پژوهش و فناوری محیط زیست، ۱۴۰۱ ۷(۱۲)، ۱۷-۳۱

پژوهش و فناوری محیط زیست

وبگاه نشریه: www.journal.eri.acecr.ir

پژوهشکده محیط زیست

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۳۰۶۰

مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران با استفاده از روش‌های رگرسیون چندگانه بر پایه GIS، مطالعه موردی حوزه آبخیز تجره

مریم آقائی[۱]، سیامک دخانی[۲*] ابراهیم امیدوار[۲]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

۲-استادیار آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه کاشان ، کاشان، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۱۱/۰۶

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۸/۲۸

دسترسی آنلاین:
۱۴۰۱/۰۹/۵

کلید واژه‌ها:
رگرسیون،
مکان‌یابی،
جمع‌آوری آب باران،
گام به گام،
سیستم اطلاعات جغرافیایی

چکیده

کمبود آب در مناطق خشک، بحران جدی است. بنابراین، شناسایی سامانه‌های جمع‌آوری باران امری ضروری است. مهم‌ترین مرحله در بکارگیری سامانه‌های جمع‌آوری باران، مکان‌یابی عرصه‌های مناسب است. در این تحقیق برای مکان‌یابی روش جمع‌آوری آب باران به شیوه درجا و غیردرجا در حوزه آبخیز تجره از سه روش مدل رگرسیون چندگانه خطی و GIS استفاده شده است. بدین‌منظور لایه‌های تاج پوشش، لاشبرگ، سنگ و سنگ‌ریزه، خاک لخت، شماره منحنی رواناب، بارش، شیب و عمق خاک تهیه و به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد و لایه نفوذ در جمع‌آوری آب باران درجا و دبی حداکثر لحظه‌ای برای روش جمع‌آوری آب باران غیردرجا به عنوان متغیر وابسته در مدل رگرسیون چندگانه استفاده شد. برای مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران درجا از مدل رگرسیون چندگانه گام به گام، حذف پس‌رو و پیش‌رو مورد استفاده قرار گرفت و برای مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران غیردرجا، از مدل رگرسیون چندگانه گام به گام استاندارد، حذف پس‌رو، گام به گام مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نهایی نشان داد مدل رگرسیون گام به گام در جمع‌آوری آب باران درجا، موثر است و لایه‌های شماره منحنی رواناب، خاک، درصد سنگ و سنگ‌ریزه اهمیت بیشتری دارند. همچنین، در جمع‌آوری آب باران غیردرجا روش رگرسیون گام به گام استاندارد عملکرد بهتری دارد در بین لایه‌ها درصد لاشبرگ، درصد تاج پوشش، شماره منحنی رواناب، شیب، درصد سنگ و سنگ‌ریزه، میزان بارندگی، درصد خاک لخت و عمق خاک در معادله موثر است. در نهایت درجه اهمیت مناطق جمع‌آوری باران به چهارکلاس بسیارخوب، خوب، متوسط و ضعیف تقسیم شدند.

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: siamakdokhani@kashanu.ac.ir

Journal of Environmental Research and Technology

journal homepage: www.journal.eri.acecr.ir

Environmental Research institute

Online ISSN: 3060-2676

Site selection of rainwater collection using multiple regression methods based on GIS, Case Study: Tajareh Watershed

Maryam Aghaei[1], Siamak Dokhani[2*] Ebrahim Omidvar[2]

1-MSc Graduated Student of Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Kashan University, Kashan, IRAN
2-Assistant Professor of Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Kashan University, Kashan, IRAN

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received:
26/01/2022
Accepted:
19/11/2022
Available online:
26/11/2022

