دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیست‌ویکم، شماره‌ی ۷۶
زمستان ۱۴۰۰، صفحات ۳۳-۱۹

DOI:10.52547/GeoSpa.21.4.19

*ابوالقاسم امیراحمدی[۱]
مجید ابراهیمی[۲]
فرشته بیرامعلی کیوی[۳]

مکان‌یابی پتانسیل جمع‌آوری آب باران با استفاده از مدل‌سازی عامل مبنای مکانی (مطالعه موردی: پردیس دانشگاه حکیم سبزواری)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰٤/۰۵

چکیده

یکی از مهم‌ترین و ضروری‌ترین مراحل به‌کارگیری سیستم‌های جمع‌آوری آب باران، مکان‌یابی و شناسایی مکان‌های مناسب برای اجرای این تکنولوژی است. با توجه به این‌که بهره‌گیری از سیستم‌های عامل مبنای مکانی به سرعت در حال گسترش است و فناوری مربوط به سیستم‌های مبتنی بر عامل به یک زمینه مطالعاتی و تحقیقاتی رو به رشد تبدیل شده است، هدف از پژوهش حاضر تدوین چارچوبی جهت مکان‌یابی عرصه‌های دارای پتانسیل استحصال جمع‌آوری آب باران در محدوده‌ی پردیس دانشگاه حکیم سبزواری می‌باشد تا ابزار مناسبی را برای پشتیبانی تصمیم‌گیری مدیران و متولیان بهره‌برداری و مدیریت منابع آب محلی فراهم نماید. در نتیجه در این مطالعه محیط شبیه‌سازی با نرم‌افزار NetLogoبه‌عنوان ابزاری برایایجاد مدل‌های عامل مبنای مکانی بررسی و پس از ساخت نقشه‌های مربوط به هر شاخص در محیط ArcGIS آنالیزهای مربوط به تصمیم‌گیری عامل‌ها در قالب توابع موجود انجام و در نهایت اقدام به ارزیابی مکانی جمع‌آوری آب باران در منطقه‌ی مورد مطالعه گردید. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن بود که با استفاده از مدل‌سازی عامل مبنا می‌توان عرصه‌های مستعد برای جمع‌آوری آب باران را با شبیه‌سازی شرایط بارندگی، شناسایی و اقدام به ارزیابی مکانی جمع‌آوری آب باران نمود. همچنین نتایج نشان داد اراضی بایر و بدون ساخت‌وساز، فضای خالی مناسب، قرارگیری در مسیر رواناب‌های جریان یافته و کاهش قابل

*۱- گروه جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. (نویسنده مسئول). E-mail: amirahmadi1388@gmail.com.
۲-گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.
۳- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.2.0]

ملاحضه سرعت جریان آب در جنوب‌غرب دانشگاه به دلیل کاهش شیب از عوامل اصلی مکان‌های مناسب برای جمع‌آوری آب باران بوده است.

کلید واژه‌ها: جمع‌آوری آب باران، عامل مبنا، نرم‌افزار NetLogo، دانشگاه حکیم سبزواری.

مقدمه

جمع‌آوری آب باران (RWH[4]) یکی از قدیمی‌ترین عملیات برای تامین نیاز آب می‌باشد و نقش مهمی را برای تامین تقاضای آب در حال افزایش و مقابله با تغییرات آب‌وهوایی بازی می‌کند (Van der sterren et al., 2012: 363; Rahman, 2017: 5). گرمایش جهانی اثرات بارزی بر روی چرخه‌ی هیدرولوژی و سیستم‌های منابع آب دارد به گونه‌ای که می‌تواند به عنوان تهدیدی بزرگ بر سیستم‌های منابع آب در سراسر جهان قلمداد شود. این تهدیدات برای مناطق مختلف زمین متفاوت می‌باشد (Khorshiddoust & Jafarzadeh, 2020: 38). تغییر اقلیم در دوره‌های آتی می‌تواند تبعات منفی گوناگونی بر منابع آب، کشاورزی، محیط‌زیست، بهداشت، اقتصاد و... برجای گذارد. (Mohammadi et al., 2017: 98). تداوم افزایش میزان تقاضا برای آب، باعث افزایش شکاف میان عرضه و تقاضای آن در آینده خواهد شد. افزایش این شکاف، توجه جدی به مبانی برنامه‌ریزی اقتصادی منابع آب و تخصیص بهینه آن را ضروری می‌نماید (Akbarpour et al., 2015: 148). توجه به محدودیت منابع آب‌های زیرزمینی و افت سطح ایستابی و بعضاً شور شدن آب سفره‌ها به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک، ما را به سمت بهره‌برداری از آب‌های سطحی ترغیب می‌کند (SaadatFoomani et al., 2017: 41). جمع‌آوری آب باران گزینه‌ای مناسبی برای ذخیره رواناب سطحی جهت کاربردهای بعدی به‌ویژه در طول دوره‌هایی که محدودیت دسترسی به آب داریم خواهد بود (Akbarpour et al., 2015: 147; De Winnaar et al., 2007:1059). جمع‌آوری آب باران (RWH) در برگیرنده تمام روش‌هایی است که برای جمع‌آوری و ذخیره رواناب حاصل از بارندگی به‌کار می‌روند (Bouma et al., 2016: 101). الگوهای بارندگی در مناطق خشک و نیمه‌خشک هم در میزان و هم در زمان غیرقابل پیش‌بینی هستند در نتیجه توانایی مدیریت موفق رواناب بسیار مهم است (Hamdan, 2009: 1329; Gould et al., 2014:109). یکی از مهم‌ترین و ضروری‌ترین مراحل به‌کارگیری سیستم‌های جمع‌آوری آب باران، مکان‌یابی و شناسایی محل‌های مناسب برای اجرای این تکنولوژی است. با شناسایی محل‌های مناسب برای این منظور صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در زمان و هزینه صورت می‌گیرد. و علاوه بر این، احتمال شکست این طرح‌ها به حداقل می‌رسد. به دلیل اهمیت موضوع مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران مطالعات گسترده‌ای در دنیا در این زمینه صورت گرفته است (RaoufAsli, 2007; Sekar&Radhir, 2007: 41). از جمله‌ی این مطالعات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: Akbarpour et al (2015) به مقایسه روش‌های مکان‌یابی مناطق مستعد جمع‌آوری آب باران به کمک سیستم پشتیبانی تصمیم (DSS) پرداختند. و دشت بیرجند را از لحاظ استعداد جمع‌آوری آب باران در ٤ گروه ضعیف، متوسط، خوب و بسیار خوب طبقه‌بندی

4- Rain Water Harvesting

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.2.0]

