌ها ارزیابی کرد. به گفته رازی، اگر فکر مرگ برای انسان سودی نداشته باشد، برعکس، دائماً او را غمگین می‌کند، بهترین کار این است که مرگ را از ذهن او دور کنیم تا از نظر جسمی و روحی سالم‌تر باشد. در این زمینه، شاید حیوانات با توجه به رابطه آنها با مرگ، موجوداتی رشک برانگیز باشند. آنها به دلیل فطرتشان هیچ نگرانی از مرگ ندارند. تمرکز بیهوده بر ترس از مرگ باعث می‌شود قبل از اینکه زمانش برسد، درد را چندین برابر متحمل شوید. فردی که مدام به مرگ می‌اندیشد، زمانی که از مرگ دور است دچار اضطراب مرگ می‌شود و بر تنش او می‌افزاید و از لذت بردن از وجود خود محروم می‌شود. بنابراین «عاقل اگر چیزی موجب غم و اندوه باشد و رفع آن ممکن باشد، به جای غمگین شدن به فکر رفع آن می‌باشد. اگر چیزی است که از بین نمی‌رود، از آن دوری می‌کند و در چیز دیگری آرامش می‌یابد؛ او می‌کوشد آن را از بین ببرد و فراموش کند». مانند رازی، فیلسوف اسلامی دیگر به نام کیندی نیز افکار منفی درباره مرگ را به دلیل معقول نبودن آنها مورد انتقاد قرار می‌دهد. از نظر او آنچه شر است خودِ مرگ نیست بلکه ترس از مرگ است. انسان ذاتاً فانی است. پس مرگ صرفاً مکمل طبیعت ماست.

از سوی دیگر، گرچه تصور می‌شود که می‌توان بین پیشنهاد رازی مبنی بر عدم توجه به مرگ و بیگانگی فرد مدرن از مرگ در هر دو بعد فیزیکی و فکری آن تشابهی برقرار کرد، اما در واقع بدیهی است که کوری در سبک زندگی مدرن - در مورد وجود مطلق و قریب‌الوقوع بودن مرگ - و نگرش تمرکز کامل بر روی زندگی بدون فکر کردن به این موضوع می‌کوشد از طریق ابزارهای عقلانی زمینه سازی کند. زیرا همانطور که در بالا ذکر شد، رازی در حالی که می‌گوید مردم باید با فضیلت زیستن برای مرگ آماده شوند، در واقع خود را در درون گفتمانی قرار می‌دهد که مرگ را بیگانه نمی‌کند، بلکه مقابله با آن و درونی کردن آن از طریق عقلانیت را توصیه می‌کند.

نعمت‌های دنیوی برود.

از نظر رازی انسان از حیث لذت سیری ناپذیر است. انسان چیزی را که ندارد آرزو می‌کند و برای به دست آوردن آن تلاش می‌کند و از دست دادن داشته‌هایش می‌ترسد. قرن‌ها پس از رازی، شوپنهاور نیز به سیری ناپذیری انسان اشاره کرده و می‌گوید: «هر آرزوی ارضا شده، آرزوی تازه‌ای به بار می‌آورد. هیچ رضایت احتمالی در این دنیا نمی‌تواند میل شدید او را برآورده کند، برای خواسته‌هایش هدف نهایی تعیین کند، یا گودال بی‌انتها قلب او را پر کند.» (۶۹). و کی یرکگور^۱ فیلسوف اگزیستانسیالیست نیز اظهار داشت که انسان به دلیل سیری ناپذیری نمی‌تواند از آنچه که دارد راضی باشد و احساس ملال ناشی از این سیری ناپذیری این گونه بیان می‌شود: «انسان خسته از زندگی روستا به شهر می‌رود. خسته از وطن خود، به خارج از کشور می‌رود. از خوردن در بشقاب‌های چینی خسته می‌شود و در نقره می‌خورد. این را اینگونه بیان می‌کند: «از نقره خسته می‌شود و طلا می‌شود».

از نظر رازی لذت با دور شدن از حالت عادی یعنی خروج از حالت طبیعی حاصل می‌شود. زیرا لذت حاصل از خوردن و آشامیدن با احساس گرسنگی نسبت مستقیم دارد. رازی می‌گوید لذت تنها پس از تجربه دردی که پیش از آن بوده است، می‌تواند تجربه شود. از این رو رازی ضمن تبیین ماهیت لذت اظهار می‌دارد کسانی که لذت را احساسی عاری از درد می‌دانند اشتباه می‌کنند. علت اینکه انسان سیری ناپذیر همواره دنبال لذت می‌دود این است که نمی‌داند لذت بدون درد حاصل نمی‌شود و مراحل سختی را که تا رسیدن به لذت باید طی شود در نظر نمی‌گیرد.

از سوی دیگر، رازی معیارهای عقلی را در این که چقدر از احساس لذت انسان باید محدود شود، آورده است. از نظر رازی، فراوانی یا کمبود لذت بر اساس نیاز هر انسانی به آن تعیین می‌شود. به عنوان مثال؛ در مورد غذا خوردن، شایسته است انسان طوری غذا بخورد که به او آسیبی نرساند و باعث بیماری نشود. به همین ترتیب، فرد باید برای محافظت از بدن لباس بپوشد. او باید در خانه‌ای زندگی کند که از سرما و گرما محافظت کند. اما در این مرحله رازی - که تعادل دخل و خرج را در نظر می‌گیرد - بیان می‌کند که زندگی راحت و با درآمد زیاد ضرری ندارد، مشروط بر اینکه انصاف داشته باشد و برای کسب ثروت صرفاً از روی بلند پروازی تلاش نکند.

