

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

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)، 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

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

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 یابد، 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 دانش‌آموزان 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) پرندگان 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 پرندگان دریایی ساحلی را چگونه انجام دهند، از کلیدها و راهنمای میدانی برای شناسایی گونه‌های پرندگان 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 توانای 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 گوشی 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 (۶، 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: Gamised 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.