نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی

فصلنامه علمی دانشگاه گلستان

سال چهارم/ شماره مسلسل چهاردهم/ تابستان ۱۴۰۲ / صفحات: ۱۰۲-۸۵

DOI: 10.30488/CCR.2023.404930.1150

ملاحظات و ضرورت طراحی برنامه‌های کاربردی علم شهروندی برای پایش متغیرهای هیدروکلیمائی (مطالعه موردی: معرفی و بررسی کارایی برنامه کاربردی "پایش‌یار")

پروانه حاتمی گل‌مکانی[۱]، واحدبردی شیخ [۲*]، آرش زارع گاریزی[۳]، عبدالرضا بهره‌مند[۴]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

[۲] استاد، گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

[۳] استادیار، گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

[۴] استاد، گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۲۹

چکیده

در دهه‌های اخیر، مردم در سراسر جهان تلفن‌های هوشمند و فناوری‌های آن را پذیرفته‌اند. برنامه‌های کاربردی در این دستگاه‌ها از جنبه‌های عملکرد و کاربری آسان شده‌اند. پروژه‌های علمی شهروندی که تلاش می‌کنند داده‌های ارزان و مقرون به صرفه را از افراد با پیشینه‌های مختلف جمع‌آوری کنند، نیازمند طراحی کاربرپسند و استفاده از فناوری با کاربری آسان است. در این پژوهش سعی شد تا با مرور جزییات مراحل طراحی یک برنامه علمی شهروندی در زمینه اقلیم و هیدرولوژی، به ملاحظات و ضرورت طراحی و انتشار یک برنامه کاربردی علمی شهروندی پرداخته شود. این برنامه که توسط نگارندگان طراحی شده است، با نام پایش‌یار معرفی می‌شود و با هدف پایش سه متغیر دما، بارش و تراز سطح آب رودخانه در روستاهای مرزی و دورافتاده استان گلستان طراحی شد. به‌منظور کسب تجربیات کافی، پس از قرار دادن ابزارهای سنجش ساده و ارزان قیمت در دسترس داوطلبان، به مدت پنج ماه (دی‌ماه ۱۴۰۰ تا اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۱) از طرق مختلف از جمله پیامک، تماس تلفنی، فرم‌های کاغذی و شبکه‌های مجازی داده‌های مورد نیاز جمع‌آوری شد. پس از آن بازخوردها و نکات لازم ثبت گردید و مطابق با تجربیات کسب شده نسخه اولیه برنامه کاربردی پایش‌یار طراحی شد. بعلاوه در این پژوهش با مقایسه داده‌های جمع‌آوری شده از طریق این برنامه طی هشت ماه (خردادماه ۱۴۰۱ تا دی‌ماه ۱۴۰۱) و مقایسه آن با سایر روش‌های جمع‌آوری داده، نقاط ضعف و قوت آن برشمرده شد و کارایی آن مورد ارزیابی قرار گرفت. در انتها ارزیابی کارایی، مزایا، معایب، محدودیت‌ها و چالش‌های پایش‌یار نشان داد که یک برنامه کاربردی قابل نصب و اجرا در گوشی‌های هوشمند با طراحی خوب، جریان اطلاعات از کاربران به پایگاه‌های اطلاعاتی و محققان مربوطه را تسهیل می‌کند و به نظر می‌رسد برای ترویج و گسترش سامانه‌های پایشی و نظارتی بلندمدت علوم شهروندی ضروری است. به هرحال مسیرهای ارسال داده‌های اقلیمی و هیدرولوژی به سامانه‌های علمی شهروندی، زمینه‌ای است که به پژوهش‌های بیشتری نیاز دارد.

واژه‌های کلیدی: تلفن همراه، جمع‌سپاری، رابط کاربری، سامانه پایش مردمی، کمبود داده

مقدمه

تغییر اقلیم و گرم شدن کره زمین تغییرات قابل توجهی هستند که جهان در طول ۶۵ سال گذشته با آن مواجه شده است (فرزانه و بنی‌مصطفی‌عرب، ۱۴۰۲). تغییر اقلیم موضوعی پیچیده و چندوجهی است که شناسایی و مقابله با آن نیازمند همکاری دانشمندان، سیاستگذاران و مردم است (Tvinnereim et al., 2017). علم شهروندی با ارائه داده‌های ارزشمند می‌تواند به دانشمندان در درک بهتر تأثیرات تغییر آب

*نویسنده مسئول: v.sheikh@yahoo.com

و هوا و توسعه استراتژی‌های مؤثر برای کاهش اثرات آن کمک کند و نقش مهمی را در تحقیقات تغییرات آب و هوایی ایفا کند (Gviafrica, 2023). علم شهروندی مبتنی بر اصول مشارکتی است که نه تنها عموم را در نقش جمع‌آوری داده‌ها قرار می‌دهد، بلکه داوطلبان را تشویق می‌کند تا به تلاش برای حل چالش‌های علمی بپیوندند (Haklay, 2013). مشارکت در فرایند علمی، دسترسی به داده‌های باز و پژوهش‌های تکرارپذیر و مشترک را بهبود می‌بخشد، آگاهی عمومی را افزایش می‌دهد و به‌طور کلی شهروندان را توانمند می‌کند (Trojan et al., 2019). علم شهروندی به دلیل ویژگی‌های همکاری چند رشته‌ای و فرا رشته‌ای در پژوهش‌های علمی، یک پارادایم روش‌شناختی را در یک رویکرد مشارکتی تشکیل می‌دهد (Knapp et al., 2019). همکاری چند رشته‌ای به‌معنای کاربرد علوم مختلف است که چندین حوزه موضوعی را پوشش می‌دهد (Spasiano et al., 2023). این رویکرد، دانشمندان را قادر می‌سازد تا با کمک تعداد زیادی از داوطلبان، حجم زیادی از داده‌ها و اطلاعات را به صورت رایگان یا با هزینه بسیار ناچیز جمع‌آوری کنند که در غیر این صورت جمع‌آوری این حجم از داده‌ها و اطلاعات با روش‌های مرسوم منسجم از نظر زمان، مقیاس یا نیروی انسانی مقرون به صرفه نیستند (Lee and Nel, 2020). از طرفی علوم شهروندی نیازمند استفاده از فناوری‌های مناسب برای مشارکت داوطلبان غیرمتخصص در انجام فعالیت‌های پژوهشی تجربی مانند جمع‌آوری و تفسیر داده‌ها و کارهایی با سطح بالاتر مانند تولید مشترک دانش و انتشار نتایج است (Spasiano et al., 2021). از جمله فناوری‌هایی که در منابع مختلف برای علم شهروندی یاد شده است "وب‌سایت‌های مخصوص هر پروژه، فهرست‌نامه‌های مختص هر پروژه، WEB 2.0 و رسانه‌های اجتماعی، وب‌سایت‌ها و برنامه‌های کاربردی تلفن‌همراه، ساعت‌های هوشمند، حسگرهای DIY[1]، اینترنت اشیا[2]، پهپادها، ابزار تجزیه و تحلیل داده‌ها، فناوری‌های نقشه‌برداری، واقعیت مجازی و واقعیت افزوده، داده‌های باز و منابع پشتیبانی (Mazumdar et al., 2018) را می‌توان نام برد. از میان همه این فناوری‌ها، استفاده گسترده از تلفن‌های هوشمند، فرصت‌های جدیدی را در زمینه علوم شهروندی ایجاد کرده است (Bonney et al., 2014). برنامه‌های[3] تلفن همراه، روشی نوین را برای فرایند جمع‌آوری داده‌ها ارائه می‌دهند. امروزه برقراری ارتباط با مشارکت کنندگان در هر زمانی امکان‌پذیر است زیرا بسیاری از مردم تقریباً به‌صورت دائم تلفن‌های هوشمند خود را با خود حمل می‌کنند. علاوه‌بر این، حسگرهای گوشی‌های هوشمند امکانات جدیدی را برای جمع‌آوری داده‌های جامع و قابل مقایسه فراهم کرده‌اند (Teacher et al., 2013). اصطلاح برنامه کاربردی[4] به طیف گسترده‌ای از نرم‌افزارها اشاره دارد که روی دستگاه‌های تلفن همراه، مرورگرها، دسکتاپ‌ها و حتی ساعت‌های هوشمند اجرا می‌شوند. در علم شهروندی، برنامه‌های کاربردی معمولاً به‌عنوان برنامه‌های گوشی‌های هوشمند (برنامه‌های تلفن همراه) یا وب‌سایت‌هایی که از طریق رایانه‌های رومیزی یا لپ‌تاپ (برنامه‌های وب) قابل دسترسی هستند، نامیده می‌شوند. این برنامه‌ها می‌توانند بخشی از زیرساخت‌های پشتیبانی در علم شهروندی و یا به اصطلاح چارچوب‌های علم شهروندی را تشکیل دهند (Liu et al, 2021) که ابزار لازم جهت تسهیل ارتباط و تعامل مشارکت کنندگان را فراهم می‌کند (See, 2019). به‌طورکلی گوشی‌های هوشمند، انقلابی در علم شهروندی به وجود آورده است. به‌طوریکه هر شهروند به یک میکروکامپیوتر مجهز به حسگرها دسترسی دارد که به شبکه جهانی متصل است و همیشه آماده استفاده هستند (Crocker et al, 2020). بنابراین برنامه‌های تلفن همراه امکان مشارکت مستقیم را فعال کرده‌اند (Vercayie and Herremans, 2015). هم‌چنین آن‌ها با غلبه بر بخشی از موانع مکانی و زمانی توانسته‌اند خدمات قابل توجهی را به

1. Do-it-yourself
2. Internet of Things (IoT)
3. Mobile apps
4. Application

علوم شهروندی ارائه دهند (Sturm et al., 2017). از آنجایی که گوشی‌های هوشمند و رابط‌های کاربری آن‌ها به فناوری اصلی تبدیل شده‌اند، مردم می‌توانند به‌طور مستقیم با برنامه‌های نصب‌شده خود تعامل داشته باشند (Rothstein et al, 2015).