همان طور که مشاهده می‌شود رازی به مردم توصیه می‌کند که حتی از نظر نیازهای اولیه مانند پوشاک، سرپناه، خوردن و آشامیدن معتدل عمل کنند. رازی در اینجا، به عنوان یک فیلسوف، زندگی راحت را که ممکن است تا حدی برای ثروتمندان ممکن باشد، به شرط عدم دستیابی به مال و دارایی محدود می‌کند. درک آسایش در عصری که رازی در آن می‌زیست، البته با درک آسایش

در عصری که ما در آن زندگی می‌کنیم، تفاوت‌های غیر قابل مقایسه‌ای دارد. مردم امروزی که خود را به کالایی قابل عرضه در بازار تبدیل کرده‌اند و در مصرف خسته شده‌اند، اعتیاد تقریباً اجتناب‌ناپذیری به آسایش پیدا کرده‌اند. در این زمینه، افکار فلسفی رازی که در بالا توضیح داده شد، برای فرد مدرنی که عاشقانه به زندگی راحت دلبسته است، کارکردی راهنما دارد.

از نظر رازی، روح انسان به دنبال لذت است. همان طور که کودکی که چشمش آسیب دیده است مدام می‌خواهد چشم‌هایش را بمالد، خرما تازه بخورد و زیر نور آفتاب بازی کند، انسان نمی‌تواند از لذتی که در کوتاه‌مدت به دست می‌آورد دست بکشد، حتی اگر بعداً برایش درد ایجاد کند. اما کاری که یک انسان عاقل باید انجام دهد این است که عواقب احتمالی را، آنگاه که نتواند امیال طبیعی و امیال نفس خود را سرکوب کند و به راه درست عمل کند، در نظر بگیرد. شخصی که با راهنمایی ذهن خود علیه امیال نفس خود طغیان می‌کند ممکن است در ابتدا احساس درد کند، اما بعداً احساس آرامش می‌کند.

از سوی دیگر، رازی بر لزوم میانه‌روی در رفتارهای انسان برای کنترل امیال خود، یعنی ایجاد تعادل بین زهد و زیاده‌روی تأکید می‌کند. او در اثرش، فی سیرته، که فیلسوفانه زیستن را توضیح می‌دهد، از ضرورت دوری از لذت نفسانی صحبت می‌کند و همچنین از تربیت خویش‌داری که با رویکردی غیرعقلانی، یعنی زاهدانه سعی در اجرای آن می‌شود، انتقاد می‌کند. البته در این مرحله به گفته رازی، شرایطی که انسان در آن قرار دارد، گرایش‌های طبیعی، تحصیلات و غیره است. تعیین معیارهای کلی برای اجتناب از لذت‌ها بسیار دشوار است، زیرا آنها با یکدیگر متفاوت هستند. شرایط مختلف ممکن است دوری از لذت‌های مختلف را کم و بیش دردناک کند.

از نظر رازی، لذت به مرور زمان به عادت تبدیل می‌شود. وقتی به این مرحله رسید، نه می‌توان به اندازه قبل از آنها لذت برد و نه می‌توان آنها را رها کرد. این حالت به ویژه در کسانی که به زنان، موسیقی و شراب علاقه مفرط دارند مشاهده می‌شود. عمل همیشگی دنبال کردن لذت اینک به یک ضرورت تبدیل می‌شود و افراد را به غفلت از مسئولیت‌های مادی و معنوی آنها سوق می‌دهد. به گفته رازی، چنین افرادی مانند حیواناتی هستند که طعمه در دام، آنها را فریب می‌دهد. در واقع، آنگاه که حیوانی در دام می‌افتد، نه از طعمه بهره می‌برد و نه می‌تواند از دام بگریزد. در این زمینه، رازی بر آن است که تدریج درعادت کردن به رفتار صحیح در مبارزه با لذت‌ها، برای انسان سودمند خواهد بود و از طریق عادت، پیام آوران راه‌ها را طی می‌کنند [رهرو آن است که پیوسته و آهسته رود]؛ وی با بیان اینکه سربازان می‌توانند در

که ابوبکر رازی فلسفه اخلاقی را توسعه داد که می‌تواند با غلبه بر محدودیت‌های زمانی و مکانی در افکارش در مورد چگونگی کنار آمدن با غم و اندوه انسان و چگونگی کنترل بُعد غم و اندوه انسان، فلسفه اخلاقی را توسعه دهد.