کردند. Abbasi et al (2013) به بررسی پتانسیل استحصال آب باران در حوضه‌های آبخیز شهری پرداختند. در این پژوهش که در شهر مشهد صورت پذیرفت، سطح مورد نظر برای جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب باران، محوطه پارکینگ و آسفالت‌های خیابان محدوده‌ی مورد مطالعه در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که ضریب رواناب در وقایع منجر به بارندگی به طور متوسط برای فصل بهار ۰/۵۲، برای فصل پاییز ۰/۵۹ و برای فصل زمستان ۰/۶۰ می‌باشد. Mahmoudi (2012) به منظور مکان‌یابی مناطق مناسب برای ذخیره آب باران که در حوضه آبخیز درخت سنجد انجام گرفت نشان داده است که اثر بارندگی در منطقه بیش از سایر عوامل است و بعد از آن به‌ترتیب نفوذپذیری خاک، پوشش سطحی خاک و شیب دارای بیش ترین اثر هستند.(2017) Rahman به مطالعه‌ی آخرین پیشرفت‌ها در مدل‌سازی و پیاده‌سازی سیستم‌های جمع‌آوری آب باران پرداخت. در این مقاله طیف گسترده‌ای از مسائل جمع‌آوری آب باران از قبیل استفاده از فناوری‌های فضایی، کشاورزی شهری، تامین آب مناطق خشک، تجزیه‌وتحلیل چند معیاره و استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی ارزیابی گردید. Imteaz et al (2011) پتانسیل استحصال آب را بر اساس یک مدل بیلان روزانه برای جنوب غربی نیجریه مورد مطالعه قرار داده اند. حجم رواناب بر اساس بارندگی روزانه و سطوح نفوذناپذیر و ضریب رواناب که در اینجا ۸۵ درصد فرض شده، برآورد گردیده است. Jothiprakash & Sathe (2009) به ارزیابی ساختارها و روش‌های جمع‌آوری آب باران با استفاده از سیستم تحلیل سلسله مراتبی برای مناطق صنعتی بزرگ مقیاس هندوستان پرداختند. نتایج آن‌ها مفید بودن سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره را در شناسایی مکان‌های مناسب برای پروژه‌های جمع‌آوری آب باران تأیید کرد. Sekar & Radhir (2007) در تحقیق خود به ارزیابی مکانی پتانسیل جمع‌آوری آب باران و هزینه‌های جمع‌آوری در سیستم حوضه آبخیز پرداخته بودند. که هدف از این تحقیق توسعه جمع‌آوری آب و ارزیابی پتانسیل جمع‌آوری آب با استفاده از رواناب‌های سطحی و تغذیه آب‌های زیرزمینی ارزیابی شده است، نتایج نشان داد که برداشت آب می‌تواند برای به حداقل رساندن هدررفت آب و تقویت منابع آب در سیستم حوضه آبخیز استفاده شود و جمع‌آوری آب نیاز به یک ارزیابی دقیق مکانی و ارزیابی هیدرولوژی آب‌های سطحی و زیرسطحی زمین دارد. همچنین در مورد مطالعات انجام گرفته در مورد مدل‌سازی عامل مبنا با استفاده از نرم افزار NetLogo می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. (2009) Fontaine & Rounsevell برای مدل‌سازی تقاضای مسکن در یک منطقه‌ی جغرافیایی، مدل عامل مبنا را با استفاده از ابزار NetLogo شبیه‌سازی نمودند. نتایج آن‌ها دال بر وجود الگوهای ناهمگون مکانی در توسعه بی‌رویه شهری بود؛ به‌طوری که برخی مناطق نسبت به دیگر نواحی دارای تقاضای بیش تری برای مسکن بودند؛ به‌طور مثال براندل به علت نزدیکی به شهر مرکزی نوریچ، پارک ملی و رودخانه، دارای تقاضای بیش‌تری برای مسکن بود که منجر به بالارفتن توسعه شهری و افزایش خطر آلودگی‌های زیست‌محیطی و خسارت ناشی از سیل در این منطقه می‌باشد. Salze et al (2014) برای کشف تأثیر آگاهی افراد و توزیع مکانی آن‌ها روی نرخ زنده ماندنشان در هنگام وقوع یک انفجار صنعتی، مدل عامل مبنا را در نرم‌افزار NetLogo طراحی نمودند. شبیه‌سازی آنان نشان داد که تعداد اولیه در شروع مدل‌سازی و نحوه پیکربندی مکانی محیط، تأثیر به‌سزایی روی نرخ زنده ماندن افراد

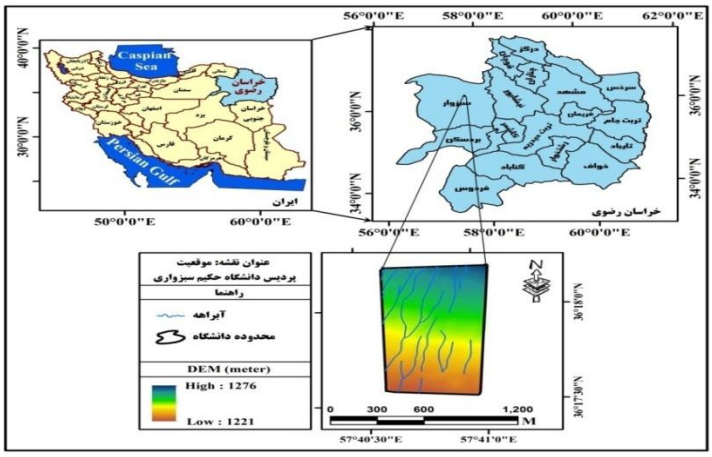
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.2.0]

می‌گذارد.مرور کلی منابع نشان می‌دهد، که جمع‌آوری و ذخیره آب باران در مناطق کم باران از بهترین تکنیک‌های مدیریت و بهره‌برداری از آب باران و استفاده بهینه از آن می‌باشد و نیاز به یک ارزیابی دقیق مکانی و ارزیابی هیدرولوژی آب‌های سطحی و زیرسطحی زمین دارد. همچنین ارزیابی پتانسیل جمع‌آوری آب باران در مناطق خشک و نیمه‌خشک روش بسیار مناسب و بهینه‌ای جهت تامین آب مورد نیاز می‌باشد. لذا در تحقیق پیش رو سعی شده است با استفاده از روشی جدید و با بهره‌گیری از فناوری عامل مبنا مکان‌های مستعد استحصال آب باران شناسایی گردد. در نتیجه هدف اصلی پژوهش فوق ارائه ابزار و روشی برای شناسایی مکان‌های دارای پتانسیل جمع‌آوری آب باران می‌باشد. این مکان‌ها ممکن است در زمان وقوع بارندگی‌های شدید با ورود پارامترهای لازم انجام و یا با شبیه‌سازی شرایط بارندگی جهت پیش‌بینی مکان‌های مناسب انجام شود.

