

استفاده از اطلاعات مکانی مردم گستر در به روزرسانی اطلاعات خشکسالی منابع آبی

سپهر هنرپرور^۱

محمد رضا ملک^۲

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۶/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۰۴/۲۷

چکیده

در سال‌های اخیر روند تغییرات اقلیمی باعث افزایش پدیده خشکسالی در مناطق مختلف کشور شده است. بنابراین برای مدیریت و برنامه ریزی منابع محدود آب کسب اطلاعات کافی از میزان حجم و تغییرات آن بسیار حائز اهمیت می‌باشد. اخذ این اطلاعات عموماً از طریق روش‌های متداول از قبیل سنجش از دور، فتوگرامتری یا نقشه‌برداری زمینی صورت می‌گیرد. این گونه روش‌ها نیازمند زمان و هزینه نسبتاً بالایی هستند. در این میان استفاده از قابلیت توده و انبوه مردم هم به لحاظ کثرت، هم به لحاظ توزیع و البته از حیث سرعت و زمان می‌تواند حلال بسیاری از مشکلات باشد. محیط‌های اطلاعات مکانی مردم گستر این امکان را فراهم آورده که مردم نه تنها نقش استفاده‌کننده بلکه نقش تولیدکننده را هم ایفا کنند. هدف مقاله حاضر طراحی و پیاده سازی محیط اطلاعاتی مردم گستر به منظور دریافت اطلاعات مکانی مرتبط با میزان خشکسالی منابع آبی به منظور به‌روزرسانی داده‌های خشکسالی می‌باشد. روش کار به این صورت است که کاربران می‌توانند اطلاعات مربوط به میزان تغییرات سطوح منابع آبی را به همراه مختصات محلشان برای به‌روزرسانی در اختیار پایگاه داده مکانی منابع آبی قرار دهند. به منظور ارزیابی میزان اعتماد پذیری این داده‌ها از سه المان صحت مکانی، صحت توصیفی و تمامیت استفاده شده است. پس از بررسی داده‌ها میزان صحت مکانی میانگین داده‌ها ۱۲/۵ متر، صحت توصیفی داده‌ها به صورت میانگین ۶۷ درصد و تمامیت داده‌ها ۷۵ درصد تشخیص داده شد. از آنجایی که تمام داده‌ها با استفاده از GPS به دست آمده است و دخالت دستی کاربران در این مورد حداقل می‌باشد، این میزان دقت قابل پیش‌بینی بود. صحت توصیفی داده‌ها هم به علت وجود ابهام کاربران در به اشتراک‌گذاری نام محل یا نام منبع آبی به عنوان داده ارسالی، مقدار نسبتاً پایینی به خود می‌گیرد. درصد تمامیت اطلاعات مکانی مردم گستر هم در تکمیل داده‌های منابع آبی می‌تواند نشانگر قابلیت این اطلاعات در به‌روزرسانی پایگاه داده منابع آبی باشد.

واژه‌های کلیدی: اطلاعات مکانی مردم گستر، خشکسالی، منابع آبی، سیستم اطلاعات مکانی

۱- دانشجوی دکتری سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی (نویسنده مسئول) sep.honarparvar@mail.kntu.ac.ir

۲- دانشیار گروه سیستم اطلاعات مکانی دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی mrmalek@kntu.ac.ir

۱- مقدمه

درون‌یابی مقادیر مکانی بر اساس قانون اول جغرافیا تأکید دارند. از جمله این موارد می‌توان به تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی با استفاده از درون‌یابی تعدادی از نقاط منطقه اشاره کرد. اما درون‌یابی مقادیر مکانی زمانی می‌تواند صورت گیرد که ماهیت داده‌های مورد بررسی وابستگی مکانی داشته باشند. به عنوان مثال داده‌های بارندگی بسیار وابسته به شرایط جوی است و نمی‌توان به صورت مطلق ادعا کرد که داده‌های بارشی با یکدیگر وابستگی مکانی دارند. پدیده زیست‌محیطی خشکسالی وابسته به عوامل مختلفی است و حتی از آن به عنوان عاملی چندبعدی یا چند مرحله‌ای نام می‌برند و از شاخص‌های مختلفی برای تعریف آن استفاده می‌کنند (بابایی، ۱۳۹۲). یکی از پرکاربردترین شاخص‌های مورد استفاده در بررسی خشکسالی مناطق مختلف شاخص بارشی استاندارد^۱ می‌باشد که در سال ۱۹۹۳ مک کی و همکاران برای اولین بار از این شاخص به منظور پایش خشکسالی در ایالت کلرادو استفاده کرده‌اند (Mackee et al., 1993).

شاخص بارش استاندارد شده با اختلاف بارش از میانگین برای یک مقیاس زمانی خاص محاسبه می‌شود و سپس با تقسیم بر انحراف معیار، به دست می‌آید. این شاخص تنها میزان بارش در یک مدت زمان مشخص را برای اندازه‌گیری خشکسالی معرفی می‌کند در حالیکه پدیده خشکسالی ناشی از عوامل متعدد و فراوانی از جمله تغییرات جمعیتی، الگوی مصرف آب، پیشرفت‌های صنعتی و کشاورزی، تغییرات توپوگرافی و غیره است. بنابراین درو از انتظار نیست اگر داده‌های خشکسالی را مستقل از وابستگی مکانی به نواحی مجاور دانست و ادعا کرد که داده‌های درون‌یابی خشکسالی با توجه به ماهیتشان از اعتمادپذیری بالایی برخوردار نیستند. به طور کلی می‌توان گفت که داده‌های با مقادیر اصلی دقت بالاتری نسبت به داده‌های درون‌یابی شده دارند. بنابراین دسترسی به داده‌های اصلی می‌تواند بسیار مفید واقع شود.

با پیشرفت تکنولوژی‌های وب و حرکت به سمت

کشور ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی‌اش در زمره مناطق خشک و بیابانی قرار گرفته است. متوسط بارش در ایران در سال‌های اخیر حدود یک سوم بارش جهانی است (بابایی، ۱۳۹۲). لذا لزوم یک برنامه‌ریزی مطالعاتی و اجرایی به منظور پایش، مدیریت و کنترل منابع آبی نیاز است (خزانه‌داری و همکاران، ۱۳۸۸). در این میان برداشت اطلاعات خشکسالی یا سطح منابع آبی اهمیت ویژه‌ای دارد، چرا که با داشتن اطلاعات بیشتر در رابطه با منابع آبی می‌توان برنامه‌ریزی بهتری در جهت کنترل منابع آبی و کاهش خسارات وارده به بدنه اقتصاد کشور انجام داد. روش‌های مرسوم و سنتی جمع‌آوری داده‌های مختلف مکانی من جمله داده‌های منابع آبی شامل روش‌های فتوگرامتری، سنجش از دور و نقشه‌برداری زمینی می‌باشد که توسط افراد متخصص و خبره جمع‌آوری می‌شود و به عنوان هسته اصلی داده‌های مکانی برای انجام آنالیزهای مکانی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Heipke, 2004). مطمئناً به‌روزرسانی این داده‌ها به حصول نتایج قابل قبول تر و صحیح تر کمک زیادی می‌کند. این در حالی است که روش‌های سنتی از کاربران خبره یا سطح بالا برای به‌روزرسانی داده‌های مکانی منابع آبی استفاده می‌کند (Kowal, 2002). لذا استفاده از این روش برای به‌روزرسانی داده‌های مکانی منابع آبی بسیار گران و زمان بر است (Heipke, 2010). علاوه بر این در برخی نواحی به دلیل شرایط ویژه‌ی آب و هوایی، توپوگرافی منطقه یا مسائل قانونی امکان اخذ داده‌های مکانی وجود ندارد یا بسیار دشوار است. بنابراین نیاز به روشی است که بتواند داده‌های مکانی را در کمترین زمان و با صرف کمترین هزینه به دست آورد. این نیاز زمانی بیشتر احساس می‌شود که اهمیت زمان و هزینه در پروژه‌های تحقیقاتی بیشتر از دقت داده‌های مکانی است یا تکمیل سریع اطلاعات به راحتی ممکن نیست.