رازی طی بحث در مورد اینکه چگونه می‌توان اخلاق را بهبود بخشید، در واقع به همان اندازه که بدنش را سیر می‌کند، به انسان عصری که از نظر روحی گرسنه است می‌پردازد. اندیشه رازی در مقوله اخلاق بعد زمانی را در نور دیده، در اینکه که چگونه فرد مدرن می‌تواند از شر اشتباهات خلاص شود، چه نوع نگرشی باید نسبت به لذت‌ها ایجاد کند، در باب آسیب‌های ناشی از خودشیفتگی، تمایلات خودشیفتگی، و در مضرات سیری ناپذیری با امیال دنیوی و روش‌های منطقی تفکر درمقابل با مرگ، از فواید نگاه رحمت به دیگران، گفتاری بس راهنما و ذهن گشا بیان کرده است. در این زمینه، بر اساس اندیشه‌های رازی در اصلاح اخلاق می‌توان چنین جمع بندی کرد: (۱) مصرف گرایی را باید یک بیماری معنوی تلقی کرد و این بیماری را می‌توان با مبارزه با سیری ناپذیری روح درمان کرد؛ (۲) تنها با دوست داشتن و اعتماد به همنوعان خود می‌توان از انزوا، بیگانگی، فردگرایی و تمایلات خودشیفتگی رها شد؛ (۳) می‌توان با کمک به شادی دیگران بر احساس بی معنی و بی‌ارزشی غلبه کرد؛ (۴) اینکه آفرینش و تباهی ذات زندگی زمینی است و سعادت مطلق توهمی بیش نیست؛ (۵) علی رغم همه پیشرفت‌های فناوری، طبیعی است که انسان با موقعیت‌هایی مواجه شود که در آن احساس درماندگی می‌کند، و منطقی است با آنچه در چنین شرایطی اتفاق می‌افتد سازگار شود. (۶) برای رهایی از اضطراب مرگ باید با یک زندگی نیکو در این دنیا برای مرگ آماده شد؛ (۷) روح پس از مرگ در سطح دیگری از هستی به حیات خود ادامه خواهد داد و تصور مرگ به عنوان فنا صحیح نیست. (۸) می‌توان ارزیابی کرد که عدم کنترل هوس‌ها از طریق عقلانی، فرد را به نارضایتی روحی، از دست دادن لذت از زندگی و در نتیجه بیماری‌های روانی سوق می‌دهد. از این حیث می‌توان آرای اخلاقی رازی را به عنوان ندایی کهن ارزیابی کرد که فرد امروزی را به بازگشت به ذات خود دعوت می‌کند و در نتیجه می‌توان گفت که آثار وی باید همواره به عنوان منابع ارزشمند فلسفی در دستور کار قرار گیرد که می‌تواند انسان‌ها را از بن بستی که در آن گرفتار شده‌اند نجات بخشد.

برابر جنگ مقاوم شوند، تاکید می‌کند که روش تدریجی در کنار آمدن با لذت‌ها جایگاه مهمی در حیات دارد. به عقیده وی، فردی که سعی می‌کند ابتدا با امیال ساده کنار بیاید و سپس به تدریج با امیال پیچیده و شدید روح درگیر شود، شاهد آن است که نفس شهوانی در برابر امیال نفس متفکر روی به تسلیم می‌آورند. در این جا، افکار رازی از نظر رهایی فرد مدرن از زندگی لذت محوری که در آن غرق است، ارزش عملی پیدا می‌کند. اما مشکل اصلی در اینکه چگونه فرد می‌تواند از خواسته‌های خودخواهانه‌ای که او را به سقوط روحی می‌کشاند خلاص شود، قبل از هر چیز پذیرفتن این واقعیت است که این امیال به او آسیب می‌زند و بعد حاضر باشد برای رهایی از آنها پیگیرانه تلاش کند. در حقیقت، این داوطلبی در انسان مدرن - که فکر نمی‌کند وجودش در خدمت هدفی است و در سایه فردگرایی محض و بی‌پایان هیچ آگاهی از ضرورت ارزش‌های اخلاقی/معنوی ندارد- آسان نیست.

نتیجه گیری

در سنت فکری اسلامی پذیرفته شده است که هم مشکلات جسمی و هم مشکلات روحی انسان ارتباط مستقیمی با زندگی اخلاقی او دارد. در این زمینه، به عنوان یک فیلسوف اسلامی و نماینده یک سنت فکری که در آن خداوند در جایگاه مرکزی قرار دارد، اندیشه‌های رازی در مورد بیماری و سلامتی از بسیاری جهات با شیوه‌های تفکر ناپسند مدرن منطبق نیست. در واقع، در سکولاریزه شدن جوامع غربی، دیندار در پارادایم روانشناسی بدون معنویت از خود بیگانه شده است. این وضعیت به این معناست که اندیشه‌ها و اعمال دینی در مواجهه با دانش علمی تأثیر خود را از دست می‌دهند. دقیقاً در این نقطه است که روش‌هایی را که رازی برای رفاه روانی انسان ضروری می‌داند، می‌تواند به عنوان بررسی فلسفی روح ارزیابی شود. در واقع، سلامت روان، آن گونه که همه ادیان جهانی آن را درک می‌کنند، ارتباط تنگاتنگی با مشکلات وجودی و متافیزیکی دارد. در عین حال، فرهنگی که یک فرد در آن رشد می‌کند و سنت مذهبی/معنوی که ارزش‌های اصلی او را شکل می‌دهد، بخشی جدایی ناپذیر از معنای انسان بودن است. می‌توان گفت که روان‌شناسی مدرن غربی در اینجا به دلیل تعصبات معرفت‌شناختی تثبیت‌شده‌اش، که از امر مقدس جدا شده است، کوتاهی می‌کند. در این مرحله، می‌توان ادعا کرد