منطقه مورد مطالعه

پردیس دانشگاه حکیم سبزواری به لحاظ موقعیت جغرافیایی در ٥٦ ٤٠ ٥٧° تا ٥٧ ٤١ ٥٧° طول شرقی و ١٤ ١٧ ٣٦° ٣٦ تا ٢٧ ١٨ ٣٦° عرض شمالی با مساحتی حدود ٢/٠٦ کیلومتر مربع در شهرستان سبزوار و شمال شهرک توحید قرار دارد (شکل ۱). حداکثر ارتفاع در منطقه‌ی مورد مطالعه ١٢٧٦ متر و حداقل ارتفاع آن ١٢٢١ متر و شیب متوسط آن حدود ۹ درصد است. بیش‌ترین میزان شیب مربوط به بخش‌های بالادست در حدود کوی کارمندان و بالاتر از دانشکده فنی و مهندسی و کم‌ترین میزان شیب مربوط به پایین دست می‌باشد. جهت عمومی شیب در محدوده دانشگاه به سمت جنوب است. متوسط بارندگی سالیانه در منطقه‌ی مورد مطالعه ۱۸۱ میلی‌متر می‌باشد. اراضی مربوط به محدوده‌ی دانشگاه از رسوبات کوهپایه‌ای دارای بافت دانه درشت که در اثر آب شستگی کوه‌ها شسته و حمل شده‌اند تشکیل یافته‌اند. قسمت‌هایی از این رسوبات که بخش عمده دشت را در سمت جنوب تشکیل می‌دهند، تحت تأثیر تشکیلات نمکی و گچی قرار گرفته‌اند (شکل ۲). بخش عمده‌ای از اراضی دانشگاه، تحت سیطره بوته‌های خودرو (١٨/٤٠ کیلومترمربع) می‌باشد. جدول (۱) مساحت و درصد کاربری اراضی پوشش دهنده‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

Figure 1: Geographical location of the study area

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.2.0]



شکل ۲: بالا بودن درجه‌ی شوری و گچی بودن خاک‌ها در محدوده‌ی دانشگاه

Figure 2: High salinity and gypsum soil in the university

جدول ۱- مساحت و درصد مساحت کاربری اراضی در منطقه‌ی مورد مطالعه

Table 1- Area and percentage of land use area in the study area

ردیف	نوع کاربری زمین	مساحت (مترمربع)	درصد مساحت
۱	مرتع فقیر	۱۵۱٤۰۰۰	۷۳/۸
۲	درخت‌زار	۱۱۵۰۰۰	۵/٦
۳	چمن‌زار	۳۱۰۰۰	۱/۵
٤	سنگ‌فرش	۸۵۰۰۰	٤/۲
۵	بلوک‌های ساختمانی	۸۵۰۰۰	٤/۲
٦	کوی کارمندان	۱٤۲۰۰۰	٦/۹
۷	پوشش سیمانی	۱٤۰۰۰	۰/٦
۸	پوشش آسفالتی	٦٤۰۰۰	۳/۲

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد نیاز و آماده‌سازی داده‌ها

داده‌های مورد نیاز در این پژوهش شامل نقشه‌های درجه حرارت، نقشه‌ی بارش و یا پیش‌بینی بارندگی، مدل ارتفاع رقومی زمین (DEM)، نقشه‌ی کاربری اراضی، نقشه‌ی شبکه‌ی جمع‌آوری آب‌های سطحی و نقشه‌ی سرعت جریان

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.2.0]

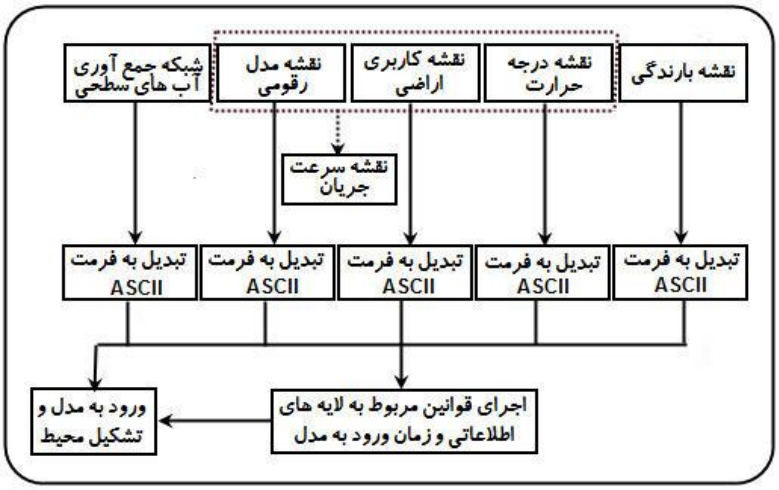
آب می‌باشد.از نقشه‌ی درجه حرارت برای بررسی میزان تبخیر آب‌های جاری شده سطحی حاصل از بارندگی استفاده گردید. از لایه اطلاعاتی کاربری اراضی نیز برای تعیین میزان جذب آب حاصل از بارندگی در مناطق مختلف و همچنین تعیین سرعت حرکت جریان بهره‌گیری شد. با توجه به این‌که تمامی آب حاصل از بارندگی جریان نمی‌یابد و بخشی از آن تبخیر می‌شود. و بخش دیگر نیز توسط سطوحی که در آن جریان می‌یابد جذب می‌شود و این امر باعث کاهش میزان آب جریان یافته و همچنین کاهش سرعت جریان می‌شود. از نقشه‌ی بارش و یا پیش‌بینی بارندگی برای تولید عامل‌ها در سیستم که همان قطرات باران تشکیل دهنده‌ی جریان آب هستند، استفاده شد. نقشه بارندگی در کنار مدت زمان بارندگی تشکیل لایه اطلاعاتی تحت عنوان شدت بارش را می‌دهد که بیانگر میزان بارندگی در واحد زمان می‌باشد (Mehralian et al., 2014: 51). زیرا ممکن است بارندگی در مدت زمان طولانی رخ بدهد ولی به علت کم بودن شدت بارش که با مشکل آب گرفتگی مواجه نشویم. همچنین در شرایطی ممکن است بارندگی در مدت زمان کوتاه و با شدت زیادی رخ دهد و با همین میزان کم بارندگی در مدت زمان کوتاه، با سرریز آب از شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی و آب‌گرفتگی مواجه شویم.از لایه‌ی اطلاعاتی شدت بارش برای تولید عامل‌ها در مورد زمان یا همان گام‌های اجرای مدل و از نقشه‌ی شبکه‌ی جمع‌آوری و انتقال آب‌های سطحی برای تعیین مسیرهای نهایی جریان یافتن آب استفاده گردید.از مدل ارتفاع رقومی جهت تعیین حرکت عامل‌ها و همچنین به عنوان یکی از پارامترهای تأثیرگذار در جهت جریان استفاده گردید. داده‌های استفاده شده برای بازسازی شرایط محیطی در نرم‌افزار ArcGIS آماده‌سازی شدند و سپس به صورت لایه‌های رستری در محیط شبیه‌سازی NetLogo فراخوانی شدند و طبق قوانینی که در همان محیط برایشان طراحی و نوشته شد جابه‌جا می‌شوند. شکل (۳) خلاصه مراحل انجام این پژوهش را نشان می‌دهد.