به طورکلی با توجه کمبود همیشگی داده‌های اقلیمی و هیدرولوژی در کشور بالاخص استان گلستان (مصطفی‌زاده و شیخ، ۱۳۸۹)، دسترسی عموم به فناوری تلفن همراه و اثبات کارایی آن در تسهیل ارسال داده‌های شهروندی در بسیاری از تحقیقات، هدف کلی این پژوهش، بررسی مراحل طراحی تا انتشار یک برنامه کاربردی علم شهروندی در زمینه اقلیم و هیدرولوژی با نام "پایش‌یار" می‌باشد. در این مطالعه سعی شد تا حد امکان اصطلاحات تخصصی طراحی برنامه‌های کاربردی تلفن همراه با زبان ساده بیان شود تا برای محققان علوم شهروندی با هر پیش زمینه علمی-تخصصی قابل فهم باشد.

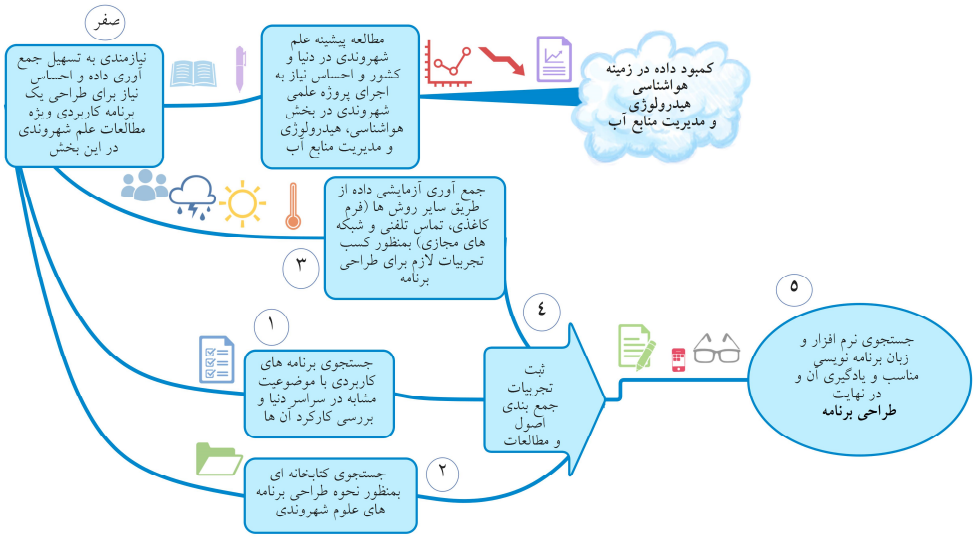
استفاده از برنامه‌های تلفن همراه در علوم شهروندی: استقبال گسترده از گوشی‌های هوشمند زندگی روزمره را از بسیاری جهات تغییر داده است. فناوری تلفن همراه، مشارکت در چارچوب‌ها و پروژه‌های تعاملی را تسهیل می‌کند (Lee and Nel, 2020). استقرار برنامه‌های تلفن همراه در علوم شهروندی به این معنی است که شرکت‌کنندگان می‌توانند مشاهدات را در زمان واقعی انجام دهند (Lemmens and Antoniou, 2019). گزارش فوری مشاهده‌های مربوطه نه تنها باعث افزایش کیفیت داده‌های ارائه شده (از لحاظ به موقع بودن) می‌شود، بلکه ارتباط پایش‌گر را با موضوع و محیط آن بهبود می‌بخشد چراکه پایش‌گر همواره حضور داشته و از زمینه مشاهدات خود آگاه است (Lemmens et al., 2021). علاوه‌بر این، برنامه‌های تلفن همراه ابزارهای دیجیتال مهمی هستند که داده‌های دریافتی از منابع را در زمان واقعی یکپارچه می‌کنند. هم‌چنین این ابزارها موجب غنی‌سازی اطلاعات برای نسل‌های جوان و اکثریت مردم شده‌اند. به‌ویژه برای بومی‌های دیجیتال (نسلی که با فناوری دیجیتال بزرگ شده‌اند)، یک برنامه کاربردی تلفن همراه ابزار مشارکت را از طریق استفاده از ویژگی‌های تعاملی تلفن‌های هوشمندشان ارائه می‌دهد (Lemmens et al., 2021). مانند همه برنامه‌ها، برنامه‌های علمی شهروندی تابع انتظارات کاربر هستند. بنابراین الزاماتی همچون سهولت استفاده برای شرکت کنندگان، کیفیت بصری مناسب، سازگاری با طیف وسیعی از سیستم عامل‌ها و دستگاه‌های پشتیبانی شده و حفظ حریم خصوصی کاربران مطابق با مقررات عمومی باید مدنظر قرار گیرد (Pejovic and Skarlatidou, 2020).

بررسی پیشینه کاربرد علم شهروندی در زمینه متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژی در دنیا و ایران: علم شهروندی در پژوهش‌های مربوط به تغییرات اقلیمی و هیدرولوژی اخیراً محبوبیت زیادی پیدا کرده است (Njue et al, 2019). بدین صورت که در علم شهروندی بین دانشمندان حرفه‌ای، افراد داوطلب و علاقه‌مند به همکاری‌های علمی (شیخ و همکاران، ۱۳۹۹) در بخش‌های مختلف پژوهش (طراحی پژوهش، جمع‌آوری داده، تجزیه تحلیل و تفسیر داده‌ها) همکاری مؤثری شکل می‌گیرد (Bonney et al., 2009). در این همکاری، شهروندان با استفاده از دامنه وسیعی از دستگاه‌ها و تکنیک‌ها همچون تلفن همراه، تبلت و رسانه‌های اجتماعی اطلاعات مورد نیاز را در اختیار محققان و سازمان‌های مربوطه قرار می‌دهند (سنجری و همکاران، ۱۳۹۸). علم شهروندی مفهوم جدیدی نیست (Silvertown, 2009) و از گذشته در بین مردم رایج بوده است. به‌طور کلی در حیطه پژوهش حاضر، اولین پژوهش و ابتکار عمل در ایالات متحده آمریکا و در قالب اندازه‌گیری دمای هوا و بارندگی توسط افراد داوطلب انجام شد (Lee, 1994) و هم‌چنان کاربرد آن در زمینه‌های مختلف با مقیاس، اندازه، فراوانی و سطوح مشارکتی مختلف در حال رشد است (Danielsen et al., 2005). در ایران نیز با توجه به کمبود همیشگی داده‌ها اگرچه اقدامات معدودی با عناوین پژوهش مشارکتی یا پایش مشارکتی انجام گرفته است اما هیچکدام از آن‌ها مبتنی بر برنامه کاربردی نرم‌افزاری نبوده است. از جمله پژوهش‌های

صورت گرفته در این زمینه، پایش مشارکتی منطقه جنگلی رامسر در سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۸۵ (بهمن‌پور و سخنی، ۱۳۸۹)، تعیین وضعیت سلامت رودخانه دلیچای با کمک جوامع محلی روستای مشهد فیروزکوه (حاج محمدی و همکاران، ۱۳۹۶) و پایش دما، بارش، ارتفاع رواناب و فصول زراعی با کمک آبخیزنشینان حوزه آبخیز چهل‌چای (سنجری بنستانی و همکاران، ۱۳۹۹) می‌باشد. همچنان پژوهش‌های دیگری در زمینه اکولوژی تالاب‌ها در حال انجام است که تا امروز هیچ گزارش رسمی از آن منتشر نشده است. نظر به اینکه در دهه‌های اخیر علم شهروندی بالاخص در جمع‌آوری داده‌ها در سراسر دنیا بسیار محبوب شده است و این محبوبیت در سراسر دنیا و هم‌چنین در کشور ما نیز رو به افزایش است، طراحی یک برنامه ساده کاربردی متناسب با فرهنگ و شرایط کشور ضروری به نظر می‌رسد. از این‌رو برنامه کاربردی پایش‌یار به‌منظور تسهیل جمع‌آوری داده‌های علمی شهروندی و رفع کمبود داده‌های اقلیمی و هیدرولوژی طراحی شد و معرفی می‌گردد.

مواد و روش‌ها

نحوه ایجاد و نگه‌داری برنامه‌های کاربردی علمی شهروندی: توسعه برنامه‌های کاربردی و ابزارهای دیجیتال می‌تواند یک کار پیچیده باشد. جنبه‌های زیادی وجود دارد که باید در نظر گرفته شود. نظر به اینکه محیط فناوری آنلاین به‌ویژه در بخش تلفن همراه به سرعت تغییر می‌کند، توسعه فنی، طراحی، زیرساخت سرور و به روزرسانی‌های مداوم از جمله مواردی است که باید مدنظر قرار گیرد (Rieger and Majchrzak, 2019). در این تحقیق با توجه به تجربه عملی نگارندگان، مراحل طراحی برنامه پایش‌یار به‌عنوان یک نمونه از برنامه‌های علمی شهروندی در زمینه پایش متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژی شرح داده شده است (شکل ۱).



شکل ۱- مراحل طراحی برنامه پایش‌یار به‌عنوان یک برنامه علمی شهروندی (منبع: پردازش نویسندگان از مراحل عملی طراحی یک برنامه کاربردی علم شهروندی)

جستجوی برنامه‌های علمی شهروندی مشابه در علم هواشناسی و هیدرولوژی: این مرحله از تحقیق که بصورت مطالعاتی صورت گرفت، بمنظور بررسی ساز و کار برنامه‌های مشابه انجام گرفت. بنابراین لیست برنامه‌های یافت شده، طراح، ویراستار و هدف طراحی آن‌ها مورد مقایسه قرار گرفت و برای مطالعه بیشتر به خوانندگان معرفی می‌گردد.