- Akyol, Aygün. "Ebû Bekir Râzî ve Felsefî Düşünce Sistemi". *Journal of Islamic Research* 30/1 (2019), 42-57.
- Akyüz, Turgut. *Ebubekir Zekeriyya er-Râzî'nin Felsefî Görüşleri*. İstanbul: Ravza Yayınları, 2017.
- Aristoteles. *Nikhomakhos'a Etik*. çev. Zeki Özcan. Bursa: Sentez Yayıncılık, 2014.
- Aurelius, Marcus. *Kendime Düşünceler*. çev. Y. Emre Ceren. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 3. Basım, 2018.
- Balıkçı, Üsame. "İslâmî Psikolojinin İmkânı, Gerekliliği ve Nasıllığı". *Eskiye Dergisi* / 44 (2021), 409-431. <https://doi.org/10.37697/eskiye.957836>
- Bauman, Zygmunt - Lyon, David. *Akışkan Gözetim*. çev. Elçin Yılmaz. İstanbul: Ayrıntı Yayınları, 2013.
- Bircan, Hasan Hüseyin. "Ahlak: Mutluluk ve Erdem". *İslam Felsefesi -Tarih ve Problemler-*. ed. M. Cüneyt Kara. 655-684. İstanbul: Diyanet İşleri Başkanlığı Yayınları, 6. Basım, 2018.
- Botton, Alain De. *Felsefenin Tesellisi*. çev. Banu Telliöğlu. İstanbul: Sel Yayıncılık, 24. Basım, 2022.
- Corbin, Henry. *İslam Felsefesi Tarihi*. çev. Hüseyin Hatemi. İstanbul: İletişim Yayınları, 8. Basım, 2010.
- Cortés Cortés, Manuel Enrique vd. "Remembering Muhammad ibn Zakariya Al-Razi: Classical Physician, Chemist and Philosopher". *Lecture Notes on Multidisciplinary Research and Application*. 37-40. Canada: Malaysia Technical Scientist Association, 2018.
- Çağrı, Mustafa. "Hevâ". *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. 17/274-276. İstanbul: TDV Yayınları, 1998.
- Druart, Therese Anne. "The Ethics of al-Razi". *Medieval Philosophy and Theology* / 6 (1997), 47-71.
- Guénon, René. *Modern Dünyanın Bunalımı*. çev. Mahmut Kanık. İstanbul: İnsan Yayınları, 2. Basım, 2017.
- Günel, Tuğba. *Kelam'da Nefs Fenomenolojisi*. Ankara: Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 2020.
- Güvenç, Emel. *Manevi Danışmanlığın Felsefî Temelleri*. Bursa: Bursa Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 2022.
- Hadot, Pierre. *İlkçağ Felsefesi Nedir?* çev. Muna Cedden. Ankara: Dost Kitabevi, 2. Basım, 2017.
- Hökelekli, Hayati. "İslam Geleneğinde Psikoloji Kültürü". *İslami Araştırmalar Dergisi* 19/3 (2006), 409-421.
- Karaman, Hüseyin. "Bir Biyografi Denemesi: Ebu Bekir er-Razi". *Çorum İlahiyat Fakültesi Dergisi* 3/6 (Aralık 2004), 101-128.
- Karaman, Hüseyin. "Ebu Bekir er-Râzî: İlahî Gölgesinde Bir Filozof". *İslam Felsefesi -Tarih ve Problemler-*. ed. M. Cüneyt Kaya. 119-143. İstanbul: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 6. Basım, 2018.
- Karaman, Hüseyin. "Ebu Bekir er-Râzî'nin Felsefesinin Kaynakları". *Dinbilimleri Akademik Araştırma Dergisi* 2/1 (2002), 33-50.
- Karaman, Hüseyin. "Ebu Bekir er-Râzî'nin Mülhidliği Bir Gerçeklik mi, Yoksa Tarihsel Bir Yanılgı mı?" *Ekev Akademi Dergisi* 6/11 (2002), 107-123.
- Kaya, Mahmut. "Ünlü Hekim-Filozof Ebû Bekir Er-Râzî ve Hekimlik Ahlakı ile İlgili Bir Risalesi". *Felsefe Arkivi* / 26 (Temmuz 2013), 227-246.
- Kierkegaard, Søren. *Kahkaha Benden Yana*. çev. Nedim Çatlı. İstanbul: Ayrıntı Yayınları, 2000.
- Kindî, Ya'kûb b. İshak. *Üzüntüden Kurtulma Yolları*. çev. Mustafa Çağrı. Ankara: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 3. Basım, 2017.
- Kutluer, İlhan. *İslam Felsefesi Tarihinde Ahlak İlminin Teşekkülü*. İstanbul: Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 1989.
- Mirza, Gözde Aynur. *Yeni Dinselleşme Eğilimleri ve Maneviyat Arayışları*. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, 2018.
- Öztürk, Ümit. "Narsistik ve Hacı Tüketim Kalıplarıyla Gelen Huzursuzluk ve Diğerkâmlığın Yitimi Üzerine". *European Journal of Educational & Social Sciences* 5/2 (2020), 124-135.
- Platon. *Devlet*. çev. Neval Akbıyık - Serdar Taşçı. İstanbul: Metropolis Yayınları, 1989.
- Rashed, Mohammed Abouelleil. "Islamic Perspectives on Psychiatric Ethics". *Oxford Handbook of Psychiatric Ethics*. ed. John Sadler vd. 495-519. Oxford: Oxford University Press, 2015.
- Rassool, G.Hussein - Mugheera M. Luqman. "Islâmic Psychology". *Foundations of Islâmic Psychology*. 229-234. Newyork: Routledge, 2023.
- Râzî, Ebu Bekir Muhammed b. Zekeriyya. "Ahlakın İyileştirilmesi". çev. Mahmut Kaya. *Felsefe Risaleleri*. ed. Ferruh Özpilavcı. 82-196. İstanbul: Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı Yayınları, 2016.
- Râzî, Ebu Bekir Muhammed b. Zekeriyya. *Felsefe Risaleleri*. çev. Mahmut Kaya. ed. Ferruh Özpilavcı. İstanbul: Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı Yayınları, 2016.
- Râzî, Ebu Bekir Muhammed b. Zekeriyya. "Filozofça Yaşama". çev. Mahmut Kaya. *Felsefe Risaleleri*. ed. Ferruh Özpilavcı. 196-216. İstanbul: Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı Yayınları, 2016.
- Râzî, Ebu Bekir Muhammed b. Zekeriyya. *et-Tıbbu'r-Ruhani*. çev. Hüseyin Karaman. İstanbul: İz Yayıncılık, 2. Basım, 2008.
- Saruhan, Müfit Selim. "İslam Düşüncesinde Ahlâk İlmi". *Eskiye Dergisi* / 28 (Mayıs 2014), 53-66.
- Schopenhauer, Arthur. *Hayatın Anlamı*. çev. Ahmet Aydoğan. İstanbul: Say Yayınları, 7. Basım, 2017.
- Sotillos, Samuel Bendeck. "Towards an Islamic Psychology and Psychotherapy". *Spiritual Psychology and Counseling* 7/3 (2022), 409-416.
- Türer, Celal. "Ahlâk Bunalımının Nedenleri". *Çağımızın Ahlâk Bunalımı ve Çözüm Arayışları*. ed. Hüseyin Sarıoğlu. 15-32. İstanbul: Ensar Neşriyat, 2009.
- Vahidmanu, Vahidvazhakkad. "Psychology in Islamic Ethics". *The Muslim World* 71 /3-4 (1981), 213-227.