نرم‌افزارNetLogoدر اصل یک نرم‌افزار با زبان برنامه‌نویسی مخصوص به‌خود است؛ که به سرعت قابل یادگیری بوده و در زمینه ایجاد مدل‌های عامل مبنا، بیش‌ترین استفاده را توسط محققین داشته است. علاوه بر این، نرم‌افزاری متن‌باز[5] بوده و دسترسی به آن رایگان است. محیط این زبان برنامه‌نویسی بر مدل‌سازی پدیده‌های طبیعی و اجتماعی بسیار مناسب است، به عبارت دیگر برای مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده که در حال تغییر با زبان هستند کاربرد دارد (Manson et al., 2012; Salze et al., 2014). نرم‌افزارNetLogo به محققان این امکان را می‌دهد که پدیده‌های متفاوت را شبیه‌سازی و رفتار آن‌ها را تحت شرایط متفاوت تحلیل نمایند. پیاده‌سازی مدل‌های عامل مبنا در این محیط ساده است، به‌طوری که در مباحث بسیاری مانند زیست‌شناسی، پزشکی، فیزیک، شیمی، ریاضیات، علوم کامپیوتر، علوم محیطی، اقتصاد و روان‌شناسی به‌کار گرفته شده است. در محیط NetLogo با توجه به سادگی زبان آن، امکان توسعه اولیه مدل به سهولت و با سرعت فراهم است (Tabasi & Aleshikh, 2016).

5- Open Source

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.2.0]



شکل ۳: فرآیند آماده‌سازی داده‌ها و تشکیل محیط

Figure 3: The process of preparing data and creating an environment

مدل‌سازی عامل مبنا

سیستم‌های عامل مبنای مکانی و شبیه‌سازی عامل مبنا با توجه به امکان ترکیب مکان و زمان می‌تواند ابزاری قدرتمند در زمینه‌ی مدیریت آب‌های سطحی و جمع‌آوری آب باران باشند (Mehralian et al., 2014: 53). بهره‌گیری از سیستم‌های عامل مبنای مکانی به سرعت در حال گسترش است و فناوری مربوط به سیستم‌های مبتنی بر عامل به یک زمینه مطالعاتی و تحقیقاتی رو به رشد تبدیل شده است. تئوری عامل به‌عنوان ترکیبی از چند زمینه‌ی تحقیقاتی جدید و مهم در نظر گرفته می‌شود (Weiss, 1999). پیش‌بینی می‌شود سیستم‌های عامل مبنای مکانی و فناوری عامل از گونه‌های اصلی محاسباتی در سال‌های آتی باشند. در علوم مختلف همیشه سعی بر این بوده است تا با شکستن سیستم‌ها به اجزاء کوچک‌تر آن‌ها را به صورت جداگانه و جز به‌جز تحلیل کنند. در واقع در بازسازی عامل مبنا روشی که در پیش گرفته می‌شود، به این صورت است که در آن از قرار دادن اجزا یا عامل‌های ساده در کنار هم به منظور ایجاد رفتارهای پیچیده استفاده می‌شود. از این‌رو مدل‌سازی عامل مبنا به عنوان یک روش پایین به بالا شناخته می‌شود(Macal & North, 2008: 124). مدل‌های عامل مبنا مدل‌هایی در سطح میکرو هستند که مستقیماً موجودیت‌های تصمیم گیرنده‌ای را ارائه و تعاملات آن‌ها با یکدیگر و با محیط‌های فیزیکی و اجتماعی‌شان را نمایش می‌دهد (Jirani, 2011: 19). عامل‌ها نوعی از سیستم‌های نرم‌افزاری هستند که دارای مشخصات و خصوصیات از پیش تعریف شده‌ای برای رسیدن به یک هدف می‌باشد (Guilfoyle & Waner, 1994: 1328). در حالت کلی سیستم‌های مبتنی بر عامل عبارتند از مجموعه‌ای از عامل‌های مستقل که دارای اجتماع با یکدیگر در رسیدن به یک هدف کلی با برنامه‌ریزی، همکاری و هماهنگی، امکان حصول به هدف کلی را برآورد می‌سازند. در سیستم‌های نرم‌افزاری مبتنی بر عامل امکان دستیابی به اهداف سیستم با یک عامل یا بدون حضور همه آن‌ها میسر نخواهد بود (Akhondi, 2011). در واقع با مشاهده و بهره‌گیری از تعامل بین عامل‌ها با یکدیگر بر اساس پایگاه

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.2.0]

دانش و منطق حاکم بر عامل‌ها می‌توان به هدف یا اهداف مورد نظر دست یافت و با استفاده از یک عامل به تنهایی و بدون تعامل و منطق صحیح نمی‌توان به نتایج صحیح و دقیقی دست یافت.

یافته‌ها و بحث

سیستم عامل مبنای طراحی شده

سیستم‌های عامل مبنای مکانی مانند هر سیستم هوشمند دارای ساختاری جهت انجام مکانیسم‌های استدلال و یادگیری بر اساس پایگاه دانش می‌باشد. از جمله مشخصات اصلی عامل‌ها به عنوان یک سیستم نرم‌افزاری، انجام عامل‌های منطبق بر اهداف در محیط‌های تعریف شده است (Abdullah Zadeh et al., 2005). در طراحی سیستم‌های عامل مبنا با دو مبحث مواجه هستیم.الف) طراحی عامل‌ها و قوانین مربوط به آن‌ها و همچنین روابط بین عامل‌ها با یکدیگر ب) طراحی محیطی است که عامل‌ها در آن به فعالیت می‌پردازند.

الف) عامل‌های موجود در سیستم

در سیستم طراحی شده عامل‌های ما قطره‌های باران یا به عبارت دقیق‌تر جریان آب ناشی از بارندگی هستند. که بر اساس پارامترهایی همچون شدت بارندگی تولید می‌شوند. مقدار جریان آب حاصل از بارش تحت تأثیر پارامترهایی همچون جذب سطحی، میزان تبخیر و سطحی که در آن جریان می‌یابند دچار تغییرات می‌شود. یعنی بخشی از آب ناشی از بارندگی از طریق سطحی که بر آن می‌بارد و یا در آن جریان می‌یابد جذب می‌شود. همچنین ممکن است بخشی از آن بر حسب درجه حرارت سطح تبخیر شود. همچنین با توجه به سطحی که آب باران روی آن جریان می‌یابد جریان آب دارای سرعت‌های مختلفی خواهد بود. به عنوان مثال قطرات باران وقتی بر روی سطح ساختمان‌ها و خیابان‌ها می‌ریزند، نسبت به زمانی که در داخل جوی‌ها و یا شبکه انتقال آب‌های سطحی هستند دارای سرعت کم‌تری می‌باشند. در مناطق توسعه یافته شهری، سطوح غیر قابل نفوذ مانند آسفالت خیابان‌ها و سقف ساختمان‌ها، مانع از مرطوب شدن مستقیم زمین به طور طبیعی و عدم نفوذ آب به داخل آن می‌شوند. در خلال یک بارندگی در شهر با ۷۰ درصد تا ۱۰۰ درصد سطح غیرقابل نفوذ ۳۰ درصد از حجم بارندگی تبخیر، ۱۰ درصد نفوذ سطحی، ۵ درصد نفوذ عمقی و ۵۵ درصد تبدیل به رواناب می‌شود. در صورتی که در مناطق طبیعی ٤٠ درصد از حجم بارندگی به صورت تبخیر، ۲۵ درصد نفوذ سطحی، ۲۵ درصد نفوذ عمقی و حجم رواناب در حدود ۱۰ درصد است (Mehralian et al., 2014: 53). با توجه به مثال مذکور میزان هر یک از پارامترهای سطحی، سرعت جریان، تبخیر و .... با توجه به بافت شهری و کاربری‌های مختلف متفاوت خواهد بود.