Keywords:
Regression,
Site selection,
Rainwater collection,
Stepwise,
GIS

Abstract

Lack of water in dry areas is a serious crisis. So, it is essential to identify rainwater collection systems. The most important step in using rainwater collection systems is site selection of suitable areas. In this research, three methods of linear and multivariate regression and GIS methods have been used to site selection of rainwater collection in situ and non-situ methods in the Tajareh watershed. For this purpose, canopy layers, litter, rock and gravel, bare soil, runoff curve number, precipitation, slope and soil depth were prepared and considered as independent variables and the infiltration layer in situ rainwater collection and instantaneous maximum discharge for non-in situ rainwater collection method were used as dependent variables in the multivariate regression model. For site selection of in-situ rainwater collection, the stepwise multivariate regression model, backward and forward elimination were used, and for the location of off-site rainwater collection, the stepwise multivariate regression model was used. Standard stepwise, stepwise background removal were used. The final results showed that the step-by-step regression model is effective in collecting rainwater in situ, and the layers of runoff curve number, soil, rock and gravel percentage are more important. Also, in off-site rainwater collection, the standard step-by-step regression method has a better performance. Among the layers, litter percentage, crown percentage, runoff curve number, slope, rock and gravel percentage, rainfall, bare soil percentage and soil depth is effective in the equation. Finally, the degree of importance of rain collection sites was divided into four classes: very good, good, medium and poor.

* Corresponding author E-mail address: siamakdokhani@kashanu.ac.ir

مقدمه

شناسایی محل‌های مناسب برای عملیات ذخیره نزولات آسمانی، گامی مهم در راستای تأمین آب در حوزه‌های آبخیز است. (مفیدی چلان و همکاران، ۱۴۰۰). انسان امروزی بنا به دلایل مختلفی از جمله افزایش جمعیت، خشکسالی‌ها و کاهش میزان بارندگی، پیشرفت صنعت و اثر سوء آن بر منابع آب به طور جدی با مشکل کمبود آب مواجه است. یکی از بخش‌های عمده هدررفت آب در ایران، به‌صورت رواناب است. همچنین، کمبود بارش و به دنبال آن کمبود آب، یکی از مهم‌ترین مشکلات مناطق خشک و نیمه‌خشک است، شدید بودن بارش در این مناطق نیز باعث می‌شود که آب حاصل از باران به سرعت از دسترس خارج شود. علاوه بر آن، درجه حرارت بالا و تبخیر زیاد در فصل گرم باعث می‌شود که اغلب گیاهان در این فصل با کم‌آبی جدی مواجه شوند (طهماسبی و رجبی ثانی، ۱۳۸۵) پیشرفت‌های تکنولوژیک فراوان در هزاره جدید، افزایش تقاضا برای آب شرب و کشاورزی فشار به منابع آبی را افزایش داده است. از لحاظ تاریخی، آب حاصل از روش‌های جمع‌آوری آب باران برای نوشیدن، کشاورزی و فضای سبز استفاده می‌شده است (آمار و همکاران ، ۲۰۱۶؛ کادام و همکاران [1]،۲۰۱۲؛۱ ناپولی و همکاران، ۲۰۱۴؛۲ واترفال، ۲۰۰۶)[3]. در حقیقت جمع‌آوری آب باران گزینه‌ای مناسب برای ذخیره رواناب سطحی جهت کاربردهای بعدی بویژه در طول دوره‌هایی است که محدودیت دسترسی به آب داریم. (دوینار و همکاران ، ۲۰۰۷)[4] همچنین از مزایای دیگر برداشت آب باران عبارتند از: کاهش جریان آب سطحی، کاهش فرسایش خاک، جوان‌سازی آبخوان و کنترل سیل در حوضه آبریز پایین دست.

سامانه‌های جمع‌آوری باران گوناگونی وجود دارند. (میشل، ۲۰۰۷؛ ۵؛ باسینگل و همکاران، ۶۲۰۱۰ ؛آداموسکی،۷۲۰۱۵ ؛ال آوار و همکاران، ۸۲۰۰۰ ؛ جاسروتیا و همکاران ۹۲۰۰۹ ؛ محمود و آلازبا ،۱۰۲۰۱۶ ؛ وینار و همکاران، ۲۰۰۷)۱۱ که می‌توانند به صورت شیوه ساده توسط اجرا کننده‌گان آن تعریف شده باشند. (وارد و همکاران،۲۰۱۰)۱۲ یا با شیوه‌هایی نظیر شبیه‌سازی پیوسته یا سیستم ذخیره ویژه و روش‌های آماری طراحی و اجرا شوند (فوکس،۱۳۲۰۰۰؛ دورگاراو و همکاران،۱۴۲۰۰۳؛ گوو و همکاران،۲۰۰۷).۱۵.