health and human moral competence. According to him, a person's physical and mental health depends on avoiding a life centered on pleasure, rational control of emotions and thoughts, the ability to critically examine oneself, and active struggle with deficiencies that distance him from a virtuous life. In fact, if a person allows his desires and instincts to dominate his mind instead of rational control, he will ultimately be unable to prevent the recurrence of mental illnesses within himself. This is where Razi's ideas about healing the soul and developing moral character can be put into practice as a kind of moral prescription for achieving a virtuous and happy life. According to Razi, who emphasizes the value of reason in all his thoughts on ethics, man can, by combining the power of reason with the power of will that God has given him, have a true understanding of meaning and purpose and can attain the basic principles of how to continue his worldly life. This knowledge can help him cope with the problems of life, overcome his fears/anxiety about his own death, and fight his fundamental weaknesses such as selfishness, stinginess, and greed, and thus achieve happiness in both worldly and hereafter. Although it is thought that the human weaknesses that Razi discusses may be limited to the conditions of his era, in fact, the weaknesses he discusses, because they are related to man's material existence, cannot be confined to a specific time and place. Therefore, Razi's treatises on the elevation of morality contain ideas that can guide modern man who is in the midst of his own sorrow and grief and show him how to correct his mistakes and find meaning in his life. In an effort to free oneself from desires and passions and to treat pains such as narcissism, self-harm, alienation from death, dissatisfaction, consumerism, aimlessness, alienation from one's own existence and fellow human beings, loneliness, and the belief that everything can be controlled, Razi's ideas in psychology seem to be very effective. This article examines Razi's ideas on how to heal people materially and spiritually, and points out various topics such as liberation from sorrow, abandoning mistakes, coping with human weaknesses, not marginalizing death, approaching existence from the perspective of surrender, and thus achieving spiritual healing for humans, which can be the key to the vital struggles of the individual in the modern era. The main purpose of the article is to examine the potential contribution of the approach to issues that govern the pattern of human life today and how, from the perspective of Razi's ideas, it can be beneficial in promoting morality and its possible benefits for modern life. Our conclusion is that resorting to Razi's moral thoughts can be found effective in the following cases: (1) understanding the value of existence and guiding of others; (2) coping with anxiety/fear of death; (3) adopting protective measures against mental disorders that are themselves considered symptoms of modernity; (4) providing alternative solutions to find lost peace of mind and liberation from the sad view of life; (5) liberation from pain and sorrow, which are essential aspects of worldly life; (6) being under control of one's own desires and passions; and (7) trusting and surrendering to God Almighty in times of despair.

A Review of the Life and Works of Muhammad ibn Zakariyya al-Razi (865–925) The Glory of Integrity, Elegance, and Sophistication In Science, Medicine, and Medical Ethics

Ali Farazmand

Faculty of Biology, University of Tehran
Biology Branch of the Iran Academy of Sciences
afarazmand@ut.ac.ir