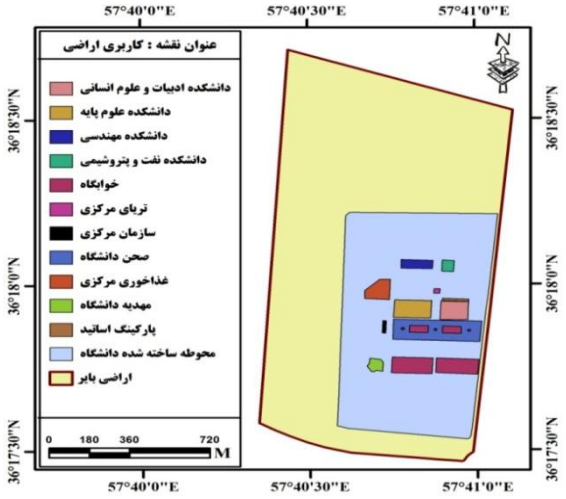
ب) محیط طراحی شده

محیط به فضایی گفته می‌شود که عامل‌ها در آن حرکت و با یکدیگر مراوده می‌کنند و بر هم اثر می‌گذارد. عامل محیط را حس می‌کند و در محیط عمل می‌کند و بر روی آن تأثیر می‌گذارد. در طراحی محیط برای سیستمی که امکان شبیه‌سازی شرایط بارندگی در مناطق مختلف را دارا باشد، فاکتورهای متعددی تأثیرگذار هستند که این

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

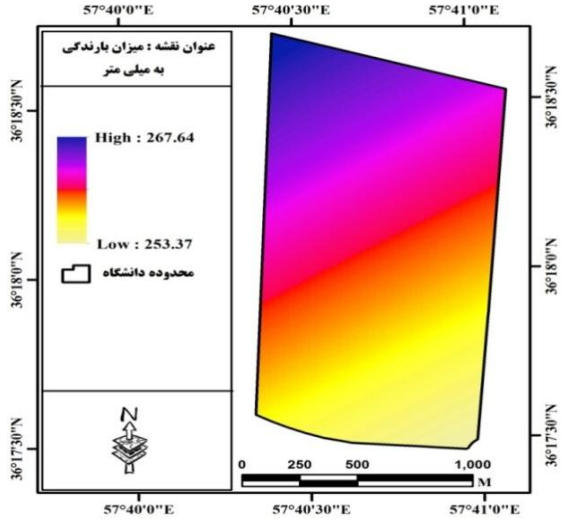
[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.2.0]

فاکتورها شامل لایه‌های اطلاعاتی مختلفی می‌باشند که بایداز منابع مختلف موجود در بحث سیستم اطلاعات مکانی و از طریق نرم‌افزارهایی همچون ArcGIS تهیه و جهت ورود به مدل آماده‌سازی شوند. در این پژوهش برای طراحی محیط از لایه‌های اطلاعاتی رستری مختلفی همچون نقشه‌ی درجه حرارت، نقشه‌ی بارش (پیش‌بینی بارندگی)، مدل ارتفاع رقومی (DEM)، نقشه‌ی کاربری اراضی، نقشه‌ی شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی و نقشه‌ی سرعت جریان آب استفاده شده است. شکل‌های (٤ تا ٩) نقشه‌های استفاده شده برای محیط طراحی شده را نشان می‌دهد.