در این میان راه‌حل‌های جایگزین معرفی شده بر

1- Standard Precipitation Index

استخراج این اطلاعات از کاربران عادی می‌باشد. در سال ۲۰۱۲ Wert و همکاران با هدف طراحی یک چارچوب کاری مناسب برای ترکیب تکنولوژی‌های شبکه‌های اجتماعی و WebGIS، یک رابط کاربری آنلاین را به منظور دریافت اطلاعات آلودگی رسوبات حوضه‌های آبخیز طراحی کرده‌اند (Werts et al., 2012).

این اطلاعات به عنوان داده‌های اولیه برای تخمین میزان آلودگی آب و خاک منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نهایت در این تحقیق مشخص شده است که اطلاعات مکانی مردم گستر قادر است تا یک راه حل با ماهیت سنجش از نزدیک برای حفاظت از منابع موجود آب و خاک فراهم آورد. در تحقیقی دیگر توسط Dotti و همکاران در سال ۲۰۱۵ معماری برای مدیریت آب با استفاده از داده‌های مکانی مردم گستر طراحی شده است (Dotti et al., 2015). برای این منظور یک برنامه کاربردی همراه متصل به اینترنت برای دریافت اطلاعات داده‌های همسایه منابع آبی مثل راه‌های دسترسی مجاور، مراکز صنعتی، کشاورزی همسایه و غیره طراحی شده است. این داده‌ها به عنوان اطلاعات مؤثر در حفظ و مدیریت منابع آبی مورد استفاده قرار گرفته است. تحقیق صورت گرفته تنها از لحاظ صحت مکانی مورد بررسی قرار گرفته و نتیجه‌ای بین ۴ تا ۱۰ متر دقت را برای معماری طراحی شده نشان می‌دهد. در تحقیقی دیگر در سال ۲۰۱۵ Enenkel و همکاران از ترکیب داده‌های سنجش از دور، داده‌های پیش بینی وضعیت هوا و داده‌های بدست آمده از مشارکت عموم از خشک شدن مزارع برای تخمین میزان خشکسالی استفاده کرده‌اند (Enenkel et al., 2015). در حالی که هیچ بحثی در رابطه با برآورد دقت داده‌های دریافتی از مردم وجود ندارد و علاوه بر آن داده‌های دریافتی مستقیماً تغییرات منابع آبی را محک نمی‌زند. نهایتاً Klonner و همکاران در سال ۲۰۱۶ در خلال بررسی تحقیقات انجام شده در حوزه کاربرد اطلاعات مکانی مردم گستر در حوزه مخاطرات طبیعی خشکسالی را از جمله تغییرات بلند مدت تعریف می‌کنند که مطالعات آن نیاز به مشارکت عموم روی

تکنولوژی Web2 امکان تعامل پذیری بیشتری برای کاربران داده‌های مکانی به وجود آمده است به شکلی که کاربران می‌توانند داده‌های مکانی جدیدی در محیط اینترنت به پایگاه‌های داده مکانی اضافه کنند. این روند باعث توسعه مفهومی جدیدی به نام اطلاعات مکانی مردم گستر^۱ شد که در آن داوطلبان اطلاعات توصیفی را به همراه مختصات در اختیار پایگاه داده مکانی قرار می‌دهند. اطلاعات مکانی مردم گستر از کم هزینه‌ترین و سریع‌ترین روش‌های اخذ اطلاعات است که به منظور تکمیل پایگاه داده مکانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با گسترده شدن حوزه کاربرد اطلاعات مکانی مردم گستر، می‌توان از آن‌ها در حفظ منابع آبی استفاده کرد (Werts et al., 2012).

تحقیقات حول استفاده از اطلاعات مکانی مردم گستر در مدیریت و حفاظت آب بیشتر بر روی عوامل تأثیرگذار در آلودگی یا کیفیت آب تأکید دارند و مطالعه مستقیم روی میزان و تغییرات داده‌های آبی صورت نگرفته است. به عنوان نمونه Connors و همکاران در سال ۲۰۰۱ (Connors et al., 2001) در مقاله‌ای، از اثرات مثبت استفاده از دانش شهروندان و اطلاعات مکانی مردم گستر در جمع‌آوری اطلاعات سلامت محیط از جمله سلامت آب می‌گوید. در مقاله‌ای دیگر Schnoor در سال ۲۰۰۷ پروژه‌ای را تحت عنوان روز پایش آب جهان معرفی می‌کند - که شروع آن از سال ۲۰۰۲ می‌باشد - و در آن از اطلاعات میزان اکسیژن، شفافیت، دما و میزان PH آب برای معین کردن میزان کیفیت آب از داده‌های مردمی استفاده می‌کند (Schnoor, 2007). در مقاله Kolok و همکاران در سال ۲۰۱۳ (Kolok et al., 2013) هم مشابه با مقاله Connors و همکاران در سال ۲۰۰۱ بیشتر به فواید استفاده از اطلاعات مکانی مردم گستر در جلوگیری از آلودگی منابع آبی می‌پردازد.

تحقیقات انجام شده در زمینه استفاده از اطلاعات مکانی مردم گستر در زمینه تکمیل داده‌های مرتبط با منابع آبی بیشتر به طراحی معماری یا چارچوب کاری مناسب برای

در بخش سوم روش انجام تحقیق و داده‌های مورد استفاده تشریح می‌شود و نتایج آن در قالب نقشه نمایش داده می‌شود. در بخش چهارم هم نتایج تفسیر و تحلیل می‌شوند و پیشنهادهایی برای پروژه‌های آتی مطرح می‌شود.