جستجوی کتابخانه‌ای پیرامون ملاحظات طراحی برنامه‌های علمی شهروندی: در این بخش از تحقیق که بصورت مطالعاتی و مرور منابع صورت گرفته است،

با توجه به تجربه نگارندگان، بخشی از ضروری‌ترین و بدیهی‌ترین ملاحظات در طراحی برنامه‌های علمی شهروندی جمع‌آوری و دسته‌بندی شد تا با شرح جزئیات، مدنظر محققان غیر تخصصی این حیطه با هر پیش زمینه تخصصی علمی قرار گیرد. بخشی از مهم‌ترین اصول و معیارهای طراحی برنامه علمی شهروندی در جدول ۱ ارائه شده است. جزئیات بیشتر در لمنز[1] و همکاران، ۲۰۲۱ و مزومدر[2] و همکاران، ۲۰۱۸ تشریح شده است.

جمع‌آوری آزمایشی داده‌ها از طریق فرم‌های کاغذی، تماس تلفنی و شبکه‌های مجازی: نظر به اینکه از جمله اهداف پژوهش حاضر طراحی برنامه ساده کاربردی قابل نصب بر روی گوشی‌های تلفن همراه به‌منظور تسهیل ارسال داده توسط پایش‌گران است؛ لذا در ابتدا با هدف کسب تجربه کافی از نحوه ثبت و ارسال داده‌ها، تعداد ۱۴ پایش‌گر در هفت روستای مرزی و دور افتاده استان گلستان انتخاب شد و تعدادی بارانسنج، دماسنج و اشل برای اندازه‌گیری بارش، دما و تراز سطح آب در اختیار آن‌ها قرار گرفت. در ادامه با مشورت، همفکری و همکاری پایش‌گران در نقاط منتخب روستاهای مورد نظر نصب گردید و از افراد خواسته شد تا داده‌های بارش، دما و تراز سطح آب را بسته به انتخاب خود از طریق فرم‌های کاغذی، تماس تلفنی و گروه واتساپ ارسال کنند. در نهایت پس از پنج ماه ثبت و ارسال آزمایشی، نکات و تجربیات لازم کسب شد تا در طراحی برنامه کاربردی بکار گرفته شود.

ثبت تجربیات، جمع‌بندی اصول و مطالعات: در این مرحله به جمع‌بندی تجربیات کسب شده، مشاهدات و مطالعات انجام شده پرداخته شد. در نهایت طرح کلی برنامه و هر آنچه از یک برنامه علمی شهروندی ساده انتظار می‌رفت، طرح ریزی شد تا با استفاده از یک زبان مناسب، برنامه‌نویسی شود.

جستجوی زبان برنامه‌نویسی مناسب و انتشار برنامه مورد نظر

جستجوی زبان برنامه‌نویسی مناسب: با توجه به زبان‌های برنامه‌نویسی متنوعی که در دنیا موجو است، انتخاب زبان برنامه‌نویسی مناسب برای طراحی برنامه کاربردی کمی پیچیده بنظر می‌رسد. به همین منظور فهرستی از زبان‌های برنامه‌نویسی پرکاربرد در طراحی برنامه‌های کاربردی تهیه شد و به بررسی نقاط قوت و ضعف هر یک از آن‌ها پرداخته شد.

نحوه انتشار برنامه‌ها در کافه بازار، مایکت و پلی استور: به‌منظور انتشار برنامه در فروشگاه‌های برنامه‌های اندروید نیاز است تا مالک و یا توسعه دهنده برنامه ابتدا به سایت مربوط به هر یک از فروشگاه‌های دلخواه مراجعه نماید. پس از مطالعه راهنما و یا قوانین انتشار، حساب توسعه‌دهندگی خود را بسازد. سپس برنامه خود را بارگذاری کرده و جهت بررسی ارسال نماید. پس از آن فروشگاه مورد نظر با بررسی محتوای برنامه، حفظ حریم‌شخصی کاربران، حقوق مالکیت و مجوزهای لازم، بصورت رایگان و یا دریافت حق اشتراک سالیانه اقدام به انتشار برنامه مورد نظر می‌کند. البته تا قبل از کسب مجوزهای لازم و انتشار برنامه در فروشگاه‌های اندروید، برنامه‌ها به صورت انتشار شخصی قابل استفاده خواهد بود و تنها در صورت نیاز به دسترسی عموم نیاز به اجرای این مرحله است.

بررسی کارایی و ضرورت طراحی برنامه‌های علمی شهروندی: در این بخش از تحقیق داده‌های جمع‌آوری شده توسط برنامه و سایر روش‌ها مورد مقایسه قرار گرفتند. به‌طوری که تأثیر این برنامه بر روی پنج مؤلفه نقصان گزارش‌ها، زمان تأخیر در ارسال گزارش‌ها، عملکرد پایش‌گران، نوع داده‌های ارسالی و در آخر تأثیرات کلی آن بر جمع‌آوری داده‌ها بر شمرده شد.

نتایج و یافته‌های تحقیق

معرفی برنامه‌های علمی شهروندی مشابه در علم هواشناسی و هیدرولوژی: تاکنون برنامه‌های علمی شهروندی بسیاری به صورت تجاری و یا رایگان در سراسر دنیا طراحی شده‌اند. به‌طوریکه سوابق اولین

1. Lemmens
2. Mazumdar

برنامه‌های طراحی شده به همان روزهای اولیه روی کار آمدن تلفن همراه باز می‌گردد (Hockey et al, 2005). برنامه‌های تولید شده در زمینه‌های متنوعی از قبیل اکولوژی، حفاظت محیط زیست، پرنده‌نگری، هشدار سیل و سایر خطرات طراحی شده‌اند و تقریباً در تمامی زمینه‌های علمی گسترش یافته‌اند (Haupenthal and Fischer-Stabel, 2023). برخی از برنامه‌های تلفن همراه علوم شهروندی مرتبط با هواشناسی و هیدرولوژی در جدول ۱ نمایش داده شده است. جستجو و مقایسه برنامه‌های علمی شهروندی با موضوعیت مشابه در شکل‌گیری ایده اولیه برنامه مورد نظر بسیار مؤثر واقع شد.

اصول طراحی برنامه‌های علمی شهروندی: هر محقق علمی شهروندی که تحقیقات خود را نیازمند طراحی یک برنامه کاربردی می‌داند، لازم است اصولی را بداند و در طراحی و تهیه برنامه کاربردی مورد نظر به‌کار بندد. اصول نظری جمع‌آوری شده در جدول ۲ ارائه شده است و به شرح جزئیات آن پرداخته شده است.

جدول۱- برخی از برنامه‌های تلفن همراه علوم شهروندی مرتبط با مطالعات اقلیمی و هیدرولوژی

نام برنامه	ویراستار	هدف
Crowdwater	دانشگاه زوریخ (سوئیس)	تراز سطح آب
MeinPegel	مراکز سیل آلمان	تراز سطح آب
MeteoSwiss	اداره فدرال هواشناسی و اقلیم شناسی سوئیس	سرویس هواشناسی
PegelAlarm	شرکت اطلاعات آب و خدمات هشدار دهنده در اروپا[1]	تراز سطح آب
RiverApp	فلورین بسی‌یر[2]	تراز سطح آب
WarnWetter	سرویس هواشناسی آلمان	سرویس هواشناسی
CrowdHydrology	مرکز CMVS[3] و واحد WE3[4] در دانشگاه Oulu، فنلاند با همکاری پروژه خط آبی اتحادیه اروپا	تراز سطح آب

جدول۲- مهم‌ترین معیارهای طراحی برنامه‌های علمی شهروندی

شماره	ویژگی	توضیحات
۱	کیفیت بصری	ظاهر برنامه از قبیل لوگو، نام، برند تجاری، رنگ‌ها، جمله‌ها (Rüfenacht et al, 2021) باید به گونه‌ای طراحی و انتخاب شود تا موجب تحریک کنجکاوی هرچه بیشتر مردم برای شرکت در پروژه‌های علمی شهروندی شود.
۲	استفاده از پلتفرم‌ها	اگر ویژگی‌های مورد نیاز در طراحی برنامه مورد نظر منحصربه‌فرد یا بسیار تخصصی باشند، پروژه نیاز به توسعه برنامه‌های کاربردی مستقل دارد. اما اگر ویژگی‌های مورد نیاز در زمینه دانش شهروندی نسبتاً رایج باشد، پلتفرم‌هایی موجود هستند که علاوه بر عملکردهای دلخواه، تعمیر و نگهداری برنامه را ارائه می‌دهند. از جمله پلتفرم‌های نمونه در زمینه علوم شهروندی iNaturalist، Natusfera، Citsci.org و Zooniverse می‌باشد (مطالعه بیشتر در مزومدر و همکاران، ۲۰۱۸).
۳	هم‌آفرینی در رویدادهای هکاتون	گاهی اوقات نیز می‌توان برای ایجاد نسخه‌های آزمایشی برنامه‌ها و توسعه عملکردهای تخصصی برنامه از هکاتون‌ها استفاده کرد. هکاتون‌ها رویدادهایی هستند که در آن جمعی از برنامه‌نویسان، نرم‌افزاری را ایجاد می‌کنند که می‌تواند به‌طور گسترده‌تری مورد استفاده قرار گیرد. چرا که به‌طور همزمان، بسیاری از برنامه‌ها عملکردهای مشابهی دارند و نیاز به قابلیت همکاری وجود دارد تا برای تولید برنامه دلخواه زمان کمتری صرف شود.
۴	طراحی رابط کاربری	طراحی ظاهری یک برنامه علمی شهروندی برای جذب مشارکت، انگیزه‌بخشی و هم‌چنین تولید

1. SOBOS GmbH
2.Florian Bessière
3.Center of Machine Vision and Signal Processing
4.Water, Energy and Environmental Engineering