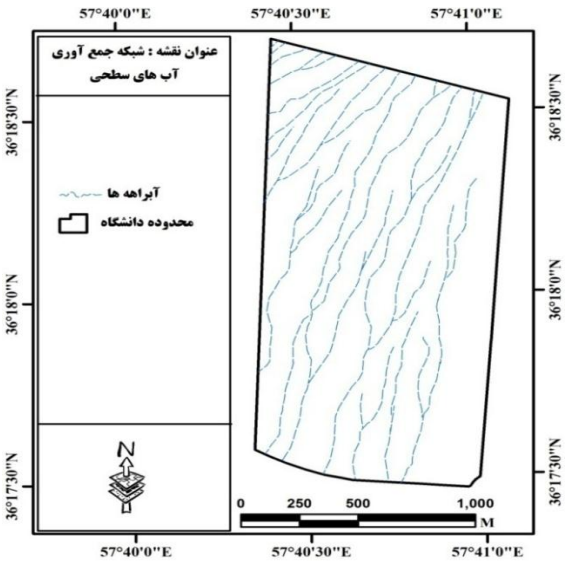
شکل ٤: نقشه‌ی کاربری اراضی

Figure 4: Land use map



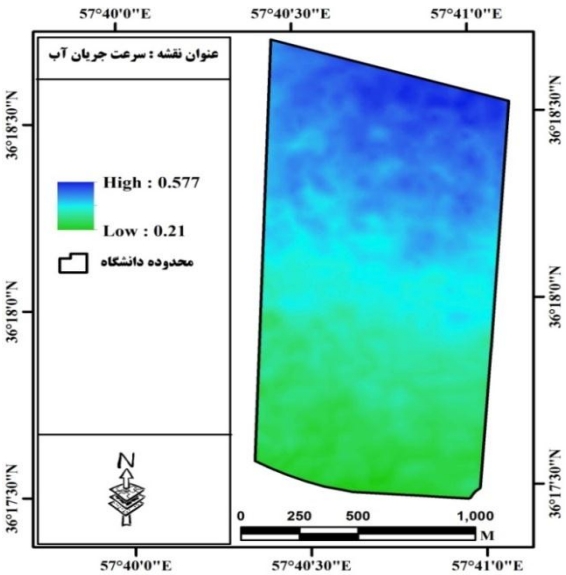
شکل ٥: نقشه‌ی میزان بارندگی

Figure 5: Rainfall map



شکل ٦: نقشه‌ی شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی

Figure 6: Surface water collection network map

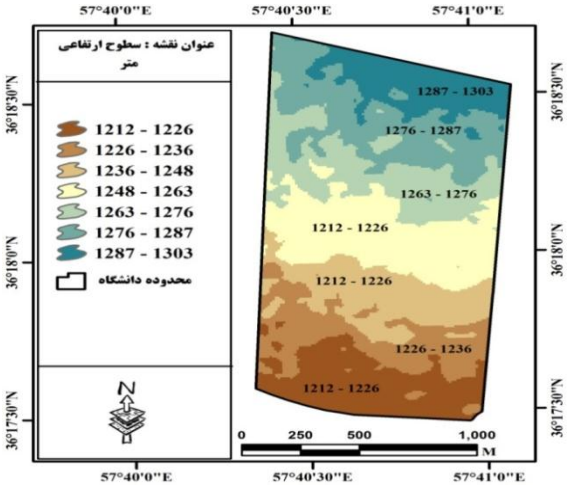


شکل ۷: نقشه‌ی شبکه سرعت جریان آب

Figure 7: Water flow rate network map

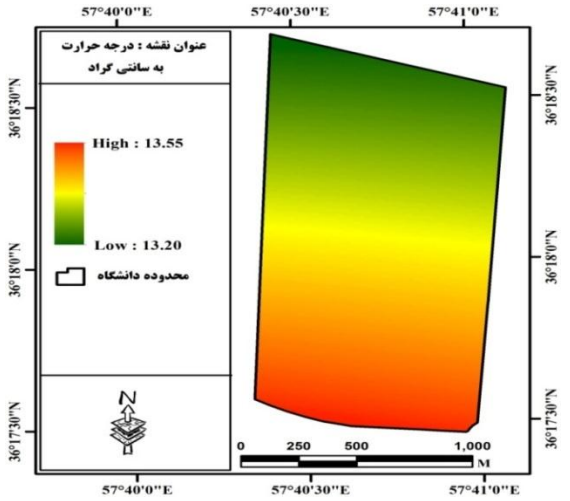
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.2.0]



شکل ۸: نقشه‌ی مدل ارتفاع رقومی (DEM)

Figure 8: Digital elevation model map

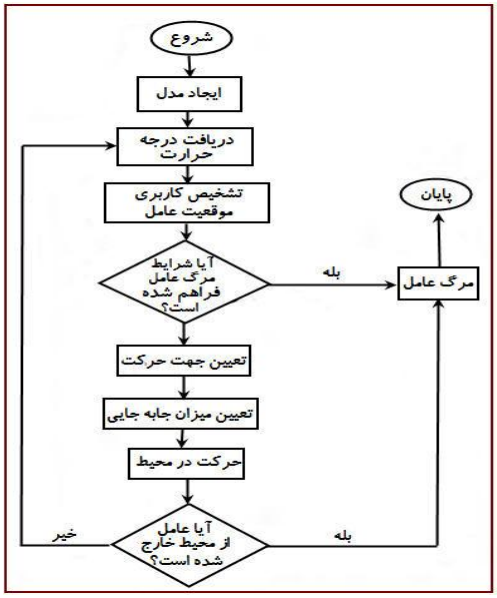


شکل ۹: نقشه‌ی درجه حرارت

Figure 9: Temperature map

طراحی و پیاده‌سازی مدل

طراحی و پیاده‌سازی مدل در حقیقت طراحی و پیاده‌سازی عامل‌ها در محیط است. در این بخش لازم است که پایگاه دانش شکل‌گرفته و قوانین مربوطه عامل‌ها و تعامل آن‌ها با یکدیگر در محیط در یک چارچوب مشخص تدوین گردد. در این مرحله مشخص می‌گردد که محیط چگونه شکل می‌گیرد و عامل‌ها در سیستم چگونه با یکدیگر و محیط به تعامل خواهند پرداخت. یعنی عامل‌ها چگونه محیط را درک کرده و بر یکدیگر و محیط تأثیر می‌گذارند. برای پیاده‌سازی این سیستم از نرم‌افزار NetLogo 6.0.2 استفاده شده است که با اضافه شدن بسته‌ی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به آن امکان استفاده از داده‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) فراهم می‌گردد. شکل (۱۰) رفتار عامل‌ها در سیستم شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰: نحوه‌ی عملکرد عامل‌ها در محیط

Figure 10: How agents work in the environment

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.2.0]

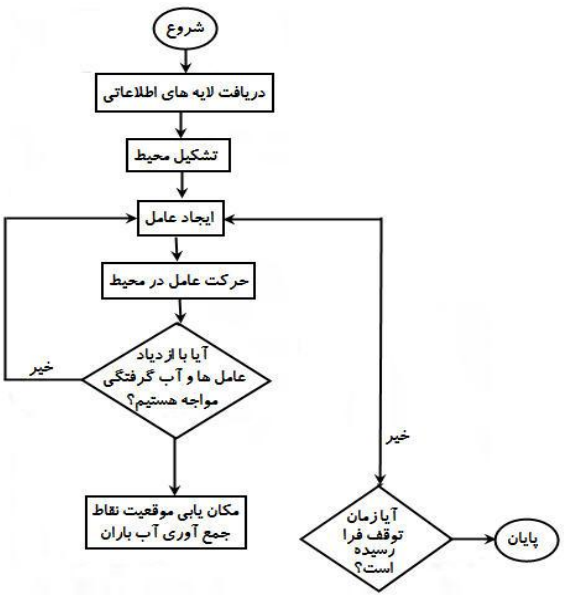
سناریوسازی

در بحث سناریوسازی ما با وارد کردن داده‌های واقعی در زمان بارندگی یا داده‌های پیش‌بینی شده و یا داده‌های شبیه‌سازی شده به مدل و اجرای مدل به یک سری خروجی دست پیدا می‌کنیم که شامل نقشه‌ی مناطقی است که دارای پتانسیل جمع‌آوری آب باران می‌باشند. با استفاده از این نقشه‌ها اگر مربوط به داده‌های واقعی و در حین بارندگی باشند، می‌توان مکان‌های مناسب جمع‌آوری آب باران را شناسایی و تصمیم نهایی جهت تعیین مکان‌های مناسب احداث حوضچه‌های جمع‌آوری آب باران اتخاذ نمود و اگر بر اساس داده‌های پیش‌بینی شده و یا شبیه‌سازی شده مدل را اجرا کنیم شبکه جمع‌آوری و انتقال آب‌های سطحی را بررسی و مناطقی که مستعد ایجاد بحران هستند را می‌توان شناسایی کرد. و در نهایت جهت جلوگیری از وقوع بحران و بهبود زیرساخت‌هاتصمیمات لازم را اتخاذ نمود. شکل (۱۱) نحوه عملکرد سیستم و شکل‌های (۱۲ و ۱۳) به‌ترتیب نمایی از سیستم شبیه‌سازی شده با استفاده از نرم‌افزار NetLogo و اطلاعات خروجی حاصل از مدل که مکان‌های دارای پتانسیل جمع‌آوری آب باران هستند را نمایش می‌دهد.مختصات جغرافیایی مناطق دارای پتانسیل جمع‌آوری آب باران بر اساس طول و عرض جغرافیایی به‌شرح جدول (۲) می‌باشد.