سه شیوه اصلی جمع‌آوری آب باران عبارتند از: ۱. جمع‌آوری آب باران در محل بارش و هدایت آن به خاک. ۲. جمع آوری آب باران غیردرجا، جمع‌آوری و استفاده از آب باران در محلی خارج از محدوده بارش ۳. جمع‌آوری باران خانگی نیز که جمع‌آوری آب از سقف و سطوح نفوذ ناپذیر شهری است. (هلمریچ و همکاران، ۲۰۰۹)[16] از نظر عوامل موثر بر مکان‌یابیِ جمع‌آوری باران، دو گروه اصلی عوامل بیوفیزیکال و عوامل اقتصادی اجتماعی در سال‌های اخیر طبقه‌بندی شده اند(آدهام و همکاران، ۲۰۱۶).[17] روش‌های مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران به چهار گروه اصلی

۱.روش‌های مبتنی بر GIS,RS، (آل داغستانی،۲۰۱۰)[18]

۲. مدل‌های هیدرولوژیک، (دوربود و ونکاتش،۲۰۰۴)[19]

۳. (MCA) با HM و GIS/RS ، وراسینگه و همکاران ۲۰۱۱)[20]

---

1. Kadam & et al 2012
2. Napoli& et al 2014
3. Waterfall 2006
4. De Winnaar & et al 2007
5. Mitchell, V.G., 2007
6. Basinger& et al 2010
7. Adamowski, J. 2015
8. El-Awar & et al 2000.
9. Jasrotia. & et al 2009
10. Mahmoud & Alazba 2016
11. Winnaar & et al 2007
12. Ward, & et al 2010
13. Fewkes, A., 2000..
14. Durga Rao & Bhaumik 2003.
15. Guo, Y& et al 2007.
16. Helmreich, & et al 2009.
17. Adham, & et al 2016.
18. Al-Daghastani., 2010 .
19. Durbude, D.G., & Venkatesh, B., 2004 .
20. Weerasinghe, H., & Schneider, U.A., Loew, A., 2011 .

۴. MCA با GIS، (محمود و آلازبا،۲۰۱۵)[1] گروه بندی می‌شوند این طبقه‌بندی بر اساس بررسی حدود ۵۰ مقاله در دو دهه اخیر انجام شده است (آدهام و همکاران،۲۰۱۶)[2]. همان‌گونه که بررسی منابع مختلف نشان می‌دهد، اگر چه در مکان‌یابی جمع‌آوری باران برای آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی و یا آمار هواشناسی و اقلیم شناسی از روش‌های رگرسیون چندگانه استفاده شده است و نه تنها مقایسه مدل‌های مختلف رگرسیون چندگانه به منظور تعیین برتری مدل انجام نشده است. (پالا و همکاران،۲۰۱۲[3] ؛ باگوما و همکاران۲۰۱۰)[4] بلکه به طور مستقیم نیز از مدل رگرسیون چندگانه برای مکان‌یابیِ جمع‌آوری آب باران بهره زیادی برده نشده است (دخانی ،۱۳۹۲). نیز روش‌های مختلف رگرسیون چندگانه، می‌توانند نتایج کاملا متفاوت و یا نتایج مشابهی داشته باشند (صادقی و همکاران ، ۱۳۸۴). همچنین با وجود تغییرات در اندازه و میزان متغیرهای وابسته و مستقل نتایج حاصل می‌توانند کاملاً متفاوت باشند (اسلامی و ثقفیان، ۱۳۸۵).