شماره	ویژگی	توضیحات
		داده‌های با کیفیت بسیار مهم است. برنامه‌های مدرن باید طرح‌بندی واضح و ساختار یافته و قابلیت‌های به‌هم‌پیوسته داشته باشند که این موارد معمولاً در رابط کاربری ارائه می‌شوند. یک رابط کاربری حتی‌الامکان باید ساده و قابل فهم باشد چرا که کاربران این برنامه‌ها از تمامی گروه‌های سنی، شغلی و تحصیلی می‌باشد. بنابراین یک ساختار بصری مناسب، مشارکت را تسهیل می‌کند و خطاهای ورودی داده را کاهش می‌دهد.
۵	انگیزه مشارکت کننده‌گان	درک کاربران هدف و نیازها و خواسته‌های آن‌ها بسیار مهم است چرا که تأثیر قابل توجهی بر انگیزه شرکت کنندگان دارند. بسته به شرکت کنندگان و جامعه کاربری، ویژگی‌های برنامه می‌تواند به حفظ انگیزه بلند مدت کمک کند. برای رسیدن به این هدف، نیاز است تا بروز رسانی‌های مداوم صورت گیرد. این شامل بروزرسانی‌های امنیتی و حفاظت از حریم خصوصی دائمی است. بعلاوه بازی‌وارسازی می‌تواند یک رویکرد معتبر برای پروژه‌های علمی شهروندی خاص باشد. انگیزه مشارکت را می‌توان با به‌کارگیری انگیزه‌های مالی که در بخش بعد توضیح داده می‌شود و هم‌چنین عناصر بازی‌مانند و دعوت به رقابت بین کاربران تقویت کرد (Bowser et al., 2013).
۶	زیرساخت‌های حمایتی	زیرساخت‌های فنی مورد نیاز برای اجرای برنامه‌های علمی شهروندی نیز باید در نظر گرفته شود. به دلیل تعامل، امنیت داده‌ها و عملکرد سرورها هر دو جزء زیرساخت‌های ضروری هستند و حفاظت از داده‌های شخصی کاربران را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. همه چیز، از میزبانی داده تا سرورهای نقشه، باید بر روی زیرساخت میزبان حرفه‌ای اجرا شود (Liu et al., 2021). اگر خدمات رایگان ارائه شده توسط شرکت‌های تجاری در پروژه‌های علمی شهروندی مورد استفاده قرار گیرد، ممکن است درگیری‌های قابل توجهی رخ دهد. بنابراین این خدمات رایگان مانند فرم‌های آنلاین، نقشه‌ها و حتی ابزارهای تحلیلی می‌تواند به صورتی در اختیار مشارکت کننده‌گان قرار گیرد که با پول پرداخت نمی‌شوند، بلکه با داده‌های شخصی کاربران که برای پروفایل و تبلیغات هدفمند استفاده می‌شوند و هم‌چنین تعداد دفعات مشارکت برای ارسال دادها توسط شهروندان پرداخت شود.
۷	آزمایش	پس از فرایندهای طراحی و توسعه برنامه، مهم است که برای آزمایش گسترده و رفع اشکال برنامه‌ریزی‌هایی صورت گیرد. این آزمون‌ها می‌تواند هنگام راه‌اندازی برنامه و یا بروزرسانی منظم برنامه اعمال شود. توسعه نرم‌افزار تلفن همراه با محیطی که به سرعت در حال تغییر است سروکار دارد و نرم‌افزار باید بتواند مانند برنامه‌ها به‌طور مداوم با آن محیط سازگار شود. برنامه‌ریزی برای نگه‌داری به‌ویژه هنگام ایجاد برنامه‌های مستقل مهم است. اما در پلتفرم‌های برنامه‌های علمی شهروندی، این سیستم معمولاً قبلاً ایجاد شده است و عملکرد موفقیت‌آمیز آن در سایر برنامه‌های علمی شهروندی عمومی ثابت شده است.
۸	نگهداری	چرخه عمر نرم‌افزارهای آنلاین و به‌ویژه برنامه‌های تلفن همراه کوتاه است و معمولاً به‌جای ماه‌ها، هفته‌ها اندازه‌گیری می‌شود. برای جلوگیری از منسوخ شدن و غیرقابل استفاده شدن یا از دست دادن عملکرد برنامه‌های علوم شهروندی، به توسعه مداوم و بروز رسانی منظم نیاز است. در طراحی برنامه‌های مستقل، هزینه‌های زمان اجرا می‌تواند به راحتی از هزینه‌های توسعه فراتر رود اما در پلتفرم‌های برنامه‌های علم شهروندی، بروز رسانی‌های برنامه معمولاً به‌طور خودکار ارائه می‌شوند.

معرفی پرکاربردترین زبان‌های برنامه‌نویسی اندروید: سیستم‌های عامل اندروید (با مالکیت شرکت گوگل)، iOS (با مالکیت شرکت اپل) از محبوب‌ترین سیستم عامل‌های تلفن همراه هستند. سیستم عامل اندروید با در اختیار داشتن سهم ۷۰ درصدی از بازار برنامه‌های کاربردی تلفن همراه به نوعی جایگاه خود را در این صنعت به‌طور کامل تثبیت کرده است (Mobilecellphone, 2023). به دلیل سهم بالای برنامه‌های کاربردی اندروید در بازار، این برنامه‌ها رکن اساسی در برنامه‌نویسی برنامه‌های کاربردی تلفن همراه به حساب می‌آید.

جدول۳- برخی از پرکاربردترین زبان‌های برنامه‌نویسی اندروید و مزایا و معایب آن‌ها

برنامه	مزایا	معایب
Java (جاوا)	• پرکاربردترین و قدیمی‌ترین زبان برنامه‌نویسی اندروید (زبان رسمی اندروید-ظهور از سال ۱۹۹۵ میلادی) • دومین زبان فعال درGitHub با بیش از ۲۰ سال سابقه • وجود آموزش‌های فراوان برای این برنامه • نوشته شدن غالب برنامه‌های موجود در فروشگاه‌های اندرویدی به این زبان	• جاوا قدیمی است، برخی از خصوصیات و ظرافت‌های زبان‌های جدید را ندارد. • مصرف حافظه بیشتر نسبت به سایر زبان‌های برنامه‌نویسی بومی نظیر C و C^{++} • دشوار بودن درک و خواندن کدهای نوشته شده به زبان جاوا به دلیل داشتن کلمات و جملات پیچیده و طولانی
Kotlin (کاتلین)	• دومین زبان رسمی برنامه‌نویسی اندروید • تعامل‌پذیری بالا با زبان جاوا • قرار دادن بهترین خصوصیات جاوا بدون نقاط ضعف آن در اختیار کاربران • رایگان و متن‌باز[1]	• جوان بودن (ظهور در سال ۲۰۱۱ و کاربرد همگانی در سال ۲۰۱۶ به بعد) • محدود بودن منابع یادگیری • کم بودن تعداد متخصصان کاتلین نسبت به جاوا به دلیل نوظهور بودن آن
Python (پایتون)	• زبان برنامه‌نویسی سطح بالا و همه منظوره • بالا بودن خوانایی کدهای نوشته شده • ساده بودن درک کدها • مناسب افراد مبتدی • قابلیت تعامل بسیار بالا با بسیاری از زبان‌ها	• کند بودن پایتون به دلیل اجرای خط به خط و متوالی کدها • نیازمندی لایه‌های دسترسی به پایگاه داده پایتون به توسعه بیش‌تر در مقایسه با فناوری‌های محبوب‌تری نظیر «اتصال پایگاه داده باز» و «اتصال پایگاه داده جاوا»
C^{++} (سی پلاس پلاس)	• عدم قابلیت اجرا بر روی ماشین مجازی جاوا • اجرای مستقیم کدها در دستگاه اندروید • اعمال کنترل بیشتر و بهتر برنامه‌نویس با تخصیص حافظه • صرفه‌جویی در زمان با امکان استفاده مجدد از کدها • مقیاس‌پذیری قابل توجه (قابل استفاده در مقیاس‌های بزرگ و حتی کوچک)	• پیچیدگی‌های بیشتر نسبت به جاوا و کاتلین و در نتیجه ایجاد باگ‌های بیشتر • دشوار بودن دسترسی به این زبان در مقایسه با سایر زبان‌ها • پیچیده بودن برای افراد مبتدی * بهتر است که این زبان برای برنامه‌نویسی اندروید انتخاب نشود چرا که دلایل کافی برای جایگزینی جاوا و کاتلین با این برنامه وجود ندارد.
C# (سی‌شارپ)	• شباهت بسیار زیاد به جاوا اما مدرن‌تر از آن • ساده و در عین حال قدرت‌مند • زبانی سطح بالا و نزدیک به زبان انسان • راحت بودن درک کدهای آن نسبت به جاوا	• وابسته بودن اجرای آن بر روی سیستم عامل‌ها و پلتفرم‌های مختلف به منابع دات نت[2] • کارایی نداشتن آن برای انجام کارهای سطح پایین در اندروید
Dart (فلاتر)	• قابلیت توسعه کد مبنا در در این زبان هم برای سیستم عامل iOS و هم اندروید • ساده بودن یادگیری آن تنها با داشتن دانش اولیه از برنامه‌نویسی • کدباز بودن آن • اجرای سریع‌تر کدها نسبت به جاوا • بهترین انتخاب برای ساخت و طراحی در مدت زمان کوتاه	• جدید و نوظهور بودن آن • بزرگ نبودن جامعه پشتیبانی آن و در دسترس نبودن منابع یادگیری • پایین بودن میزان استفاده از دارت در بین برنامه‌نویسان نسبت به سایر زبان‌های برنامه‌نویسی

* برای ساخت برنامه کاربردی اندروید با استفاده از این زبان، از چهارچوب فلاتر استفاده می‌شود.