Abstract

George Sarton, an incomparable historian of the history of science, called the second half of the third era of Razi, and he also says that Razi was the greatest physician of Iran and the Islamic world during the middle ages. Neuburger, in his work *History of Medicine*, writes that Razi was undoubtedly the greatest physician among the few physicians of the Islamic period who followed the path of Hippocrates and created impartial and unparalleled clinical assessments. According to Parviz Azkai (in his valuable work entitled *Hakim Razi*), the era of Razi is the period of return or rebirth of ancient Iranian culture. This period, coinciding with the third and fourth centuries AH, was accompanied by the decline of the Abbasid Caliphate and the establishment of the Samanid and Daylami states and other dynasties, which itself paved the way for the growth and flourishing of science and knowledge in the period known as the Golden Age of Islamic civilization. Razi, like Abu Rayhan and Ibn Sina, played an unparalleled role in the flourishing of this era during this period under the protection of the new rulers. Razi's precise medical insights and special treatment methods made his works a world-renowned medical authority for more than five centuries. Razi was the first to distinguish smallpox from measles; with this observation and research, one of Razi's correct and fundamental diagnoses, in his treatise on smallpox and measles, he also discussed valuable measures to prevent the complications of these two diseases. In this category, he is known as an excellent observer and at the same time a critical collector of pioneering Greek, Syriac, and Arabic medical knowledge. In this article, we review the prolific life of Zakaria Razi, an unparalleled Iranian physician, philosopher, and chemist, and his very valuable works.

The Moral Philosophy of Abu Bakr Razi as a Life Guide for the Modern Individual

Emel Güvenç Cumhuriyet Theology Journal 27/1 (June 2023), 221-233.
<https://doi.org/10.18505/cuid.1240619>

Persian Translation by Ali Farazmand

Faculty of Biology, University of Tehran
Biology Branch of the Iran Academy of Sciences
afarazmand@ut.ac.ir

Abstract

Abu Bakr Muhammad ibn Zakariyya al-Razi, a prominent Iranian physician, philosopher, and chemist, had some original ideas about health psychology that can still be relied upon. In particular, in his philosophical treatises on ethics, he states that there is a close connection between mental

Mathematical Modeling, a Bridge to the Digital Ecosystem & the World of Artificial Intelligence

Bahram Sadeghi Bigham

Department of Computer Science, Faculty of Mathematical Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran
b_sadeghi_b@alzahra.ac.ir

Abstract

In this paper, after a brief overview of diverse scientific advancements in the field of artificial intelligence (AI), the role of mathematical sciences in this domain is examined. Following a concise discussion of the contribution of mathematics to AI, the focus shifts to introducing the most fundamental aspect of this field. Mathematical modeling is presented as the gateway to the world of AI, accompanied by a few illustrative examples. These examples showcase specific challenges within the AI domain that are translated into the mathematical realm through modeling, solved, and then reintegrated into the AI ecosystem along with their solutions. The aim is to present examples that are tangible, innovative, and scientifically grounded. These examples are predominantly centered on robotics and geometry.

Citizen Science: An «Unidentified Name» for Iran's Scientific Community

Arezou Rezaei^{1,2}

1. School of Biology, Damghan University, Damghan, Iran
2. Institute of Biological Sciences, Damghan University, Damghan, Iran
arezaei@du.ac.ir

Abstract

Citizen science has been recognized in prestigious international scientific communities for many years, and various citizen science projects are being implemented in collaboration with the best and most well-known universities and citizen science associations. It has been ten years since the definition of Citizen Science was added to the Oxford English Dictionary. Now, citizen science has a place beyond scientific associations and conferences, and it gains its importance by finding its way into the curricula of students. Citizen science is the active cooperation and accompaniment of the general public with professional scientists in carrying out scientific research tasks and producing new knowledge. Thanks to advanced information and communication technologies, interested individuals, wherever there is an Internet connection, can collaborate in citizen science research from biological and medical sciences to social and human sciences, politics, and education. The participation of the general public – experts/non-experts – in citizen science can be categorized into four groups: 1) data collection projects, 2) data processing projects (categorization, transcription, interpretation), 3) curriculum-based projects, and 4) social science projects. The aim of this article is to introduce this Unidentified Name to the Iranian educated scientific and managing community.

Keywords: Citizen Science, learning, educational productivity, artificial intelligence, ethics

address suitable educational strategies to reduce the impact of misconceptions.

Keywords: Mathematics Education, Academic Success, Educational Misconceptions, Intelligence, Affective-Motivational Factors

Biosemiotics: A New Science in Biology?

Robabeh Latif

Semnan University

r.latif@semnan.ac.ir

Abstract

Biosemiotics is a growing field that investigates semiotic processes in the living realm, addressing meaning, signification, communication, and habit formation in living systems, and the physicochemical conditions for sign action and interpretation. Scientific fields such as molecular biology, cognitive ethology, cognitive science, robotics, and neurobiology deal with information processes at various levels and, thus, provide knowledge about biosemiosis (sign action in living systems). Biosemiotics attempts to integrate these findings, so as to build a semiotic foundation for biology. In the development of biosemiotics as a research field, it is particularly important to build specific models of life processes, emphasizing their signifying nature, and, thus, helping to enrich and complement the biological sciences as standardly understood.

Keywords: Biosemiotics, Biology, Semiotics, Sign

Mathematics and Artificial Intelligence: A Symbiosis for a Smarter Future

Mohammad Akbari

Assistant Professor of Computer Science, Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic)

akbari.ma@aut.ac.ir

Abstract

Mathematics and artificial intelligence (AI) have forged a symbiotic relationship, driving some of the most groundbreaking advancements of our time. Mathematics provides the theoretical foundation for AI, equipping it with essential tools such as linear algebra, probability, and optimization to build complex algorithms. In turn, AI is transforming mathematics by addressing intricate problems that were once beyond human capabilities. AI-powered theorem proving, pattern recognition, and data analysis are revealing new insights and uncovering previously unknown mathematical structures. This mutual reinforcement has led to breakthroughs in fields like geometry, number theory, and combinatorics. Together, mathematics and AI are shaping a future defined by unprecedented innovation and intelligent technologies. This paper will explore how these two disciplines fuel each other's growth, from AI's reliance on mathematical models to its role in advancing mathematical discovery. As this collaboration deepens, mathematics and AI continue to push the boundaries of what is possible, driving a smarter and more innovative future.

hand, in the absence of a clear idea of the university and a suitable industrial and social context, Universities began to excessively expand masters and doctoral programs. The result is that a significant portion of unemployment is now seen among university graduates.