۲- مبانی نظری تحقیق

مفهوم اطلاعات مکانی مردم گستر اولین بار در سال ۲۰۰۷ توسط Goodchild معرفی شد. در واقع Goodchild ادعا می‌کند که با پیشرفت فناوری اطلاعات و افزایش آگاهی مردم در استفاده از داده‌های مکانی، الگوی جدیدی در تولید و مصرف داده‌های مکانی پدید آمده است که این الگوی جدید زمینه‌ساز تعریف مفهوم اطلاعات مکانی مردم گستر شده است. عموماً اطلاعات مکانی مردم گستر را به این صورت تعریف می‌کنند: « بهره‌برداری از ابزار برای ایجاد، جمع‌آوری و انتشار داده‌های جغرافیایی که به طور داوطلبانه توسط افراد تولید شده است » (Flanagin et al., 2008). Goodchild عنوان می‌کند که هر یک از انسان‌ها می‌توانند به عنوان یک حسگر عمل کنند (Goodchild, 2007). در نظر او دنیا متشکل از ۶ میلیارد حسگر متحرک است که می‌توانند داده‌های مکانی منحصر به فردی از محیط پیرامون خود تولید کنند و این داده‌ها می‌توانند به عنوان مکمل داده‌های مکانی مرجع که توسط سازمان‌های رسمی تولید می‌شود مورد استفاده قرار گیرند.

در نتیجه در سالیان اخیر تحقیقات و پروژه‌های زیادی در زمینه اطلاعات مکانی مردم گستر صورت گرفته است. یک دسته از تحقیقات بر روی صحت اطلاعات موجود در سایت‌های به اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی نظیر OSM، Wikimapia و Google map تمرکز دارد و در دهه گذشته حجم زیادی از تحقیقات حول اطلاعات مکانی مردم گستر را به خود اختصاص داده است (Ali et al., 2015). در دسترس بودن اطلاعات این سایت‌ها باعث شده است که بسیاری از محققان حوزه اطلاعات مکانی مردم گستر از داده‌های این

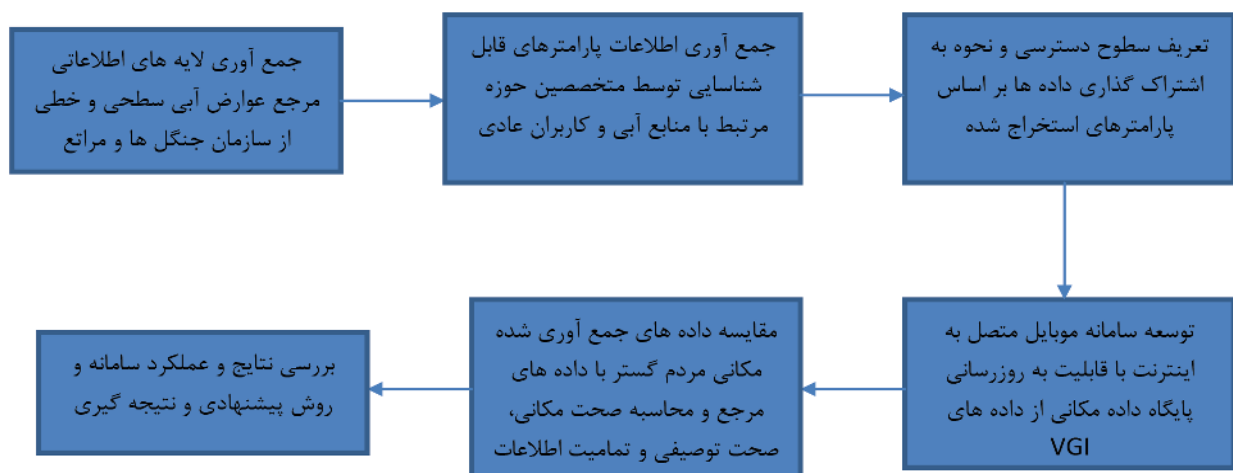
تغییرات منابع آب دارد. لذا نیاز به سامانه‌ای است که بتواند داده‌های منابع آبی را در سطوح دسترسی مختلف به صورت مستقیم از عموم دریافت کند (Klonner et al., 2016).

هدف این مقاله استفاده از اطلاعات مکانی مردم گستر در رابطه با میزان کاهش سطوح منابع آبی مثل رودخانه‌ها، دریاچه‌های طبیعی و مصنوعی است و داده‌های مورد استفاده مستقیماً داده‌های منابع آبی می‌باشند. برای این منظور یک برنامه کاربردی همراه طراحی شده است و از داوطلبان خواسته می‌شود نتایج مشاهدات خود را از کاهش یا افزایش منابع آبی ثبت و به پایگاه داده مکانی ارسال کنند. اطلاعات به اشتراک گذاری شده بنا به سطح کاربران با توجه به شغل و محل زندگی شان مشخص می‌شود. یعنی کاربران عادی می‌توانند اطلاعاتی شامل نام محل یا منبع آبی، نوع عارضه آبی، تصویر مکان مرجع شده از عارضه، تعیین میزان خشک شدن یا کاهش سطح آبی عارضه را به اشتراک بگذارند در حالیکه کاربران متخصص می‌توانند علاوه بر اطلاعاتی که کاربران عادی به اشتراک می‌گذارند، اطلاعاتی درباره دسته ژئومورفولوژی عارضه آبی، اندازه دبی، دسته زمین‌شناسی، عرض دقیق عارضه، تغییرات ارتفاعی، میزان فاصله مرکز عارضه آبی خطی تا حریم رودخانه، میزان تغییر اقلیم حول عارضه آبی، میزان رسوبات و یا تغییرات رسوبی اطراف عارضه آبی، میزان دسترسی عوامل انسانی به منبع و نوع توپوگرافی منطقه را مشخص کنند. این داده‌ها پس از سطح‌بندی کاربران ارسال‌کننده در جداول مختلفی در پایگاه داده قرار می‌گیرند و پایگاه داده را به‌روز می‌کنند. در نهایت به منظور ارزیابی کیفیت داده‌های مردم گستر دریافتی توسط سامانه سه شاخص صحت مکانی، صحت توصیفی و تمامیت با توجه به کاربرد سامانه مورد نظر بررسی می‌گردد. صحت مکانی و توصیفی داده‌های مردم گستر در قالب نتایج عددی و معیار تمامیت در قالب نقشه ارائه گردیده است. این مقاله در چهار بخش گردآوری شده است. در بخش دوم تحقیق به بررسی مفاهیم، کیفیت و تحقیقات انجام شده در زمینه اطلاعات مکانی مردم گستر پرداخته خواهد شد.

قرار دارند عبارت‌اند از: صحت مکانی، صحت توصیفی، صحت زمانی، ناسازگاری منطقی و تمامیت (Koukoletsos et al., 2012). حال این کیفیت می‌تواند با مقایسه داده‌های مرجع با اطلاعات مکانی مردم گستر به صورت دستی (Girres et al., 2011; Haklay, 2010 Zielstra et al., 2010; Koukoletsos et al., 2013;) یا به صورت خودکار (Koukoletsos et al., 2012) و (Ludwig et al., 2011) به دست بیاید. تحقیقات دیگری که در زمینه VGI صورت می‌گیرد، در رابطه با مسئله یا مطالعه موردی خاص است. نمونه‌ای از این تحقیقات پروژه سرشماری پرنده‌ی «کریسمس» در آمریکاست که پرنده‌شناسان مبتدی در شمارش گونه‌های مختلف پرندگان محققان را یاری می‌دهند. اصولاً در این نوع تحقیقات شبکه‌ای از شهروندان که از دانش محدودی در حوزه تحقیق برخوردارند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. قاعدتاً حجم مشارکت عمومی در این پروژه‌ها پایین‌تر از سایر پروژه‌هاست (www.birds.audubon.org). در این گونه تحقیقات معمولاً یک برنامه کاربردی به منظور دریافت اطلاعات از داوطلبان عام طراحی و پیاده‌سازی می‌شود. مقاله حاضر در این بخش از تحقیقات جای می‌گیرد.