1. Open Source
2. ".net"

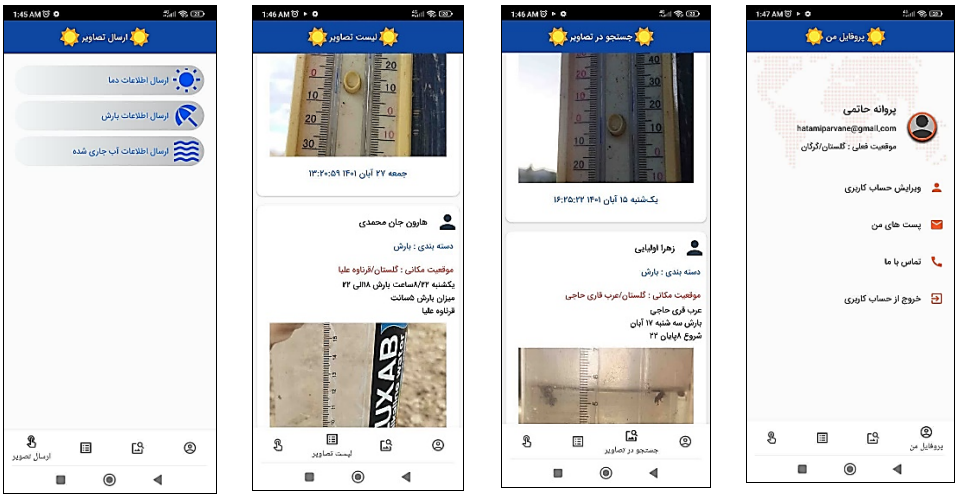
اولین گام ورود به این شاخه پر سود و در حال رشد برنامه‌نویسی، شناخت بهترین زبان برنامه‌نویسی اندروید است. بنابراین به منظور انتخاب بهترین زبان برنامه‌نویسی اندروید، علاقه‌مندی، توانمندی‌های شخصی، نیاز فعلی و تجربه‌های قبلی برنامه‌نویسی اهمیت بسزایی دارد (Emizent, 2023). بنابراین با توجه به شرایط و وضعیت‌های مختلف، هر یک از زبان‌های معرفی شده در این مطلب به نوعی می‌تواند بهترین زبان برنامه‌نویسی اندروید محسوب شود. برخی از مهم‌ترین زبان‌های برنامه‌نویسی اندروید که در اکثر منابع به آن‌ها اشاره شده در جدول ۳ نمایش داده شده است. در این جدول سعی شد به عمومی‌ترین ویژگی‌های این برنامه‌ها پرداخته شود. منابع قابل معرفی برای مطالعه بیشتر امایزنت[3]، ۲۰۲۳؛ اندرویداوتوریتی[4]، ۲۰۲۳ و دیزاین‌ولوپر[5]، ۲۰۲۳ می‌باشد.

جمع‌آوری داده‌ها از طریق فرم‌های کاغذی، تماس تلفنی و شبکه‌های مجازی: در این پژوهش با وجود اینکه پایش‌گران در انتخاب روش ارسال داده حق انتخاب داشتند، جمع‌آوری داده‌ها از طریق فرم‌های کاغذی با استقبال چندانی مواجه نشد به‌طوریکه حتی یک نفر هم از فرم‌های کاغذی استفاده نکرد. تنها یک نفر از پایش‌گران برای ارسال داده‌های خود از روش تماس تلفنی و پیامک استفاده می‌کرد. این شخص اذعان داشت که معمولاً در زمان وقوع بارش سرعت اینترنت بسیار کند بوده و برای ارسال عکس‌ها با مشکل مواجه بوده است؛ بنابراین تماس تلفنی و پیامک برای ارسال داده‌ها بهترین انتخاب او بوده است. از معایب این روش، فراموشی ارسال داده توسط پایش‌گران بود. تقریباً همه پایش‌گرانی که در ارسال داده‌ها حضور فعال و نیمه فعال داشتند، داده‌های خود را از طریق واتساپ و در گروه‌های واتساپی (متشکل از دو گروه مجزا برای خانم‌ها و آقایان) ارسال می‌کردند. به گفته خود افراد از مزایای حضور در گروه واتساپ، یادآوری برای ثبت و ارسال داده با مشاهده گزارش‌های سایر افراد بود. چرا که فراموشی از چالش‌هایی بود که در شروع کار و ثبت گزارش‌های آزمایشی، غالب افراد با آن مواجه بودند. از دیگر مزایای گروه واتساپی، ایجاد یک جو صمیمی و دوستانه بود که پایش‌گران سؤالات خود را به اشتراک گذاشته و تیم پژوهشی، پاسخ سؤالات و آموزش‌های لازم را در حین کار برای پایش‌گران ارسال می‌کردند. با این حال از معایب این روش، از دست رفتن برخی از داده‌های ارسالی پایش‌گران بود. هم‌چنین همه افراد به دلایل شخصی، خود را موظف به ارسال داده‌ها در گروه واتساپ نمی‌دانستند بنابراین استفاده از این روش برای ارسال داده‌ها علاوه‌بر بی‌نظمی و ارسال ناقص داده‌ها توسط پایش‌گران، موجب پراکندگی داده‌های ارسالی و دشوار شدن جمع‌بندی آن‌ها توسط تیم پژوهشی می‌شد.

طراحی و معرفی برنامه پایش‌یار و کاربردهای آن: برنامه پایش‌یار، به‌عنوان یک برنامه ساده کاربردی مستقل برای ارسال سه متغیر بارش، دما و تراز سطح آب توسط نگارندگان طراحی شد و در تاریخ خرداد، ۱۴۰۱ مورد استفاده کاربران علوم شهروندی منتخب قرار گرفت. به طوریکه در طول دوره تحقیق تعداد هفت پایش‌گر در مدت هشت ماه به ارسال داده از طریق این برنامه پرداخته‌اند. دسترسی به این برنامه تنها از طریق ارسال خصوصی توسط نگارندگان امکان‌پذیر است. طراحی این برنامه کاربردی با زبان برنامه‌نویسی جاوا و از طریق نرم‌افزار android studio 2021.1.1 انجام شد. این برنامه قابلیت نصب بر روی گوشی‌های اندروید نسخه هفت و بالاتر از آن را داراست. چهار صفحه مجزا در طراحی این برنامه درنظر گرفته شده است (شکل ۲). صفحه "پروفایل کاربری" قابلیت ثبت اطلاعات مربوط به پایش‌گر همچون نام و نام خانوادگی، ثبت و تغییر موقعیت مکانی، نمایش و حذف پست‌های شخصی پایش‌گر را داراست. صفحه "ارسال داده"، امکان انتخاب تصاویر مربوط به بارش، دما و تراز سطح آب به همراه ثبت فیلد متنی فراهم شده است. استفاده از فیلد متنی را

3. Emizent
4. Androidauthority
5. Designveloper

می‌توان طوری تنظیم کرد که حاوی اطلاعات اضافی باشد. پست‌های ارسال شده در این صفحه با جزئیات مربوط به پست همچون نام پایش‌گر، موقعیت مکانی پایش‌گر، تاریخ و ساعت ارسال پست بصورت خودکار و توضیحات دست‌نویس در صفحه "لیست تصاویر" قابل مشاهده است. صفحه "جستجو در تصاویر" نیز جستجو در پست‌های ارسالی را بر اساس دسته‌بندی (دما، بارش و تراز سطح آب) مهیا می‌کند.

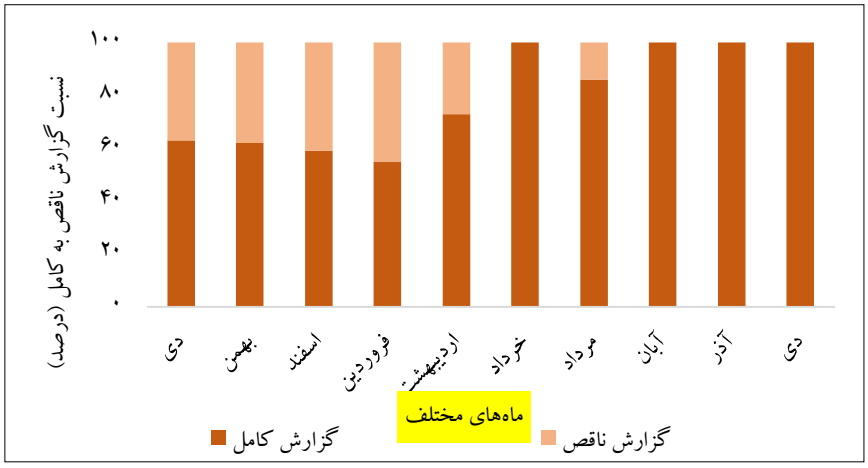


الف) پروفایل کاربری ب) جستجو در تصاویر ج) لیست تصاویر د) صفحه ارسال داده

شکل ۲- صفحات مختلف برنامه کاربردی پایش‌یار

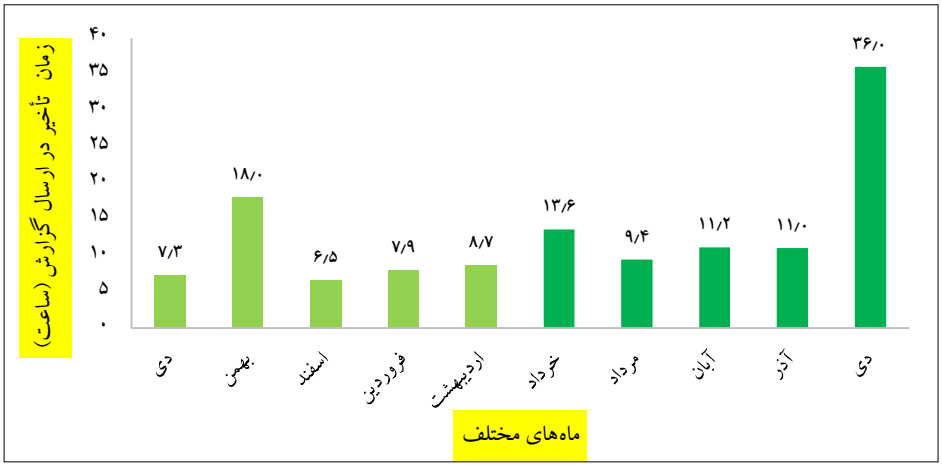
بررسی اثرات و کارایی برنامه پایش‌یار در جمع‌آوری داده‌های شهروندی: با وجود روش‌های بی‌شمار جمع‌آوری داده در رویکردهای شهروند مبنا، دلایل طراحی برنامه‌های کاربردی نیازمند تحلیل و بررسی است. به همین منظور در این تحقیق به ثبت و تحلیل تجربیات نگارندگان از یک پژوهش علمی شهروندی با جمع‌آوری داده‌های بارش، دما و تراز سطح آب به روش‌های مختلف پرداخته شد. در ادامه به ارائه تجربیات و نتایج کسب شده از داده‌های جمع‌آوری شده از طریق برنامه پایش‌یار به‌عنوان یک برنامه کاربردی علمی شهروندی پرداخته شد. بنابراین اثرات و کارایی این برنامه از ابعاد مختلف تحلیل و ارائه شده است.