در تجزیه و تحلیل مکانی جمع‌آوری آب باران درجا با تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش رگرسیون چندگانه، عوامل فیزیوگرافی از مهم‌ترین معیارها برای پیاده‌سازی شیوه‌های مختلف است (دبیری و همکاران ۲۰۱۶)[5]. برای استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به عنوان یک ابزار در راستای تجزیه و تحلیل مکانی شیوه‌های جمع‌آوری آب باران استفاده از لایه‌های خاک، کاربری اراضی، بارندگی و شیب معمول است. (دوینار و همکاران ،۲۰۰۷؛[6] ماخامرح،۲۰۱۱[7]؛ جها و همکاران، ۲۰۱۴)[8]، قابلیت اراضی مختلف برای اجرای عملیات جمع‌آوری باران به صورت کیفی در حوضه‌های آبخیز از سطوح ضعیف تا بسیار خوب طبقه‌بندی می‌شود. (کاهیندا و همکاران ۹(۲۰۰۸،

مدل‌های مختلف رگرسیون چندگانه در تولید لایه‌های اطلاعاتی و مکان‌یابی روش‌های جمع‌آوری آب باران کاربرد داشته‌اند به طور مثال (وراسینگه و همکاران،۲۰۱۱)۱۰

کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک بحران جدی است یکی از مهم‌ترین و ضروری‌ترین مراحل به‌کارگیری سیستم‌های جمع‌آوری آب باران، مکان‌یابی و شناسایی مکان‌های مناسب برای اجرای این تکنولوژی است. بنابراین، مکان‌یابی و شناسایی عوامل موثر در جمع‌آوری آب باران در مدیریت منابع آب از اهمیت بالایی برخوردار است در این مقاله هدف، تعیین و ارزیابی عوامل موثر در مکان‌یابی جمع‌آوری باران درجا و غیر درجا با مقایسه مدل‌های مختلف رگرسیون چندگانه است. تا ابزار مناسبی را برای پشتیبانی تصمیم‌گیری مدیران و متولیان بهره‌برداری و مدیریت منابع آب محلی فراهم نماید و صرفه جویی قابل ملاحظه‌ای در زمان و هزینه صورت گیرد.

امیر احمدی و همکاران (۱۴۰۰)، برای مکان‌یابی‌پتانسیل‌جمع‌آوری‌آب‌باران با استفاده‌ازمدل‌سازی‌عامل‌مبنای‌مکانی برای تدوین چارچوبی جهت مکان‌یابی عرصه‌های دارای پتانسیل استحصال جمع‌آوری آب باران در محدوده‌ی پردیس دانشگاه حکیم سبزواری استفاده نمودند که نتایج آنان نشان داد 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 کرد. همچنین اراضی بایر و بدون ساخت و ساز، فضای خالی مناسب، قرارگیری در مسیر رواناب‌های جریان یافته و کاهش قابل ملاحظه سرعت جریان آب در جنوب غرب دانشگاه به دلیل کاهش شیب از عوامل اصلی مکان‌های مناسب برای جمع‌آوری آب باران بوده است.

سلیمانی و شکریان (۱۴۰۰)، برای معرفی روشی مناسب در انتخاب مناطق مستعد جمع‌آوری آب باران در سواحل جنوبی خزر با تاکید بر ایستگاه سینوپتیک بابلسر با تحلیل بارش طولانی مدت بابلسر بر اساس داده‌های سینوپتیک و مکان‌یابی مناطق مستعد استحصال آب باران در محدوده شهر از سری زمانی داده‌های روزانه بارندگی در بازه‌ی زمانی ۶۸ ساله شامل سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۳۱ استفاده و پارامتر اقلیمی بارش در سه مقطع ماهانه، فصلی و سالانه مورد تحلیل قرار دادند. تجزیه و تحلیل‌ها موید اجرای سیستم‌های استحصال آب باران و مناطق مستعد برای این امر در شهر بابلسر بود. نتایج این تحقیق نشان داد که عملگر Gamma با ضریب ۰/۷ بهترین گزینه برای منطقه مورد مطالعه می‌باشد. بر اساس محاسبات انجام شده میزان رواناب در سطح این شهر حدود ۶۹۶۵۷۰ مترمکعب تخمین زده شد که برای استحصال آب باران بسیار مناسب است.