روند کلی انجام تحقیق روی روش پیشنهادی به منظور جمع‌آوری اطلاعات مکانی مردم گستر منابع آبی در نمودار نگاره ۱ قابل مشاهده است.

سایت به عنوان نمونه‌ای از داده‌های مردم‌گستر استفاده کنند و تاکنون تحقیقات بسیاری در زمینه کیفیت داده‌های این سایت‌ها در مناطق مختلفی از دنیا انجام شده است. همچون Haklay و همکاران برای کشور انگلستان (Haklay, 2010). Girres برای کشور فرانسه (Girres et al., 2011) و Zielstra برای کشور آلمان (Zielstra et al., 2010). در واقع بحث اصلی در این نوع تحقیقات بررسی کیفیت اطلاعات مکانی مردم گستر می‌باشد. به نوعی با افزایش کیفیت این نوع داده‌ها نمادگذاری‌های خلاف واقع تعمدانه داده‌های مکانی به صورت چشمگیری کاهش می‌یابد (Senarata et al., 2015). از طرفی در به‌روزرسانی پایگاه داده، اطمینان از فراداده‌های مکانی اهمیت ویژه‌ای دارد. به خصوص فراداده‌هایی مثل کیفیت و تاریخ تولید داده‌های مکانی. پایگاه داده مکانی که دارای داده‌های باکیفیت بیشتر بسیار قابل‌اعتمادتر است و به همین دلیل داده‌ها قبل از ورود به پایگاه داده باید کیفیت سنجی شوند و داده‌های با کیفیت بالاتر جدا شوند (هنرپرور و آل‌شیخ ۱۳۹۴). کیفیت این نوع اطلاعات را می‌توان با استفاده از اندازه‌گیری‌ها و المان‌های کیفیت تشریح کرد (Antonioniou and Skopeliti, 2015). این داده‌ها ماهیت چندبعدی دارند و در مقالات و منابع علمی مختلف المان‌های متفاوتی برای کیفیت اطلاعات مکانی مردم گستر تعریف می‌شود، ولی پنج المان مهم که تقریباً در تمامی مراجع علمی مورد تأیید



نگاره ۱: روند انجام تحقیق

محاسبه شده و نتایج بحث و بررسی و تحلیل می‌شود.

۳- بحث

در این بخش ابتدا روش پیاده‌سازی سیستم تشریح می‌شود که شامل بررسی تکنولوژی‌ها و روش‌های فنی و علمی اجرای تحقیق است. سپس در بخش ارزیابی به توضیح و تحلیل نتایج حاصل از تحقیق در قالب نتایج عددی و نقشه پرداخته می‌شود.

۳-۱- روش پیاده‌سازی

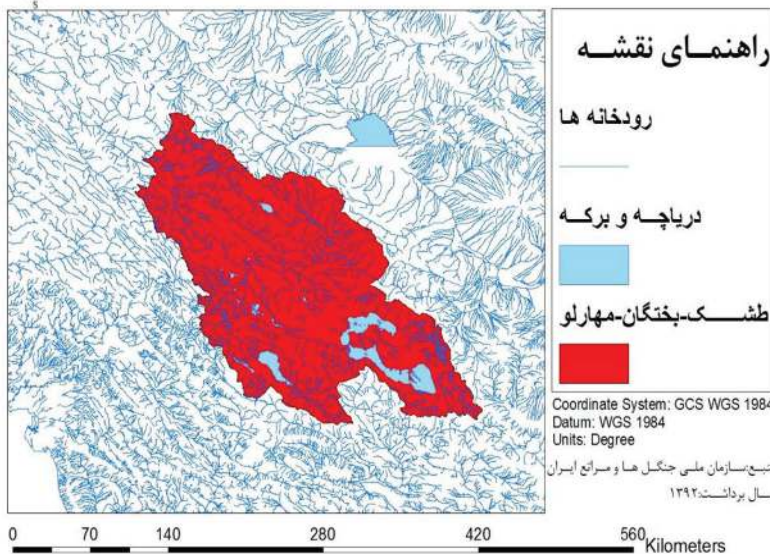
منطقه مورد مطالعه به علت کثرت عوارض آبی و امکان دسترسی به عموم به امکانات اینترنت همراه از حوضه آبریز طشک-بختگان-مهارلو واقع در استان فارس انتخاب شده است. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق در این حوضه شامل آبراهه‌ها و عوارض سطحی آبی منطقه همگی از سازمان جنگل‌ها و مراتع کل کشور در سال ۱۳۹۲ برداشت شده است. نقشه نمای کلی لایه‌های اطلاعاتی در نگاره ۲ مشخص شده است.

برای به اجرا گذاشتن تحقیق مورد نظر یک برنامه کاربردی همراه متصل به اینترنت طراحی گردیده است که در آن برای هر کاربر یک حساب کاربری ایجاد می‌شود. هر

بدین ترتیب در ابتدا لایه‌های اطلاعاتی مرجع که برای کنترل کارایی سیستم در بخش ارزیابی مورد استفاده قرار می‌گیرد جمع آوری شده و در پایگاه داده قرار می‌گیرد. در مرحله بعدی با توجه به نوع اطلاعات جمع آوری شده و مشورت با متخصصین خبره حوزه‌های مرتبط با منابع آبی اقدام به جمع آوری اطلاعات پارامترهای مناسب - که در مطالعه تغییرات منابع آبی می‌تواند مفید باشد و توسط متخصصین حوزه منابع آبی و کاربران عادی قابل شناسایی است - می‌شود. نمونه‌ای از این اطلاعات در بخش پیاده سازی و شکل‌های ۳ و ۴ قابل مشاهده است. در مرحله بعدی با توجه به اطلاعات به دست آمده از مرحله قبل سطوح دسترسی مختلف تعریف و مشخص می‌شود در هر سطح دسترسی بر اساس پارامترهای استخراج شده از مرحله قبل چه اطلاعاتی قابل به اشتراک‌گذاری می‌باشد. سپس سامانه موبایل متصل به اینترنت با توجه به سطوح دسترسی تعریف شده و دستورالعمل به اشتراک‌گذاری داده‌ها طراحی و توسعه داده می‌شود. پس از توسعه و اجرای سامانه و دریافت اطلاعات مکانی مردم گستر اقدام به مقایسه داده‌ها با داده‌های مرجع و جنبه‌های صحت مکانی، صحت توصیفی و تمامیت کیفیت اطلاعات دریافتی



نقشه نمای کلی لایه‌های اطلاعاتی حوضه طشک-بختگان-مهارلو



نگاره ۲: نمای کلی لایه‌های اطلاعاتی پژوهش

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)
 استفاده از اطلاعات مکانی مردم گستر ... / ۱۲۹

می‌توانند به اشتراک بگذارند. به عنوان مثال اطلاعاتی که کاربران معمولی می‌توانند به نمایش بگذارند شامل نام محل یا منبع آبی، نوع عارضه آبی، تصویر مکان مرجع شده از عارضه، تعیین میزان خشک شدن یا کاهش سطح آبی عارضه می‌باشد. نگاره ۴ صفحه‌ای از برنامه همراه را به نمایش می‌گذارد که در آن کاربران عادی می‌توانند داده‌های منابع آبی را به اشتراک بگذارند.