جدول ۲- مختصات جغرافیایی نقاط دارای پتانسیل جمع‌آوری آب باران

Table 2- Geographical coordinates of points with rain water harvesting collection potential

ردیف	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
موقعیت ۱	۵۷° ٤٠ ٢٦	٣٦° ١٧ ٣٥
موقعیت ۲	۵۷° ٤٠ ٢٣	٣٦° ١٧ ٣٧
موقعیت ۳	۵۷° ٤٠ ٣١	٣٦° ١٧ ٤٧

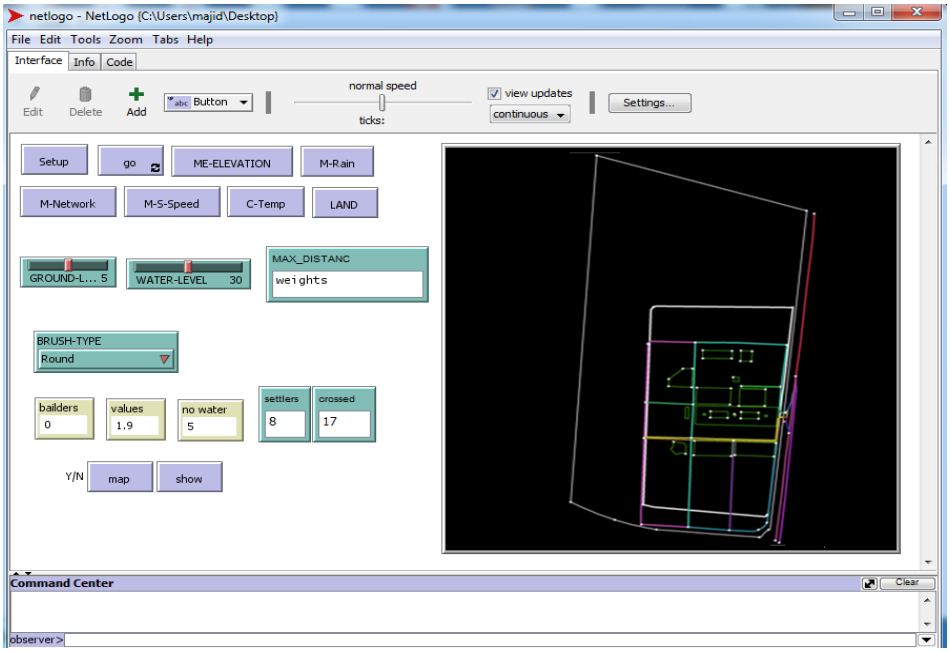


شکل ۱۱: نحوه‌ی عملکرد سیستم

Figure 11: System performance

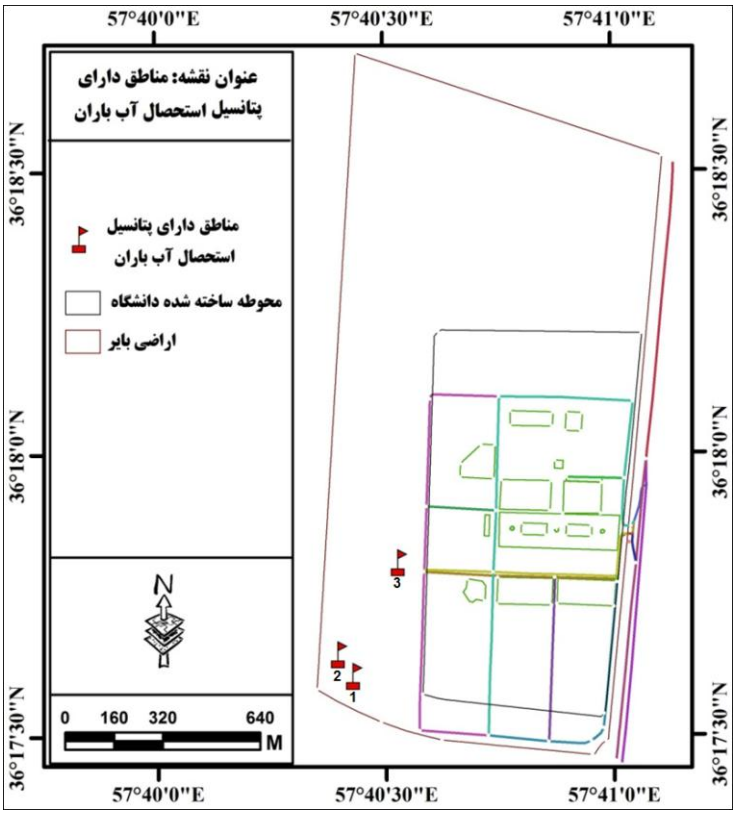
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.2.0]



شکل ۱۲: سیستم پیاده‌سازی شده در نرم افزار NetLogo

Figure 12: Implemented System in NetLogo software



شکل ۱۳: اطلاعات خروجی حاصل از مدل‌سازی در نرم‌افزار GIS

Figure 13: Output information from modeling in GIS software

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.2.0]

نتیجه‌گیری

با توجه به روند گرمایش کنونی ایران و به‌ویژه شهر سبزوار که با کاهش قابل ملاحظه بارش و رواناب همراه بوده است و همچنین تغییر الگوی بارش و افزایش نیاز به منابع آبی در بستر روند گرمایشی، ایجاد عرصه‌های مناسب جهت جمع‌آوری آب باران و استفاده‌ی بهینه از رواناب‌ها امری ضروری است. ارزیابی مکانی و شناسایی عرصه‌های مناسب جمع‌آوری آب باران، یک گام مهم و ضروری در به‌کارگیری سیستم‌های جمع‌آوری باران می‌باشد. با اجرای شبیه‌سازی انجام شده و بررسی اطلاعات خروجی به این نتیجه می‌رسیم که مدل‌سازی عامل مبنا و بهره‌گیری از سیستم‌های شبیه‌سازی عامل مبنا در بحث مکان‌یابی پتانسیل جمع‌آوری آب باران دارای کارایی فروانی است و امکان ترکیب و آنالیز اطلاعات مکان مبنای مختلف را با در نظر گرفتن زمان فراهم می‌سازد. نتایج نشان داد که با در کنار هم قرار دادن دو فاکتور زمان و مکان می‌توانیم عرصه‌های مناسب جهت جمع‌آوری آب باران را تشخصی دهیم. بنابراین با تلفیق مدل‌سازی عامل مبنای مکانی با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌توان ابزاری کارآمد در ارزیابی پتانسیل جمع‌آوری آب باران و رواناب ایجاد نمود، که مدیران را در بحث تصمیم‌گیری و کنترل رواناب‌ها یاری دهد. جانمایی حوضچه‌های ذخیره آب با توجه به تراکم واحدهای ساختمانی در داخل دانشگاه و همچنین موقعیت مخروط‌افکنه‌ای زیربنای آن‌که موجب پخش رواناب‌های حاصل از بارندگی یا جریان فصلی می‌گردد، در سه نقطه صورت گرفته است. اراضی بایر و بدون ساخت‌وساز، فضای خالی مناسب، قرارگیری در مسیر رواناب‌های جریان یافته بر سطح دانشگاه، کاهش قابل ملاحظه سرعت جریان آب در پایین دست دانشگاه به دلیل کاهش شیب، از عوامل اصلی جانمایی حوضچه‌های جمع‌آوری آب باران در منطقه‌ی مورد مطالعه بوده است. از جمله پارامترهایی که در این تحقیق به آن پرداخته نشده است دخالت دادن عوامل انسانی در سیستم شبیه‌سازی شده در محیط نرم افزار است. به‌گونه‌ای که با شبیه‌سازی رفتار انسان و بررسی سناریوهای مختلف می‌توان بهترین روش را برای مکان‌های مناسب جهت جمع‌آوری آب باران و انجام اقدامات لازم جهت جلوگیری از هدر رفت رواناب اتخاذ کرد. لذا این موضوع می‌تواند زمینه‌ای مناسب برای تحقیقات بعدی باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی با عنوان "برآورد حجم رواناب و ارزیابی مکانی پتانسیل جمع‌آوری آب‌های سطحی در حوضه آبخیز شهری مشرف به دانشگاه حکیم سبزواری" مصوب دانشگاه حکیم سبزواری در سال ۱۳۹۶، به شماره ۹۶/۸۴۱۴د می‌باشد. بدین وسیله از حمایت مالی دانشگاه در انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را داریم.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.2.0]