This article emphasizes the importance of the idea and philosophy of the university from the perspective of education tailored to societal needs and the employability of graduates. Instead of focusing on what should be taught, attention should be given to how educational programs should be structured to ensure professional success and to meet the needs of society.

The strategy of educational programs should be based on fostering the following competencies:

1. Broad-based education;
2. Critical thinking skills;
3. A desire for lifelong learning;
4. Professional competency and proficiency.

The content of courses should be organized around these strategies, aligning with societal needs, rather than relying on stressful, workaholic, and purely scientific curricula. Instead, agile curricula equipped with modern software tools (including artificial intelligence) and focused on professional skills should be designed.

Keywords: Idea and philosophy of the university, inflation in higher education, inclusive education, critical thinking skills, desire for lifelong learning, professional competence and proficiency, curriculum and educational programs.

Gravity, Life and Evolution

Ahmad Sheykhi

Department of Physics, Shiraz University, Shiraz, Iran
asheykhi@shirazu.ac.ir

Abstract

In this article, we explore the effects of gravity on the origin of the universe, the formation of the primary cosmic structures, the formation of the Milky Way galaxy and the solar system, the formation of the planet Earth, the origin of life on Earth, the evolution of living organisms and the evolution of complex human organs on the planet Earth.

Rethinking the Factors of Success in Mathematics: Misconceptions and Effective Strategies

Amir Ghadermarzi

School of Mathematics, Statistics and Computer Science, College of Science, University of Tehran
ghadermarzi@ut.ac.ir

Abstract

Given the broad scope of mathematics education goals, improving students' academic performance and mathematical achievements at different levels is a serious concern.

Misleading and harmful beliefs in this regard, especially those related to the connections between intelligence and success in mathematics, create a significant educational barrier. Recognizing the various factors of success and applying appropriate educational strategies can help prevent this.

In this paper, while reviewing different theories that predict the factors of success in mathematics, we also

Recreation of Everything: Is Biology the Futurity Power of the World?

Seyed Mehdi Alavi

Plant Molecular Biotechnology Group, Agricultural Biotechnology Research Institute, National Research
Institute of Genetic Engineering and Biotechnology
mradjabalipour@gmail.com

Abstract

This article explores the transformative potential of biology in shaping the future and its impact on various aspects of human life. It primarily focuses on the shift from oil-based industries to a sustainable, circular economy known as bioeconomy. The research examines the interrelationship between biophilosophy, bioart, and bioeconomy through Neri Oxman's Krebs Cycle of Creativity model, which highlights the interplay among life sciences, engineering, digital sciences, and art. This model emphasizes the significance of cultural attitudes towards nature as a crucial factor in future innovations, influencing substantial changes in the global economy. Ultimately, the article posits that bioeconomy represents a new economic paradigm for the third millennium, grounded in philosophical and artistic perspectives in biology, serving as a foundation for sustainable development aligned with nature.

Educational and Research Blindness: Part 2) A Stubborn-as-a-mule Bug in the Body of Education and Educational Policy

Kamran Sharifi

Department of Clinical Sciences, Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad
shariffp@um.ac.ir

Abstract

The idea of the university emerged from Christian colleges or Christian scholar Faculties in Europe. In contrast, the concept of University in Iran, hasn't set foot on the same way. In Europe, Universities and industries grew side by side, but in Iran, there was a lack of idea and philosophy behind the concept of University, which has been ignored by the founders of Universities in Iran. The primary goal of establishing universities in Iran was to train bureaucrats and technocrats to respond to the severe vacancies in governmental departments across the country, as the first priority in the modernization (and not modernity) process in Iran.

Three periods of inflation in higher education in Iran can be identified: the period from 1953 to 1979, the period from 1986 to 1996, and the period from 1996 to the present. The inflationary effects in terms of graduate unemployment were not easily noticeable during the first period because a %10 economic growth, which began in the 1960s and continued until 1978, along with the expansion of the government sector, led to the absorption of almost all graduates into the workforce. As a result, the lack of a clear idea or philosophy behind the university was not particularly evident.

After the implementation of economic adjustment policies, government hiring suddenly stopped, leading to a separation between the fields of education and employment. Graduate inflation then became a social problem. On one hand, the general education system had given up the goal of nurturing citizens and preparing them for employment in favor of focusing on university entrance exam preparation. On the other

Abstract of Contents

Scientific Development and Leadership in Science

M. Ariannejad

Department of Mathematics, University of Zanjan, Zanjan, Iran
arian@znu.ac.ir

Abstract

Scientific leadership involves pioneering and leading a specific scientific field, as well as creatively guiding policies and managing scientific institutions. This article examines the relationship between leadership in science, in this two complementary concepts and scientific development within our country.