نگاره ۴: اطلاعات تکمیل شده توسط کاربران عادی در برنامه همراه

درحالی که اطلاعاتی که کاربران خبره می‌توانند به اشتراک بگذارند شامل جزئیات بیشتری است. به عنوان مثال متخصص آب علاوه بر اطلاعاتی که کاربران

حساب کاربری شامل اطلاعات نام کاربری (ایمیل کاربر)، رمز ورود، محل سکونت و تخصص می‌باشد. این اطلاعات در قالب جداولی با کلید اولیه نام کاربری در پایگاه داده قرار می‌گیرند. نگاره ۳ صفحه اول ثبت نام کاربر را نشان می‌دهد که کاربر در آن اطلاعات فوق‌الذکر را تکمیل کرده و ارسال می‌کند.



نگاره ۳: صفحه ثبت نام کاربر در برنامه همراه

پس از ایجاد حساب کاربری برای داوطلبان، برای هر کاربر بر اساس تخصصش یک سطح دسترسی تعریف می‌شود. سپس برای هر کاربر بر اساس سطح دسترسی اش فرمی نمایش داده می‌شود حاوی اطلاعاتی که کاربران

تحقیقات انجام شده در زمینه اطلاعات مکانی مردم گستر حاکی از آن است که در مقیاس‌های کوچک اطلاعات به دست آمده از مردم محلی ۹ برابر قابل اعتمادتر و دقیق‌تر از اطلاعات دیگر به دست آمده است (Danielson et al., 2010). چرا که مردم محلی بیش‌ترین آشنایی را با مناطق مجاور دارند و از طرفی علاقه بیشتری در به اشتراک‌گذاری اطلاعات مکانی مردم گستر دارند که امر موجب می‌شود داده‌های به دست آمده از مردم محلی دارای بیش‌ترین کیفیت و بیش‌ترین فراوانی باشد (Heipke, 2010). نمونه‌ای از این مسئله را می‌توان در تحقیق Irvine و همکاران در سال ۲۰۰۹ مشاهده کرد. در این تحقیق مشخص شد صاحبان املاک محلی صحت اطلاعات مربوط به مکان‌های زندگی آهوهای کوهی را به طرز چشمگیری افزایش داده‌اند (Irvine et al., 2009).

لذا در این مقاله بر اساس محلی بودن یا نبودن داوطلبان اطلاعات به اشتراک‌گذاری شده در پایگاه داده برچسب می‌خورند تا در نهایت برای مدیران تصمیم‌گیرنده نمایش داده شوند.

برنامه کاربردی مورد نظر در محیط اندروید طراحی شده است و معماری به کار گرفته شده برای سیستم به‌روزرسانی پایگاه داده مکانی به صورت خادم-مخدوم می‌باشد. برای دریافت اطلاعات در سمت خادم از سرویس WCF^۱ استفاده شده است که وظیفه آن دریافت اطلاعات کاربران به صورت Http^۲ request و آماده سازی و ارسال آن‌ها به پایگاه داده مکانی است. پایگاه داده مکانی از تکنولوژی‌های ArcSDE و SQL^۳ server به منظور ذخیره، بازیابی، مدیریت و پرسش و پاسخ داده‌های مکانی استفاده می‌کند. شیوه کار به این صورت است که مختصات داده‌ها به همراه اطلاعات توصیفی در قالب پیغام Http request به سمت خادم ارسال می‌شود. سپس سرویس WCF بر اساس نوع عارضه مشخص شده حول ناحیه مورد نظر بافری به اندازه نصف کمترین فاصله دو عارضه موجود در منطقه می‌زند. اگر

به اشتراک می‌گذارند می‌تواند اطلاعاتی درباره دسته ژئومورفولوژی عارضه آبی، اندازه دبی، دسته زمین‌شناسی، عرض دقیق عارضه، تغییرات ارتفاعی، میزان فاصله مرکز عارضه آبی خطی تا حریم رودخانه، میزان تغییر اقلیم حول عارضه آبی، میزان رسوبات و یا تغییرات رسوبی اطراف عارضه آبی، میزان دسترسی عوامل انسانی به منبع و نوع توپوگرافی منطقه را مشخص کند. این اطلاعات همراه با مختصات و زمان اخذ داده‌ها به سمت پایگاه داده مکانی ارسال می‌شود. نگاره ۵ حاوی اطلاعات به اشتراک‌گذاری شده توسط کاربر خبره در سامانه همراه می‌باشد.



نگاره ۵: اطلاعات تکمیل شده توسط کاربران خبره در برنامه همراه

1- Windows Communication Foundation

2- Hyper Text Transfer Protocol

3- Standard Query Language

صحت مکانی

صحت مکانی را می‌توان اختلاف مقادیر مختصات به دست آمده با داده‌های اصلی تعریف کرد. صحت مکانی اطلاعات مکانی مردم گستر می‌تواند از مقایسه داده‌های به دست آمده از داوطلبان با داده‌های مرجع به دست بیاید (Koukoletsos et al., 2012). یا اینکه مستقیماً از طریق توابع یا ابزارهای توسط خود داده‌ها یا فراداده‌ها به دست بیاید (Bordogna et al., 2014). در این پروژه از میزان دقت GPS تلفن‌های همراه که به عنوان فراداده همراه با مختصات به سمت خادم بهره‌برداری می‌شود، استفاده شده است. پس از دریافت اطلاعات مکانی مردم گستر از کاربران، میانگین دقت دریافتی از تلفن‌های همراه مختلف مقدار حدودی ۱۲/۵ متر محاسبه گردید.