---

[1] Mahmoud, S.H., & Alazba, A.A., 2015.

[2] .Adham, & et al 2016.

[3] .Palla, & et al 2012

[4] .Baguma & et al 2010.

[5] .Dabiri& et al 2016

[6] . De Winnaar& et al 2007.

[7] .Makhamreh, Z., 2011..

[8] .Jha., & et al 2014.

[9] .Makhamreh, Z., 2011.

[10] .Wei, H., & et al 2005.

محمودی (۱۳۹۱) ، به‌منظور مکان‌یابی مناطق برای ذخیره آب باران که در حوزه آبخیز درخت سنجد انجام گرفت نشان داد که اثر بارندگی در منطقه بیش از سایر عوامل است و بعد از آن به ترتیب نفوذ پذیری خاک، پوشش سطحی خاک و شیب دارای بیشترین تاثیر است.

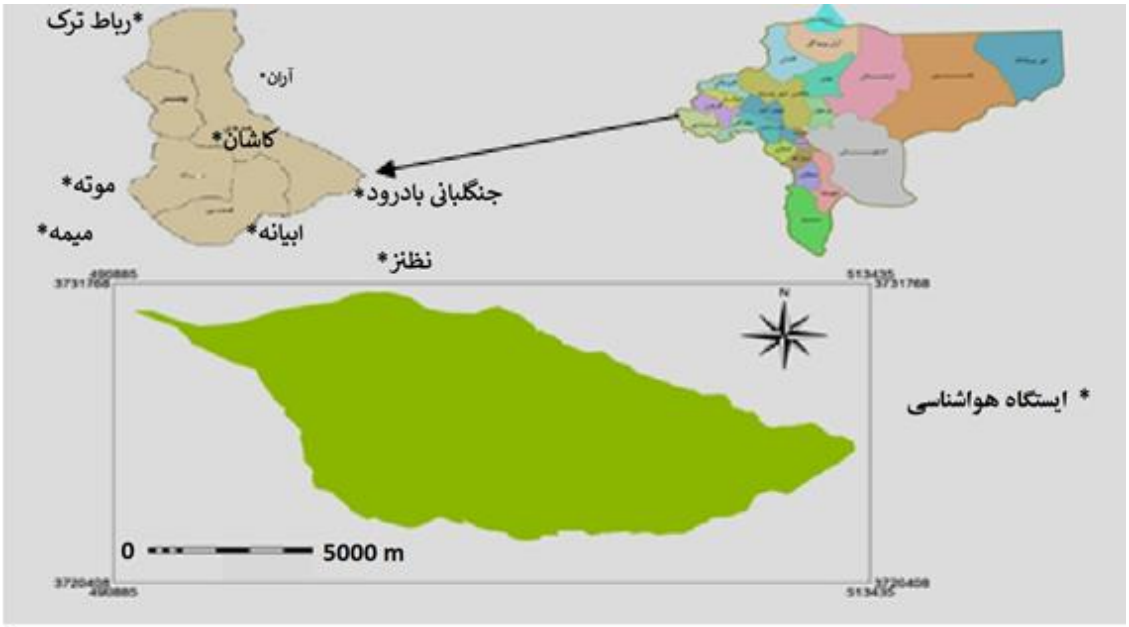
اجیگو و یگیزا[1] و (۲۰۲۰)، به منظور مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران با استفاده از روش سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چند معیاره برای شناسایی سایت مناسب جمع‌آوری آب باران از هفت پارامتر شامل کاربری اراضی پوشش زمین، بافت خاک، بارندگی، خطوط ارتفاعی، شیب، حجم رواناب و شماره منحنی، فاصله از محل استقرار و جاده استفاده کردند و برای برآورد مقدار وزن هر معیار از روش تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که سایت بالقوه مناسب برای جمع آوری باران به ترتیب در چهار سطح طبقه بندی شده است که به ترتیب با مساحت ۳/۶۲۰ هکتار و ۱۶/۰۶۱۸، هکتار و ۶۹/۸۶۷ هکتار و ۱۴/۰۱۰هکتار از سطح مساحت کل ۲۴۸/۱۱۵ هکتار به ترتیب بسیار مناسب، متوسط مناسب، کمتر مناسب و نامناسب است.