Keywords: Scientific leadership, scientific development, economic development

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
Sheykhi, Ahmad. Professor, Physics, Shiraz University, Shiraz, 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
Website Management: Farrokh, Atena
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

«اگر همه می توانستند از استعداد های خود درست بهره بگیرند، دنیا همان بهشت موعودی می شد که همه می خواهند.»

زکریای رازی

جرج سارتن مورخ بی بدیل تاریخ علم، نیمه دوم سده سوم هجری قمری را عصر رازی نامیده، همو گوید که رازی بزرگترین پزشک ایران و جهان اسلام در زمان قرون وسطی است. نوبرگر (Neuburger) در اثر خویش تاریخچه پزشکی، می نویسد رازی بدون شک بزرگترین پزشک از معدود پزشکان دوره اسلامی بود که راه بقراط را پیموده، و ارزیابی های بالینی بی طرفانه و بی همتائی را پدید آورد. به روایت پرویز اذکائی (در اثر ارزشمندش با عنوان حکیم رازی) عصر رازی دوره بازگشت یا نوزائی فرهنگ باستانی ایران است. این دوره، مقارن سده های سوم و چهارم قمری، با افول خلافت



عباسی و پاگرفتن دولت های سامانی و دیلمی و خاندان های دیگر همراه بود که خود زمینه رشد و شکوفائی علم و معرفت، در دوره موسوم به عصر طلائی تمدن اسلامی را فراهم ساخت. رازی نیز مانند ابوریحان و ابن سینا در همین دوران در پناه حکمرانان جدید در شکوفائی این عصر نقش بی بدیلی ایفا کردند. دریافت های طبی دقیق و روش های درمانی ویژه ای که رازی داشت موجب شد تا آثار وی بیش از پنج سده از مراجع جهانی پزشکی باشد. رازی اولین کسی است که آبله را از سرخک تشخیص داد؛ با این مشاهده و پژوهش، یکی از تشخیص های درست و بنیادی رازی، در رساله آبله و سرخک خویش همچنین به تدابیری در خصوص جلوگیری از عوارض این دو بیماری پرداخته است. در این مقوله او را به عنوان یک مشاهده گر عالی و در عین حال گردآورنده نقادانه دانش پزشکی یونانی، سریانی و عربی پیشگام می شناسند.

«اول بودن» های متعددی در تحقیقات پزشکی و مراقبت های بالینی به او نسبت داده می شود و [گذشته از هر چیز] نوشته هایش به تنهایی چهره متمایز و بی بدیلی از او می سازد. رازی در بسیاری از قلمروهای پزشکی از جمله اطفال، بیماری های عفونی، جراحی مغز و اعصاب، و بویژه روش های درمان چهره های پیشگام است. او نخستین تک نگاشت در زمینه طب کودکان، تدبیر/الصبيان یا پزشکی کودکان را نوشت. او از پیشگامان مفهوم شیمی درمانی است که توصیه می کرد با ترکیب دانش شیمیایی، پزشکی و دارویی می توان چنین روشی را برای درمان برگزید. او به عنوان یکی از تغییر دهنده گان بازی در زمینه درماتولوژی به شمار می رود. رازی همچنین از موسیقی برای شفایابی (موسیقی درمانی) استفاده کرد.

رازی برپایه آثار مکتوب به جامانده اش، با الگوی پزشکی مبتنی بر شواهد، ثبت سوابق دقیق بیماری و گزارش های بالینی شناخته می شود. برای اولین بار ترکیبات شیمیایی، به ویژه پمادهای جیوه ای را وارد عمل پزشکی کرد. او در مهارت های بیمارستانی بی نظیر بود؛ پیشگام روش های تشخیص افتراقی و مشاهدات بالینی بوده است، که هر دوی این روش ها در تمیز سرخک و آبله حیاتی بودند. همانند رویه امروزی در بیمارستان ها برای چالش آموزشی، تشخیص و معاینه اولیه بیماران بر عهده چندین حلقه از شاگردان وی بود و در صورت عدم توانائی آنها در معاینه و معالجه، بیمار به استاد معرفی می شده است. یکی از برجسته ترین و شاید مهم ترین میراث پزشکی رازی (اینک مورد توجه روش های نوین درمان) تاکید او بر تغذیه مناسب و نقش خوراک در تندرستی و درمان مناسب است. رازی اسراف در استفاده از دارو را مضر می شمرد. در یکی از نوشته های او آمده است: «اگر پزشک بتواند بیمار را از راه تغذیه درست و نه دارو درمان کند، به سعادت رسیده است» و بعد از این رویه به درمان با داروهای منفرد تاکید و چنانچه موثر نیفتاد درمان با داروهای ترکیبی را تجویز می کرد. به عنوان مدیر بیمارستان، توجه او به بیماران روانی، اختصاص بخش ویژه [اولین بخش روان پزشکی] برای درمان و مراقبت از آنها بود که وجه ممیزه آن احترام و مراقبت و همدلی با بیماران بود. در این بخش جزئی از طرح ترخیص بیمار شامل دادن مبلغی پول به وی برای کمک به نیازهای فوری بود که خود اولین نمونه ثبت شده از مراقبت های پس از درمان در روان پزشکی و شاید خدمات مشاوره روان پزشکی در یک بیمارستان عمومی بود. مروری بر زندگی و آثار این حکیم بزرگ در این شماره آمده است.



فصلنامه تخصصی گروه علوم پایه فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران

ISSN 2783-3666