صحت توصیفی

در حوزه دانش مکانی، انواع مختلف اقلام توصیفی را در چهار دسته مختلف تقسیم‌بندی می‌کنند: اسمی، ترتیبی، نسبی و بازه‌ای (Van Oort, 2006). برای ارزیابی دقت اطلاعات توصیفی، بر اساس نوع یک قلم توصیفی (یا ویژگی) و اینکه در کدام یک از دسته‌های بالا قرار می‌گیرد، روش‌های مختلفی وجود دارد. داده‌های نسبی و بازه‌ای از آنجایی که ماهیت عددی دارند و به صورت یک کمیت بیان می‌شوند، به راحتی قابل مقایسه با یکدیگرند و بنابراین می‌توان دقت آن‌ها را به سادگی و با مقایسه به دست آورد. داده‌های ترتیبی نیز معمولاً دامنه مقادیر قابل قبول کوچکی دارند. مثلاً نوع کاربری یک عارضه معمولاً یک مقدار از مجموعه‌ای از مقادیر از پیش تعیین شده می‌گیرد. بنابراین ارزیابی کیفیت این نوع از اطلاعات توصیفی نیز نسبتاً ساده است. اما در مورد داده‌های اسمی روش‌های ارزیابی دقت سخت‌تر و پیچیده‌ترند. چرا که این گونه از داده‌های به صورت یک نام یا در واقع یک رشته از حروف بیان می‌شوند. برای مقایسه دو رشته، توابع و روش‌های مختلفی وجود دارد همچون روش متافون^۱ که از قواعد تلفظ زبان انگلیسی برای مقایسه استفاده می‌کند. و یا الگوریتم لوشتین^۲ که فاصله بین

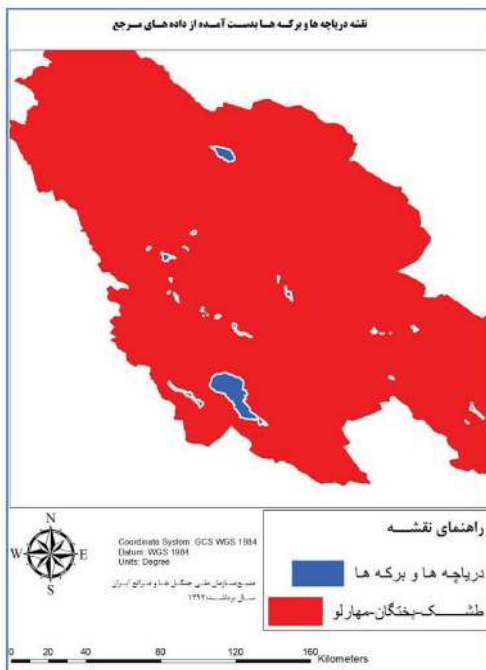
عارضه‌ای در نقشه داخل ناحیه بافر افتاد، آن عارضه را به عنوان عارضه مشخص شده توسط کاربر در نظر می‌گیرد. اگر در داخل ناحیه بافر عارضه‌ای یافت نشد، شعاع ناحیه بافر را با ضرایب اولین شعاع مشخص شده آنقدر گسترش می‌دهد تا زمانی که عارضه‌ای داخل ناحیه بافر قرار گیرد. بعد از یافت شدن عارضه در پایگاه داده، نام محل یا عارضه با اطلاعات به اشتراک‌گذاری شده مقایسه می‌شود. اگر تا بیشتر از ۵۰ درصد شباهت بین نام‌ها وجود داشت جست و جو متوقف می‌شود و عارضه مشخص شده توسط کاربر توسط WCF شناسایی می‌شود. در غیر این صورت، شعاع بافر مجدداً افزایش پیدا می‌کند و عوارض داخل ناحیه بافر مشخص می‌شود. سپس مجدداً تطابق نام عارضه بررسی می‌شود. در نهایت این حلقه آنقدر ادامه پیدا می‌کند تا عارضه‌ای با شباهت نام بالای ۵۰ درصد در ناحیه بافر اطراف کاربر مشخص شود. سپس WCF این اطلاعات را در رکوردهای جداول پایگاه داده در SQL server تکمیل می‌کند.

۳-۲- ارزیابی

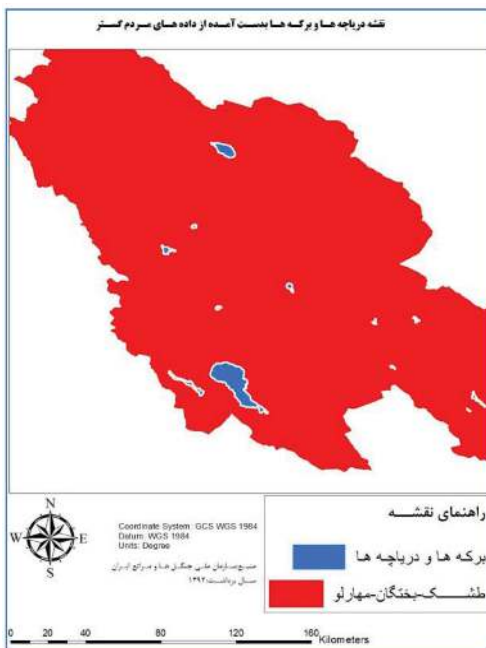
پس از جمع‌آوری اطلاعات اکنون نیاز است که داده‌ها با توجه به چندوجهی بودن اطلاعات مکانی مردم گستر، از جنبه‌های مختلف کیفیت سنجی شوند. ولی المان‌ها یا جنبه‌های کیفیت اطلاعات مکانی مردم گستر با توجه به نوع پروژه مورد استفاده و بررسی قرار می‌گیرند (واحدی و همکاران، ۱۳۹۳). لذا در این مقاله با توجه به هدف پروژه برای بررسی کیفیت اطلاعات مکانی مردم گستر از المان‌های صحت مکانی، صحت توصیفی و تمامیت استفاده شده است. در این پروژه به علت دریافت مستقیم زمان ارسال داده از پردازشگر تلفن‌های همراه داده‌ها با کیفیت بالای زمانی در نظر گرفته می‌شوند و اصولاً نیازی به کیفیت سنجی این داده‌ها دیده نمی‌شود. سازگاری منطقی هم به دلیل اینکه توپولوژی عوارض و کاربر در دستیابی به اطلاعات منابع آبی مطرح نیست، مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. نتایج و روش محاسبه سه المان مورد نظر کیفیت برای این پروژه از قرار زیر است:

1- Metaphone

2- Levenshtein



نگاره ۶: نقشه عوارض سطحی مرجع



نگاره ۷: نقشه عوارض سطحی مردم گستر

نگاره‌های ۶ و ۷ شامل اطلاعات نقشه داده‌های مرجع عوارض سطحی و نقشه داده‌های مکانی مردم گستر عوارض سطحی است. نگاره‌های ۸ و ۹ به ترتیب شامل نقشه داده‌های

دو رشته را بر اساس تعداد ویرایش‌های لازم برای تبدیل یک رشته به رشته دیگر اندازه‌گیری می‌کند (به همین دلیل نام دیگر آن فاصله‌ی ویرایش است) و در بسیاری از تحقیقات در مورد کیفیت داده‌های مکانی به کار رفته است (Girres et al., 2011). یک روش پر کاربرد دیگر روش مشابهت متن است که میزان مشابهت دو رشته به یکدیگر را بر اساس طول رشته مشخص می‌کند (Koukoletos et al., 2012). با توجه به این که روش آخر قابلیت تطابق بالاتری نسبت به زبان‌های مختلف دارد و چون در این تحقیق اسامی عوارض آبی به صورت فارسی وارد می‌شود، بنابراین از روش مشابهت متن برای محاسبه صحت توصیفی استفاده می‌شود. در روش مشابهت متن از نسبت تعداد حروف مشابه دو کلمه به تعداد حروف کلمه با طول رشته بیشتر محاسبه می‌شود. پس از دریافت اطلاعات مکانی مردم گستر از کاربران، میانگین صحت توصیفی محاسبه شده مختلف مقدار حدودی ۰/۶۷ محاسبه گردید.