تأثیر برنامه پایش‌یار بر رفع نقصان گزارش‌های ارسالی: با توجه به این‌که در گزارش‌های مربوط به بارش نیاز است تا ساعت شروع و پایان بارش قید شود، در این بخش از تحقیق دریافت گزارش کامل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین به‌منظور بررسی اثر برنامه پایش‌یار بر نقصان گزارش‌های ارسالی، گزارش‌های مربوط به داده‌های بارش مورد بررسی قرار گرفت. منظور از گزارش کامل، گزارشی است که ساعت شروع و اتمام بارش و یا تاریخ کلی رویداد بارش موجود باشد. بنابراین هر گزارشی که این موارد به‌طور کامل قید نشده باشد، بعنوان گزارش ناقص درنظر گرفته شده است. همانطور که در شکل۳ قابل مشاهده است، از خردادماه ۱۴۰۱ که برنامه در اختیار پایش‌گران قرار گرفته است، نقصان گزارش‌های ارسالی رو به بهبودی است. با این‌حال در مردادماه نقصان‌هایی موجود است که با بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد این نقصان مربوط به گزارش‌های فردی است که تا قبل از در اختیار داشتن برنامه، همکاری خود را بطور کامل قطع کرده بود. با این‌حال پس از دریافت برنامه مجدداً اقدام به ارسال گزارش کرده‌است اما متأسفانه این گزارش‌ها به صورت ناقص ارسال شده‌اند. لازم به ذکر است در مناطق مورد پایش در طی ماه‌های تیر، شهریور و مهر رخداد بارشی مشاهده نشده است و به تبعیت از آن، در این ماه‌ها هیچ گزارش شهروندی دریافت نشده است.



شکل۳-مقایسه درصد گزارش‌های کامل و ناقص در ماه‌های مختلف سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱ قبل و بعد از در اختیار قرار گرفتن برنامه پایش‌یار

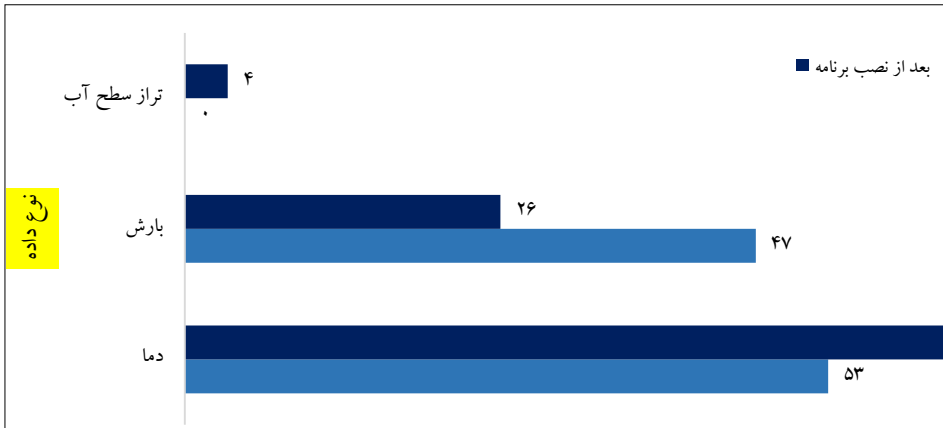
تأثیر برنامه پایش‌یار بر ارسال بموقع داده‌ها: از جمله اهداف طراحی این برنامه، استفاده از داده‌های بهنگام هواشناسی و هیدرولوژی شهروندی در شبیه‌سازی و هشدار سیل است. بنابراین تا قبل از بررسی زمان تأخیر گزارش‌های ارسالی (فاصله زمانی بین پایان یافتن بارش تا زمان ارسال گزارش‌ها)، تصور بر این بود که میانگین زمان تأخیر گزارش‌های ارسالی پس از نصب برنامه (خردادماه) کاهش یابد. با این حال همان‌گونه که در شکل ۴ قابل مشاهده است، در این خصوص اثر قابل توجهی مشاهده نمی‌شود. با این‌حال زمان تأخیر در دی‌ماه به شدت افزایش یافته است که با توجه به اظهارات پایش‌گران، این تأخیر به مشکلات ناشی از فیلترینگ، قطع و اتصالات نامنظم اینترنت در آن ماه نسبت داده می‌شود. لازم به ذکر است که زمان تأخیر تنها به روش جمع‌آوری داده‌ها بستگی ندارد و مسائلی از قبیل دغدغه‌های شغلی پایش‌گران، حضور و عدم حضور در روستا و مسائل بسیار زیادی وابسته است که نیازمند بررسی‌های بیش‌تر می‌باشد. بنابراین نیاز است تا در تحقیقات آتی این موضوع و دلایل بروز و رفع آن به نحو جدی‌تری برررسی گردد.



شکل۴- اثر برنامه پایش‌یار در ارسال بموقع گزارش‌های شهروندی (سبز کم‌رنگ میانگین زمان تأخیر گزارش‌های ارسالی قبل از نصب برنامه و سبز پر رنگ زمان تأخیر گزارش‌های ارسالی پس از نصب آن را نشان می‌دهد.)

تأثیر برنامه پایش‌یار بر عملکرد شخصی افراد: به‌منظور بررسی کارایی این برنامه بر عملکرد افراد، سه نفر از افراد با ویژگی‌های منحصر به فرد انتخاب شدند و مورد بررسی قرار گرفتند. نفر اول شخصی که به‌طور منظم گزارش‌های بارش را ارسال می‌کرد و نزدیک به ۹۵ درصد مواقع گزارش‌های کاملی را ارسال می‌کرد. در ادامه و پس از نصب برنامه، درصد گزارش‌های ناقص این شخص به صفر رسید و تمامی گزارش‌های دریافت شده از جانب ایشان بصورت کامل دریافت شده است. نفر دوم شخصی که به‌طور تقریبی مشارکت فعالی داشته و با این‌حال گزارش‌های ناقص و با زمان تأخیر زیاد ارسال می‌کرد که پس از نصب برنامه ۱۰۰ درصد گزارش‌های این شخص کامل شد و زمان تأخیر این شخص در ارسال گزارش‌ها، از چندین روز به چندین ساعت تقلیل یافت. نفر سوم شخصی بود که به‌طور کامل همکاری خود را قطع کرده بود و همانطور که در بخش نقصان داده‌ها توضیح داده شد، پس از دریافت برنامه پایش‌یار مجدداً مشارکت خود را آغاز کرد.

تأثیر برنامه پایش‌یار بر نوع داده‌های ارسالی (دما، بارش و تراز سطح آب): مطابق با تجربه کسب شده در این تحقیق، قبل از دسترسی پایش‌گران به برنامه پایش‌یار، میزان تمایل و همکاری پایش‌گران در ارسال داده‌های بارش بیش از داده‌های دما و تراز سطح آب بود. به‌طوریکه قبل از نصب برنامه باوجود طولانی بودن دوره پایش، هیچ گزارشی از تراز سطح آب ارسال نشده بود و گزارش‌های ارسالی دما تقریباً با داده‌های بارش برابر بودند. شکل ۵ تغییرات گزارش‌دهی در خصوص سه پارامتر دما، بارش و تراز سطح آب را به خوبی به تصویر کشیده است. لازم به ذکر است که کاهش درصد گزارش‌های داده بارش پس از نصب برنامه تنها به‌دلیل تغییر تناسب سایر داده‌ها است و به‌منزله کاهش تعداد گزارش‌های ارسالی نمی‌باشد.



شکل۵- مقایسه نسبت گزارش‌های بارش، دما و تراز سطح آب قبل و بعد از نصب برنامه پایش‌یار

مزایای کلی برنامه پایش‌یار در جمع‌آوری داده‌ها: پس از ثبت و ارسال داده‌ها از طریق برنامه پایش‌یار توسط پایش‌گران به مدت تقریباً هشت ماه از خردادماه ۱۴۰۱ تا دی‌ماه ۱۴۰۱، تجربیاتی کسب شد که به شرح زیر است.

- یکپارچه‌سازی داده‌های ارسال شده توسط شهروندان در یک آرشیو واحد و ایمن
- نظم گرفتن دسته‌بندی داده‌های ارسال شده و دسترسی آسان به آن‌ها به تفکیک موضوع و تاریخ
- حفظ داده‌ها و به حداقل رساندن احتمال از دست رفتن داده‌ها
- پشتیبان‌گیری و قابلیت بازیابی داده‌ها
- تسهیل قرائت و ثبت گزارش داده‌ها برای کاربران با ارسال تصویر ادوات اندازه‌گیری و درج خودکار تاریخ، ساعت، نام فرستنده و مکان ثبت داده‌های ارسالی (امکان تدقیق خطاهای سهوی احتمالی در درج ارقام با مقایسه نظیر به نظیر با تصاویر ارسالی)

- تسهیل ثبت و جمع‌بندی داده‌های ارسال شده توسط تیم پژوهشی
- فراهم شدن امکان ارسال بموقع داده‌ها توسط شهروندان و دریافت سریع آن توسط تیم پژوهشی
- امکان اصلاح بموقع داده‌های ارسال شده توسط محقق

معایب و محدودیت‌های کلی برنامه پایش‌یار در جمع‌آوری داده‌ها: حذف برخی از پایش‌گران پس از نصب برنامه به دلیل ترس از پذیرش فناوری‌های جدید