مواد و روش‌ها

- **منطقه مورد مطالعه**

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، حوزه آبخیز تجره در استان اصفهان در مرکز ایران بود. این حوضه آبخیز در فاصله حدود ۱۷۰ کیلومتری اصفهان و در محدوده جغرافیایی "۲۴ و´۳۷ و°۳۳ تا "۳۱ و´۴۳ و°۳۳ عرض شمالی و"۶ و´۵۴ و°۵۰ تا "۳۷ و´۸ و°۵۱ طول شرقی قرار دارد. شکل (۱) موقعیت حوزه آبخیز تجره را نشان می‌دهد.

اقلیم حوضه تجره با توجه به روش‌های آمبرژه و دومارتن نیمه‌خشک است. لایه‌های اطلاعات DEM، فیزیوگرافیک، خاک، کاربری اراضی و پوشش‌گیاهی برای ورود به سامانه اطلاعات جغرافیایی در نرم افزار GIS تهیه شدند. سپس تجزیه و تحلیل اطلاعات در نرم‌افزار spss با مدل‌های مختلف رگرسیون انجام شد، سپس ضرایب اهمیت هر یک از لایه‌هاکه از مدل و ضرایب رگرسیون استخراج شدند برای ترکیب لایه‌های اطلاعاتی و تولید نقشه نهایی مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران در محیط GIS استفاده شدند.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز تجره در استان اصفهان

- **مدل رگرسیون چندگانه**

اگر رابطه یک متغیر وابسته و چندگانه مستقل مد نظر باشد، در این حالت رگرسیون چندگانه گفته می‌شود. با توجه به رابطه منطقی بین متغیرها در حوزه آبخیز، این شیوه و مدل‌های متعدد وابسته به آن، روش کارآمدی برای تحلیل روابط بین متغیرها در منابع طبیعی و کشاورزی می‌باشند. بنابراین باید توجه داشت که رگرسیون، بخشی از یک رهیافت وسیع‌تر تحلیل داده‌ها است (رضایی و سلطانی، ۱۳۸۲).

[1]. Ejegu & Yegizaw

از آنجا که رگرسیون چندگانه خطی روشی برای مدل‌سازی مقدار هدف بر اساس پیش بینی کننده‌های مستقل است. این روش بیشتر برای پیش‌بینی و یافتن رابطه علت و معلولی بین متغیرها استفاده می‌شود. تکنیک‌های رگرسیون بیشتر بر اساس تعداد متغیرهای مستقل و نوع رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته متفاوت است. می‌توان آن را به عنوان روشی برای تجزیه و تحلیل آماری توصیف نمود که می‌تواند برای مطالعه رابطه بین دو متغیر کمی مورد استفاده قرار گیرد. در درجه اول، با استفاده از روش رگرسیون چندگانه خطی ساده می‌توان به دو نکته پی برد: استحکام رابطه بین دو متغیر داده شده و نکته بعدی مقدار متغیر وابسته در مقدار معینی از متغیر مستقل چقدر است.

مدل رگرسیون چندگانه، رگرسیون چندخطی تعمیمی، نوعی از رگرسیون خطی است که با در نظر گرفتن بیش از یک متغیر مستقل و یک مورد خاص مدل‌های خطی عمومی تشکیل شده است که با محدود کردن تعداد متغیرهای وابسته به یک مدل اساسی برای رگرسیون خطی چندمتغیره، فرمول آن به‌شرح زیر است.

$$n\ Yi = \beta 0 + \beta 1 Xi1 + \beta 2 Xi2 + \ldots + \beta p Xip + \varepsilon i \qquad (1)$$