تمامیت

تمامیت را می‌توان توان اطلاعات مکانی مردم گستر در پوشش اطلاعات نقشه مرجع تعریف کرد. نوع محاسبه تمامیت بسته به نوع عارضه متفاوت است. برای محاسبه تمامیت عوارض نقطه‌ای از نسبت تعداد عوارض نقطه‌ای به تعداد عوارض نقشه مرجع استفاده می‌شود. برای محاسبه تمامیت داده‌های خطی و سطحی، می‌بایست مجموع طول عوارضی که دارای متناظر هستند را بر مجموع طول کل عوارض تقسیم کرد و نتیجه را به صورت درصدی از کل طول عوارض محاسبه کرد. برای محاسبه تمامیت داده‌های مردم گستر، می‌بایست براساس رابطه ۱ مجموع طول داده‌های مرجع دارای متناظر را بر مجموع طول کل این عوارض تقسیم کرد. بنابراین خواهیم داشت:

رابطه (۱)

$$\text{تمامیت داده‌های مردم گستر} = \frac{\text{مجموع طول عوارض مرجع دارای متناظر}}{\text{مجموع طول کل عوارض مرجع}} \times 100$$

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (ص ۱۳۳)
استفاده از اطلاعات مکانی مردم گستر ... / ۱۳۳

با توجه به نگاره‌های ۱ و ۲ عوارض سطحی بزرگ‌تر راحت‌تر توسط کاربران شناسایی شده است و در نقشه عوارض سطحی داوطلبانه تکمیل شده است. به طوریکه بنا به مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته ۸۰ درصد عوارض آبی سطحی که از داده‌های مکانی مردم گستر دریافت شده است دارای مساحت بیش از ۵۰ هکتار است. نگاره‌های ۳ و ۴ نمایانگر این است که داوطلبان قابلیت بیشتری در تکمیل اطلاعات عوارض سطحی مترکم‌تر دارند. به صورتی که ۶۵ درصد عوارض دارای تراکم ۲۷ خط بر هکتار می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

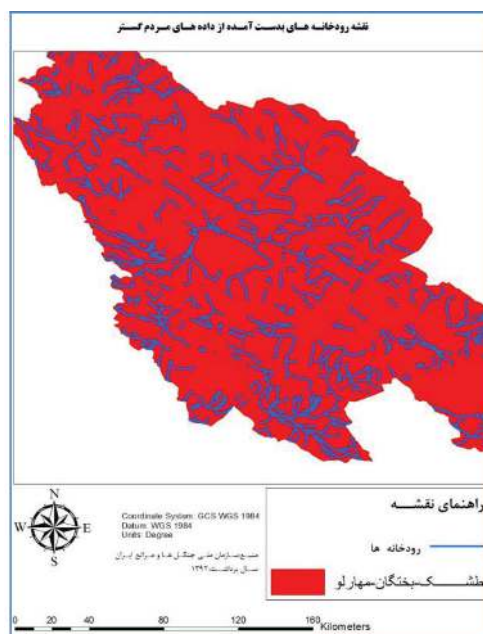
در این مقاله هدف طراحی ساختاری به منظور دریافت اطلاعات مکانی مردم گستر در رابطه با میزان خشکسالی منابع آبی به منظور به‌روزرسانی داده‌های خشکسالی می‌باشد. روش کار به این صورت است که کاربران می‌توانند اطلاعات مربوط به تغییرات سطوح منابع آبی را به همراه مختصات محلشان برای به‌روزرسانی در اختیار پایگاه داده مکانی منابع آبی قرار دهند. برای این منظور یک برنامه کاربردی همراه با قابلیت اتصال به اینترنت طراحی گردید که با استفاده از آن می‌توان اطلاعات مربوط به میزان تغییرات سطوح آبی را از طریق یک معماری خادم-مخدوم دریافت کرد. این اطلاعات در سطوح دسترسی مختلف در اختیار خادم قرار می‌گیرد.

با توجه به نتایج به دست آمده در قالب المان‌های کیفیت در رابطه با صحت مکانی، از آنجایی که تمام داده‌ها با استفاده از GPS به دست آمده است و دخالت دستی کاربران در این مورد حداقل می‌باشد، این میزان دقت یعنی ۱۲/۵ متر قابل پیش‌بینی بود. صحت توصیفی داده‌ها هم به علت وجود ابهام در کاربران در به اشتراک‌گذاری نام محل یا نام منبع آبی به عنوان داده ارسالی مقدار نسبتاً پایینی یعنی ۰/۶۷ به خود می‌گیرد. درصد تمامیت اطلاعات مکانی مردم گستر هم در تکمیل داده‌های منابع آبی می‌تواند نشانگر قابلیت این اطلاعات در به‌روزرسانی پایگاه داده منابع آبی در یک

مرجع عوارض سطحی و نقشه داده‌های مکانی مردم گستر عوارض سطحی است. پس از محاسبه مقدار تمامیت داده‌های مکانی مردم گستر برای عوارض سطحی و سطحی مقدار به دست آمده تمامیت برای تمامی عوارض ۷۵٪ به دست آمد.



نگاره ۸: نقشه عوارض سطحی مرجع



نگاره ۹: نقشه عوارض سطحی مردم گستر

به کمک کمیت‌سنج‌های زبانی فازی و عملگر تصمیم‌گیری چند معیاره OWA. نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه‌برداری. ۱۳۹۳.

۴. هنرپرور، آل شیخ؛ سپهر، علی‌اصغر. توسعه سامانه به‌روزرسانی خودکار پایگاه داده مکانی با استفاده از داده‌های مکانی مردم‌گستر. مطالعه موردی: رستوران‌ها. نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه‌برداری. ۱۳۹۴.

5. Ali, A. L., Schmid, F., Falomir, Z., & Freksa, C. (2015). Towards rule-guided classification for Volunteered Geographic Information. ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci, 211-217.

6. Antoniou, V. and Skopeliti, A., 2015. Measures and Indicators of Vgi Quality: AN Overview. ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 1, 345-351.

7. Bordogna, Gloria, Paola Carrara, Laura Criscuolo, Monica Pepe, and Anna Rampini. "A linguistic decision making approach to assess the quality of volunteer geographic information for citizen science." Information Sciences 258 (2014): 312-327.

8. Connors, J. P., Lei, S., & Kelly, M. (2012). Citizen science in the age of neogeography: Utilizing volunteered geographic information for environmental monitoring. Annals of the Association of American Geographers, 102(6), 1267-1289.