- عدم تعامل کلامی و کاهش ارتباط بین محقق و شهروند (این قابلیت قبلاً از طریق واتساپ و یا سایر برنامه‌های کاربردی با قابلیت چت مهیا بود.)
- عدم دریافت بازخورد و کسب انگیزه برای شهروند دانشمندان
- عدم امکان بارگذاری فیلم

چالش‌های برنامه پایش‌یار: چالش‌هایی که برنامه پایش‌یار به‌عنوان یک برنامه علمی شهروندی با آن مواجه است به شرح زیر است:

- نیازمندی به بروزرسانی سریع
- فیلتراسیون و اعمال اثرات قطع و وصل شدن اینترنت و اثرات منفی آن بر انگیزه مشارکت‌کنندگان و در نتیجه کاهش و یا عدم ارسال داده توسط آن‌ها
- مقاومت برخی از شهروندان در استفاده از تلفن همراه و برنامه‌های جدید برای ثبت و ارسال داده
- سرعت کم اینترنت و عدم آنتن‌دهی مناسب برای برخی نقاط دور افتاده و دوردست
- هزینه‌بر بودن ارسال داده برای شهروندان و عدم دسترسی دائمی پایش‌گران به اینترنت

به‌طورکلی از بررسی چالش‌ها، مزایا و معایب این برنامه می‌توان چنین برداشت کرد که یک برنامه تلفن همراه با طراحی خوب، جریان اطلاعات را از کاربران به پایگاه‌های اطلاعاتی و درنهایت به محققین مربوطه را تسهیل می‌کند و به نظر می‌رسد برای حفظ بلندمدت پروژه‌های نظارتی مبتنی بر علم شهروندی ضروری است (به‌ویژه اگر پلتفرم سرگرم‌کننده، با پشتیبانی خوب و رایگان برای استفاده داشته باشد). به‌هرحال مسیرهای ارسال داده به پروژه‌های علمی شهروندی زمینه‌ای است که به پژوهش‌های بیشتری نیاز دارد.

آینده‌نگری برنامه‌های علمی شهروندی و پایش‌یار با توجه به فناوری‌های جدید: روی کار آمدن تکنولوژی‌های نوین، پروژه‌های علمی شهروندی را قادر سازد تا مولدتر باشند و فعالیت‌های مشارکتی را ساده‌تر کنند (Lemmens et al., 2021). از جمله این تکنولوژی‌ها، توانایی افزایش جمع‌آوری داده‌ها از طریق حسگرهای جدید (Plageras et al., 2018)، افزایش تعامل و مشارکت کاربران از طریق بازی‌وارسازی[6] (Antoniou and Schlieder, 2014)، بهبود و مدیریت کیفیت داده‌ها از طریق الگوریتم‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی (Zhang et al., 2018) و ایجاد محیط‌های مشارکتی بیشتر با استفاده از رویکرد شبکه‌های اجتماعی (Liao et al., 2015) می‌باشد. به‌طور کلی، در سطح جهانی، پروژه‌های علمی شهروندی حجم زیادی از داده‌ها را جمع‌آوری می‌کنند و در شرایطی که با حجم عظیمی از داده‌ها روبرو هستیم هوش مصنوعی و یادگیری ماشین می‌توانند مزایای قابل‌توجهی را ارائه دهند. از جمله توانایی‌های این فناوری می‌توان به طبقه‌بندی مشاهدات، بررسی کیفیت داده‌ها، پیشنهاد معقول‌ترین انتخاب، تصحیح داده‌های شطرنجی از طریق حذف نویز (Wolterink et al., 2017)، تکمیل داده‌های از دست رفته (Turabieh et al., 2018)، شناسایی نقاط پرت و ناهنجاری در مجموعه داده‌ها اشاره کرد (Zhou and Paffenroth, 2017). هم‌چنین همکاری هوش مصنوعی و یادگیری ماشین می‌تواند موجب ارتقای تعامل کاربران، افزایش اثربخشی پروژه‌ها و برنامه‌های علمی شهروندی، بهبود کیفیت کلی داده‌ها، کمتر شدن احتمال بروز خطا (Antoniou and Potsiou, 2020)، تسهیل وظایف، افزایش قابلیت استفاده از پروژه‌ها و تشویق ذی‌نفعان شود. در عین حال قادر است تا نیروی انسانی را برای ورود به کارهایی که نیازمند ورود انسان است آزاد کند (Lemmens et al., 2021). با این حال معرفی هوش

6. Gamification

مصنوعی و یادگیری ماشین در پروژه‌های علمی شهروندی نمی‌تواند جایگزین انسان شود. این فناوری‌ها به دلایل مختلف از جمله نابالغی زمینه‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین (Gilmer et al., 2018) هنوز در فرایند تصمیم‌گیری خود برای ارائه شهود، تخیل و استدلال نیازمند انسان هستند و کاربرد آن‌ها به تنهایی امکان‌پذیر نیست (Heaven, 2019).

در خصوص برنامه پایش‌یار نیز لازم به ذکر است که در حال حاضر نسخه اولیه برنامه پایش‌یار (۱،۱) طراحی شده و در دوره کوتاهی توسط تعداد هفت پایش‌گر برای جمع‌آوری متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژی مورد استفاده قرار گرفته است. بنابراین پس از کسب بازخوردهای گوناگون نیازمند توسعه بیشتر با توانمندی‌های بیشتر خواهد بود. هم‌چنین این برنامه کاربردی برای سایر موضوعات پژوهشی مشابه که نیازمند جمع‌آوری حجم زیادی داده توسط جوامع محلی در مقیاس‌های مکانی و زمانی وسیع باشد، قابل توسعه می‌باشد. البته در صورت افزایش بسیار زیاد تعداد کاربران نیاز است تا قابلیت‌های دیگری نظیر یادگیری ماشین و هوش مصنوعی به آن اضافه شود چرا که در غیر این صورت رفع خطا، تجزیه و تحلیل، نظارت و دسته‌بندی داده‌ها برای کاربر و تیم پژوهشی دشوار خواهد بود.

نتیجه‌گیری کلی

همانطور که علم شهروندی تکامل یافته است، فناوری‌های جدید ظهور کرده‌اند تا شهروندان و جوامع را قادر سازد به روش‌های مختلف به علم شهروندی کمک کنند (Mazumdar et al, 2018). بنابراین پروژه‌های علمی شهروندی که تلاش می‌کنند داده‌های ارزان و مقرون به صرفه را از افراد با پیشینه‌های مختلف جمع‌آوری کنند، نیازمند طراحی و کاربرد فناوری با کاربری آسان است (Lee et al, 2020). با توجه به دسترسی عموم مردم به فناوری‌های تلفن همراه، ارائه و دریافت محتوا از طریق تلفن‌های همراه، فرصتی عالی را برای پروژه‌های علمی شهروندی فراهم می‌کند تا شرکت‌کنندگان را در هر مکان و زمانی حتی در هنگام سفر، درگیر کنند (Mazumdar et al, 2018). توسعه برنامه‌های کاربردی قابل نصب بر روی تلفن‌های همراه کار پیچیده‌ای است و در طی آن جنبه‌های زیادی وجود دارد که باید مدنظر طراحان قرار گیرد. از جمله آن‌ها توسعه فنی، طراحی، زیرساخت سرور، به‌روز رسانی‌های مداوم و محیط فناوری آنلاین است که به سرعت در حال تغییر است (Lemmens et al, 2021). در این پژوهش نیز با مرور ملاحظات طراحی، معرفی و بررسی کارایی یک برنامه کاربردی علمی شهروندی در زمینه اقلیم و هیدرولوژی سعی شد گامی کوچک در جهت گسترش و ترویج برنامه‌های کاربردی علوم شهروندی برداشته شود. همانطور که از نتایج این تحقیق قابل ملاحظه است، با وجود ساده و نوپا بودن برنامه پایش‌یار، محدویت‌ها و معایب ذکر شده در بخش‌های مختلف تحقیق، این برنامه هم‌چنان موجب تسهیل قرائت و ثبت گزارش‌های شهروندی، ایجاد علاقه‌مندی و جذب پایش‌گران، یکپارچه‌سازی، نظم‌دهی و حفظ داده‌های ارسالی، شده است. با این‌حال مدیریت افراد، یا به‌طور خاص‌تر، بکارگیری داوطلبان و درگیر نگه‌داشتن آن‌ها، از بزرگترین چالش‌های همیشگی پروژه‌های علمی شهروندی است (Vercayie1 and Herremans, 2015). از جمله سازگاری‌هایی که برای جذب و درگیر نگه‌داشتن افراد داوطلب در پروژه‌های علمی شهروندی در تحقیقات مختلف معرفی شده است، بازی‌وارسازی پروژه‌ها و برنامه‌های علمی شهروندی است (Bowser et al. 2013) که با توجه به نوپا بودن تحقیقات علمی شهروندی در کشور ما، نیازمند تحقیقات، همت و کار زیاد است. بهرحال اگر محققان بر این چالش غلبه کنند، پروژه‌های علمی شهروندی را می‌توان به معادن طلا تبدیل کرد (Gura, 2013).

منابع

۱. بهمن‌پور، ث. و سخنی، ا. س. (۱۳۸۷). پایش مشارکتی جنگل حوزه آبخیز صفارود رامسر: روستای بامسی،

دیسر، گاورمک، مازولنگه، میان لات و واچ کلایه. انتشارات نخبگان. ۲۰۶ صفحه.

۲. حاج‌محمدی، م. سعدالدین، ا. عابدی سروستانی، ا. شیخ، و. ب. و جزی، ه. (۱۳۹۶). تحقیق مشارکتی و قابلیت کاربرد آن در تعیین وضعیت سلامت رودخانه دلیچای با کمک جوامع محلی و داوطلب. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. گرگان. ۸۶ صفحه.

۳. سنجری بنستانی، م. شیخ، و. ب. زارع گاریزی، آ. آورند، آ. (۱۳۹۸). اهمیت و کاربرد علم شهروندی در هیدرولوژی و مدیریت منابع آب. نشریه آب و توسعه پایدار. ۷ (۲): ۱۲-۱.