References

- Abbasi, A. A., Tabatabai, J., Tavakoli, H., (2013), "Study of the potential for harvesting rainwater in urban watersheds (Case study: city of Mashhad) ", ***Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems***, 2(2): 17-24.[In Persian].
- Abdullah Zadeh, A., Masoumi, B., AyatollahzadehShirazi, M. R., (2005), ***"Introduction to distributed AI (introducing agent and multi-functional systems)***", Jelveh publisher: Tehran, 287pp.[In Persian].
- Akbarpour, A., Sadeghi, S., Foroughifer, H., Shahidi, A., (2015), "Comparison of methods for locating suitable areas for rain water collection by using decision support system (DSS) based on GIS", ***Geography and Development Journal***, 39 (13): 147-164. [In Persian].
- Akhondi, M., (2011), "Intelligent modeling of urban transport system by agent", M.Sc. thesis, Faculty of geotechnical surveying and engineering, Khajeh Nasir Toosi University of Technologg. [In Persian].
- Bouma, J. A, Hegde, S. S., Lasage, R., (2016), "Assessing the returns to water harvesting: A meta-analysis", ***Agricultural Water Management***, 163 (2): 100-109.
- De Winnaar, G., Jewitt, G. P. W., Horan, M., (2007), "A GIS-based approach for identifying potential runoff harvesting sites in the Thukela river basin, south Africa", ***Physics and Chemistry of the Earth***, Parts A/B/C, 32 (15-18): 1058-1067.
- Fontaine, C. M., Rounsevell, M. D,. (2009), "An agent-based approach to model future residential pressure on a regional landscape", ***Landscape Ecology***, 24 (9): 1237-1253.
- Gould, J., Qiang, Z., Yuanhong, L., (2014), "Using every last drop: rainwater harvesting and utilization in Gansu Province, China", ***Waterlines***, 33 (2): 107-119.
- Guilfoyle, C., Warner, E., (1994),***"Intelligent agents: The new revolution in software"***, Ovum: London.
- Hamdan, S. M., (2009), "A literature based study of stormwater harvesting as a new water resource", ***Water Science and Technology***, 60 (5): 1327-1339.
- Imteaz, M. A., Shanableh, A., Rahman, A., Ahsan, A., (2011), "Optimisation of rainwater tank design from large roofs: A case study in Melbourne, Australia", ***Resources, Conservation and Recycling***, 55 (11): 1022-1029.
- Jirani, A., (2011), "Modeling the spread of contagious diseases using the agent based", M.Sc. thesis, Faculty of geotechnical surveying and engineering, Khajeh Nasir Toosi University of Technology. [In Persian].
- Jothiprakash, V., Sathe, M. V., (2009), "Evaluation of rainwater harvesting methods and structures using analytical hierarchy process for a large scale industrial area", ***Journal of Water Resource and Protection***, 60 (1): 427-438.
- Khorshiddoust, A., Jafarzadeh, F., (2020), "Forecasting and analyzing of rainfall changes in the southern coasts of caspian sea in order to environmental planning using SDSM model", ***Journal of Geogrphical Space***, 70: 37-59. [In Persian].
- Macal, C. M., North, M. J., (2008), "Agent-based modeling and simulation: ABMS examples", In 2008 Winter Simulation Conference, 7-10 December 2008,Miami, USA.
- Mahmoudi, N., (2012), "Site slection appropriate areas to store rainwater (Case study: Derakhte Senged watershed)", First national conference on rainfall rainwater levels system, 22 to 23 December 2012, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center.[In Persian].
- Manson, S. M., Sun, S., Bonsal, D., (2012), "***Agent-based modeling and complexity***, ***In Agent-based models of geographical systems***", Springer Netherlands: Dordrecht.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.2.0]

- Mehralian, O., Mesgari, M., Jalalifar, R., (2014), "Stormwater management using agent based modeling", ***Geospatial Engineering Journal***, 5 (2): 49-58. [In Persian].
- Mohammadi, H., Azizi, G., Rabbani, F., Mazahei, D., (2017), " Long-term prediction of the climate variables in northern shore of iran on uncertainty of global climate models", ***Journal of Geographical Space***, 56: 95-113.[In Persian].
- Rahman, A., (2017), "Recent advances in modelling and implementation of rainwater harvesting systems towards sustainable development", ***Water***, 12 (9): 1-7.
- Raouf Asli, Y., (2007), "The use of rainwater harvesting areas for supplementary irrigation", M.Sc Thesis, Faculty of Fersowsi, University of Mashhad.
- Saadat Foomani, M., Malek Mohammadi, B., Salehi, E., (2017), "Sitting bioretention cells in urban runoff management using fuzzy logic and analytic hierarchy process Case study: region 1 of Tehran)", ***Geography and Urban Regional Logistics***, 24 (7): 39-56. [In Persian].
- Salze, P., Beck, E., Douvinet, J., Amalric, M., Bonnet, E., Daudé, E., Sheeren, D., (2014), "Toxi-City: an agent-based model for exploring the effects of risk awareness and spatial configuration on the survival rate in the case of industrial accidents", ***Cybergeo: European Journal of Geography***, 7 (2): 356-378.
- Sekar, I., Randhir, T. O., (2007), "Spatial assessment of conjunctive water harvesting potential in watershed systems", ***Journal of Hydrology***, 334 (1-2): 39-52.
- Tabasi, M., Aleshikh, A. A., (2016), "Environment of netLogo: A tool for creating spatial-based agent based models", Second National Conference on Information Technology Engineering, Tehran, Khajeh Nasir Toosi University of Technology, 29 January 2016. [In Persian].
- Van der Sterren, M., Rahman, A., Shrestha, S., Barker, G., Ryan, G., (2009), "An overview of on-site retention and detention policies for urban stormwater management in the greater Western Sydney region in Australia", ***Water International***, 34 (3): 362-372.
- Weiss, G., (1999), "***Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence***", New yourk: MIT press, 457p.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1400.21.76.2.0]