9. Danielsen, Finn, Neil D. Burgess, Per M. Jensen, and Karin Pirhofer Walzl. "Environmental monitoring: the scale and speed of implementation varies according to the degree of peoples involvement." Journal of Applied Ecology 47, no. 6 (2010): 1166-1168.

10. Dotti, Luca, Marco Minghini, Massimo Pancaldi, Maria Antonia Brovelli, and Giorgio Zamboni. "Volunteered Geographic Information For Water Management: A Prototype

11. Architecture." (2015).

12. Enenkel, M., See, L., Bonifacio, R., Boken, V., Chaney, N., Vinck, P., You, L., Dutra, E., & Anderson, M. (2015). Drought and food security—Improving decision-support via new technologies and innovative collaboration. Global Food Security, 4, 51-55.

دوره کوتاه باشد چرا که میزان قابل قبول ۷۵ درصد را به خود اختصاص داده است. بنابراین با تکیه بر نتایج ارزیابی می‌توان ادعا کرد که اطلاعات مکانی مردم‌گستر می‌تواند با کیفیت قابل قبولی به تقویت پایگاه داده مکانی اطلاعات آبی کشور کمک کند و داده‌ها را به صورت رایگان و با بیشترین سرعت در اختیار مدیران و برنامه‌ریزان حوزه آب قرار دهد.

۵- پیشنهادات و راهکارها

با وجود قابل قبول بودن اطلاعات مکانی مردم‌گستر به لحاظ کیفیت، این اطلاعات می‌توانند یک تصویر کلی در رابطه با وضعیت منابع آبی در اختیار تصمیم‌گیران به منظور مدیریت کلان منابع آبی در مواقع خشکسالی در یک بازه زمانی نسبتاً بلندمدت قرار دهند. برای تصمیم‌گیری در رابطه با تغییرات جزئی تر منابع آبی و در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر می‌توان از ترکیب این اطلاعات با داده‌های شبکه سنسورهای مکانی استفاده کرد و ضمن افزایش کیفیت اطلاعات، هزینه و زمان را نیز در اندازه‌گیری‌ها کاهش داد. این کاربرد مخصوصاً در تغییرات فصلی کوتاه مدت می‌تواند مفید واقع شود. این راهکار می‌تواند تعداد داده‌های دریافتی به منظور تصمیم‌گیری بهتر را نیز افزایش داده و باعث افزایش معیار تمامیت از کیفیت اطلاعات مکانی مردم‌گستر شود. بنابراین ترکیب این دو شبکه اطلاعات مردمی و شبکه‌های سنسوری می‌تواند راهکار مناسبی جهت ارتقاء سامانه مورد اشاره باشد.

منابع و مآخذ

۱. بابایی، س. تحلیل فضایی خشکسالی‌های بلندمدت ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۱۳۹۲.
۲. خزانه‌داری، ل. عباسی، ف. قندهاری، ش. کوهی، م. ملبوسی، شراره. دورنمایی از وضعیت خشکسالی ایران طی سی سال آینده، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، ۱۳۸۸.
۳. واحدی طرقله، آل شیخ، هنرپرور؛ بهزاد، علی‌اصغر، سپهر. برآورد کمی کیفیت عملی اطلاعات مکانی داوطلبانه

- Ellul. "Assessing data completeness of VGI through an automated matching procedure for linear data." *Transactions in GIS* 16, no. 4 (2012): 477-498.
25. Kowal, Kimberly C. "Tapping the web for GIS and mapping technologies: for all levels of libraries and users." *Information technology and libraries* 21, no. 3 (2002): 109.
26. Ludwig, Ina, Angi Voss, and Maike Krause-Traudes. "A Comparison of the Street Networks of Navteq and OSM in Germany." In *Advancing Geoinformation Science for a Changing World*, pp. 65-84. Springer Berlin Heidelberg, (2011).
27. McKee, Thomas B., Nolan J. Doesken, and John Kleist. "The relationship of drought frequency and duration to time scales." In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, vol. 17, no. 22, pp. 179-183. Boston, MA: American Meteorological Society, (1993).
28. Schnoor, J. L. (2007). Citizen science. *Environmental science & technology*, 41(17), 5923-5923.
29. Senaratne, H., Mobasheri, A., Ali, A. L., Capineri, C., & Haklay, M. (2016). A review of volunteered geographic information quality assessment methods. *International Journal of Geographical Information Science*, 1-29.
30. Sui, Daniel Z. "The wikification of GIS and its consequences: Or Angelina Jolie's new tattoo and the future of GIS." *Computers, Environment and Urban Systems* 32, no. 1 (2008): 1-5.
31. Van Oort, P.V. Spatial data quality: from description to application. PhD thesis, Netherlands Geodetic Commission, Delft, The Netherlands. (2006).
32. Werts, Joshua D., Elena A. Mikhailova, Christopher J. Post, and Julia L. Sharp. "An integrated WebGIS framework for volunteered geographic information and social media in soil and water conservation." *Environmental management* 49, no. 4 (2012): 816-832.
33. Zielstra, Dennis, and Alexander Zipf. "A comparative study of proprietary geodata and volunteered geographic information for Germany." In *13th AGILE international conference on geographic information science*, vol. 2010.
13. Flanagan, Andrew J., and Miriam J. Metzger. "The credibility of volunteered geographic information." *GeoJournal* 72, no. 3-4 (2008): 137-148.
14. Girres, Jean François, and Guillaume Touya. "Quality assessment of the French OpenStreetMap dataset." *Transactions in GIS* 14, no. 4 (2010): 435-459.
15. Goodchild, Michael F. "Citizens as sensors: the world of volunteered geography." *GeoJournal* 69, no. 4 (2007): 211-221.
16. Goodchild, Michael F. "Commentary: whither VGI?." *GeoJournal* 72, no. 3-4 (2008): 239-244.
17. Haklay, Mordechai. "How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets." *Environment and Planning B Planning and Design* 37 (2010): 682-703.
18. Heipke, Christian. "Crowdsourcing geospatial data." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 65, no. 6 (2010): 550-557.
19. Heipke, Christian. "Some Requirements for Geographic Information Systems." *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 70, no. 2 (2004): 185-195.
20. <http://birds.audubon.org/christmas-bird-count> Retrieved March 16, (2015).
21. Irvine, R. J., S. Fiorini, S. Yearley, J. E. McLeod, A. Turner, H. Armstrong, P. C. L. White, and R. Van Der Wal. "Can managers inform models? Integrating local knowledge into models of red deer habitat use." *Journal of Applied Ecology* 46, no. 2 (2009): 344-352.
22. Klöner, C., Marx, S., Usón, T., Porto de Albuquerque, J., & Höfle, B. (2016). Volunteered geographic information in natural hazard analysis: a systematic literature review of current approaches with a focus on preparedness and mitigation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(7), 103.
23. Kolok, Alan S., Heiko L. Schoenfuss, Catherine R. Propper, and Timothy L. Vail. "Empowering citizen scientists: The strength of many in monitoring biologically active environmental contaminants." *BioScience* 61, no. 8 (2011): 626-630.
24. Koukoletsos, Thomas, Mordechai Haklay, and Claire