۴. سنجری بنستانی، م. شیخ، و. ب. زارع گاریزی، آ. آورند، آ. (۱۳۹۹). امکان‌سنجی پایش حوزه آبخیز با کمک شهروندان آبخیز نشین، مطالعه موردی: آبخیز چهل‌چای استان گلستان. نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز. ۱۳(۲): ۴۳۰-۴۱۷.

۵. شیخ، و. ب. سنجری بنستانی، م. زارع گاریزی، آ. حاتمی گل‌مکانی، پ. (۱۳۹۹). نقش علم شهروندی در تهیه سامانه‌های هشدار سریع بلایای طبیعی. اولین همایش ملی تجربه‌نگاری و آینده‌پژوهی مدیریت مردم نهاد مخاطرات طبیعی با تأکید بر سیل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان. ۴ و ۵ آذرماه.

۶. فرزانه، م. ر و بنی‌مصطفی‌عرب، ف. (۱۴۰۲). تحلیل قوانین سازگاری با تغییر اقلیم در کشورهای درحال توسعه. نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی. ۴(۱۳): ۵۴-۳۵.

۷. مصطفی‌زاده، ر. و شیخ. و. ب. (۱۳۸۹). ارزیابی ترکم شبکه بارانسنجی استان گلستان با استفاده از روش همبستگی مکانی. پژوهش‌های آبخیزداری. ۹۳، ۸۷-۷۹.

8. Android authority, https:// www.androidauthority.com /develop-android-apps-languages-learn-391008/, (Visited 13 June 2023).
9. Antoniou, V., and Potsiou, C. (2020). A deep learning method to accelerate the disaster response process. Remote Sensing, 12 (3), 544.
10. Antoniou, V., and Schlieder, C. (2014). Participation patterns, VGI and gamification. Presented at the proceedings of AGILE 2014.
11. Bonney R., Ballard H., Jordan R., McCallie E., Phillips T., Shirk J. and Wilderman C.C. (2009). Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing Its Potential for Informal Science Education. Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE), 58p.
12. Bonney, R., Shirk, J.L., Phillips, T. B., Wiggins, A., Ballard, H.L., Miller Rushing, A.J., and Parrish, J.K. (2014). Citizen science. Next steps for citizen science. Science, 343 (6178), 1436–1437.
13. Bowser, A., Hansen, D., He, Y., Boston, C., Reid, M., Gunnell, L., and Preece, J. (2013). Using gamification to inspire new citizen science volunteers. In Proceedings of the first international conference on gameful design, research, and applications. 18-25.
14. Crocker, E., Condon, B., Almsaeed, A., Jarret, B., Nelson, C. D., Abbott, A. G and Staton, M. (2020). TreeSnap: A citizen science app connecting tree enthusiasts and forest scientists. Plants, People, Planet, 2 (1), 47-52.
15. Danielsen F., Burgess N. D. and Balmford A. (2005). Monitoring matters: examining the potential of locally-based approaches. Biodiversity and Conservation, 14(11): 2507-2542.
16. Designveloper, https://www.designveloper.com/blog/android-app- development- languages/. (Visited 13 June 2023).
17. Emizent, https://www.emizentech.com/blog/programming-languages-for-android-app-development.html, (Visited 13 June 2023).
18. Gilmer, J., Adams, R. P., Goodfellow, I., Andersen, D., and Dahl, G. E. (2018). Motivating the rules of the game for adversarial example research. ArXiv preprint arXiv: 1807.06732.
19. Gura, T. (2013). Citizen science: amateur experts. Nature 496: 259–261.
20. Gviafrica https://www.gviafrica.co.za /blog/smb-citizen-science-and-climate-change-how-you-can-make-a-difference/. (Visited 17 August 2023).

21. Haklay, M. (2013). Citizen science and volunteered geographic information: Overview and typology of participation. InD. Sui, S.Elwood, and M. Goodchild (Eds.), Crowdsourcing geographic knowledge. 105–122.
22. Haupenthal, K., and Fischer-Stabel, P. (2023). Smart Citizen Science in pluvial flood disaster risk reduction: Building a mobile application as one tool for drain path identification (Work in progress). Short -/Work in Progress-Papers, 65.
23. Heaven, D. (2019). Why deep-learning AIs are so easy to fool. Nature, 574(7777), 163.
24. Hockey PAR, Dean WRJ, Ryan PG (Eds). (2005). Roberts birds of southern Africa (7 edn). Johannesburg, South Africa: Trustees of the John Voelcker Bird Book Fund.
25. Knapp, C.N., Reid, R.S., Fernandes-Gimenez, M.E., Klein, J.A., and Galvin, K.A. (2019). Placing transdisciplinarity in context: A review of approaches to connect scholars, society and action. Sustainability 11, 18.
26. Lee, A.T.K., and Nel, H. (2020). BirdLasser: The influence of a mobile app on a citizen science project. African Zoology, 55(2), 155-160.
27. Lee, V. (1994). Volunteer monitoring: a brief history. The Volunteer Monitor, 6(1): 29-33.
28. Lemmens, R., and Antoniou, V. (Eds.) (2019). Hackathon report: House of Apps: Create great apps for citizens. Citizen Science COST Action CA15212.
29. Lemmens, R., Antoniou, V., Hummer, P., and Potsiou, C. (2021). Citizen science in the digital world of apps. The Science of Citizen Science, 461-474.
30. Liao, Y. W., Huang, Y. M., Chen, H.C., and Huang, S. H. (2015). Exploring the antecedents of collaborative learning performance over social networking sites in a ubiquitous learning context. Computers in Human Behavior, 43,313–323.
31. Liu, H. Y., Dörler, D., Heigl, F., and Grossberndt, S. (2021). Citizen science platforms. The Science of Citizen Science, 22, 439-459.
32. Mazumdar, S., Ceccaroni, L., Piera, J., Hölker, F., Berre, A., Arlinghaus, R., and Bowser, A. (2018). Citizen science technologies and new opportunities for participation. UCL Press. 303-320.
33. Mobilecellphoner, https://www.mobilecellphonerepairing.com/mobile-phone-os-operating-system-top-5-with-market-share.html, (Visited 13 June 2023).
34. Njue N., Kroese J. S., Gr.f J., Jacobs S. R., Weeser B., Breuer L. and Rufino M.C. (2019). Citizen science in hydrological monitoring and ecosystem services management: State of the art and future prospects. Science of the Total Environment, 693 (13): 1-18.
35. Pejovic, P., and Skarlatidou, A. (2020). Understanding interaction design challenges in mobile extreme citizen science. International Journal of Human–Computer Interaction, 36 (3), 251–270.
36. Plageras, A.P., Psannis, K.E., Stergiou, C., Wang, H., and Gupta, B.B. (2018). Efficient IoT-based sensor BIG Data collection Processing and analysis in smart buildings. Future Generation Computer Systems, 82,349–357.
37. Rieger, C., and Majchrzak, T. (2019). Towards the definitive evaluation framework for cross platform app development approaches. Journal of Systems and Software, 153,175–199.
38. Rothstein, M. A., Wilbanks, J. T., and Brothers, K. B. (2015). Citizen science on your smartphone: an ELSI research agenda: currents in contemporary bioethics. Journal of Law, Medicine and Ethics, 43(4), 897-903.
39. Rüfenacht, S., Woods, T., Agnello, G., Gold, M., Hummer, P., Land-Zandstra, A., and Sieber, A. (2021). Communication and dissemination in citizen science. The Science of Citizen Science, 475, 520.
40. See, L. (2019). A review of citizen science and crowdsourcing in applications of pluvial flooding. Frontiers in Earth Science, 7, 44.

41. Silvertown, J. (2009). A new dawn for citizen science. Trends in Ecology and Evolution, 24(9), 467–471.
42. Spasiano, A., Grimaldi, S., Braccini, A. M., and Nardi, F. (2021). Towards a transdisciplinary theoretical framework of citizen science: Results from a meta-review analysis. Sustainability 13, 7904.
43. Spasiano, A., Grimaldi, S., Nardi, F., Noto, S., and Braccini, A. M. (2023). Testing the theoretical principles of citizen science in monitoring stream water levels through photo-trap frames. Frontiers in Water, 5, 4.
44. Sturm,U., Luna, S., Albert,A., Schade, S., and Kasperowski, D. (Eds.) (2017). Defining principles and guidelines for mobile apps and platform development for best practice in citizen science. Berlin, December13–14, 2016.Report of the workshop.
45. Teacher, A.G.F., Griffiths, D.J., Hodgson, D.J., and Inger, R. (2013). Smartphones in ecology and evolution: A guide for the app rehensive. Ecology and Evolution, 3(16), 5268–5278.
46. Trojan, J., Schade, S., Lemmens, R., and Frantál, B. (2019). Citizen science as a new approach in geography and beyond: Review and reflections. Moravian Geographical Reports, 27(4), 254–264.
47. Turabieh, H., Salem, A. A., and Abu-El-Rub, N. (2018). Dynamic L-RNN recovery of missing data in IoMT applications. Future Generation Computer Systems, 89, 575–583.
48. Tvinnereim, E., Flottum, K., Gjerstad, O ., Johannesson, M. P., and Nordo, A. D. (2017). Citizens' preferences for tackling climate change. Quantitative and qualitative analyses of their freely formulated solutions. Global Environmental Change, 46, 34-41.
49. Vercayie, D., and Herremans, M. (2015). Citizen science and smartphones take roadkill monitoring to the next level. Nature Conservation, 11, 29-40.
50. Wolterink, J. M., Leiner, T., Viergever, M. A., and Išgum, I. (2017). Generative adversarial networks for noise reduction in low-dose CT. IEEE Transactions on Medical Imaging, 36(12), 2536–2545.
51. Zhang, Q., Yang, L. T., Chen, Z., and Li, P. (2018). A survey on deep learning for big data. Information Fusion, 42, 146–157.
52. Zhou, C., and Paffenroth, R. C. (2017). Anomaly detection with robust deep auto encoders. In Proceedings of the 23rd ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining (pp. 665–674). New York: ACM.