که در این رابطه، n تعداد مشاهده از یک متغیر وابسته است و p متغیر مستقل است. در این فرمول شامل بیش از یک متغیر مستقل است و عبارت خطی نشان می‌دهد که پارامترهای β0، β1، ... β2 وβp در مدل خطی هستند نه اینکه Y یک تابع خطی ازXها است. همچنین این مفهوم نتیجه می‌دهد که هریک از متغیرهای مستقل (با توجه به ضریب‌شان) چه میزان از تغییرات در متغیر وابسته را توجیه می‌کنند. پس بر این اساس برای ترکیب نقشه‌ها در GIS از ضرایب حاصل از بهترین مدل استفاده شد. براساس بررسی‌های (آمار و همکاران، ۲۰۱۶) اثر بخشی هر یک از لایه‌های اطلاعاتی در مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران بر اساس جدول (۱) است.

جدول۱- درصد اثر بخشی هر یک از لایه‌ها در شیوه‌های مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران

معیارهای بیوفیزیکی	روش‌های مکان یابی درصد			
	GIS&RS	MCA&GIS	MCA	HM&GIS
بارش	۶/۶۷	۱۹/۴۴	۱۳/۳۳	۱۱/۱۱
رواناب	۲/۲۲	۱/۳۹	۸/۸۹	۲۲/۲۲
شیب	۲۴/۴۴	۲۰/۸۳	۲۰/۰۰	۱۸/۵۲
نوع خاک	۱۷/۷۸	۲۰/۸۳	۲۰/۰۰	۱۴/۸۱
عمق خاک	۸/۸۹	۸/۳۳	۴/۴۴	۰۰/۰
پوشش /کاربری اراضی	۲۲/۲۲	۱۹/۴۴	۱۷/۷۸	۱۴/۸۱
شبکه زهکشی	۸/۸۹	۸/۳۳	۱۳/۳۳	۱۱/۱۱
اندازه حوضه	۸/۸۹	۱/۳۹	۲/۲۲	۷/۴۱

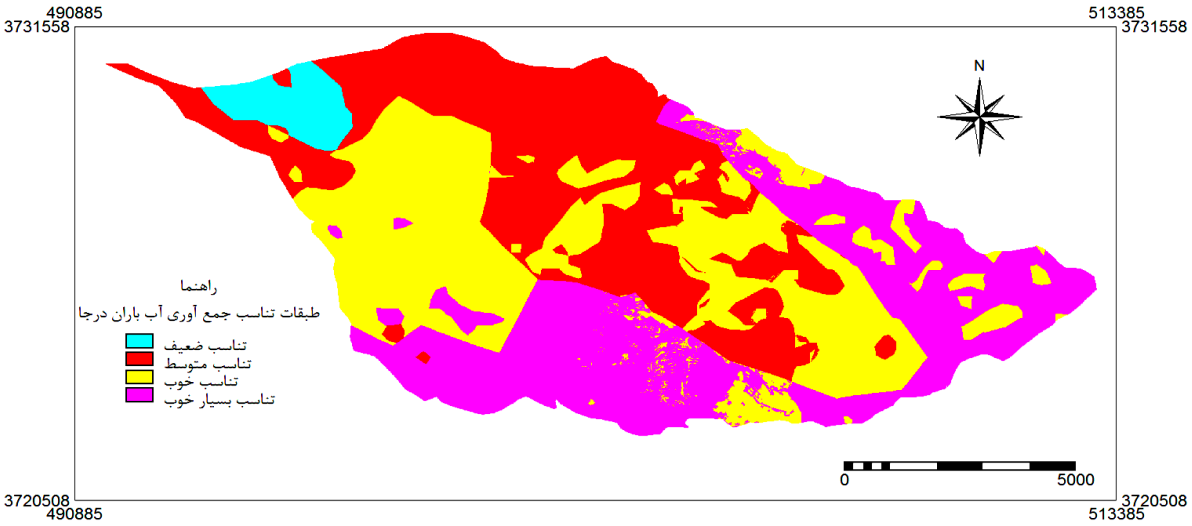
همچنین، برای صحت سنجی ضرایب حاصل از مدل‌های مختلف رگرسیون با استفاده از روش‌های موجود مکان‌یابی از جدول (۲) ، بر اساس نتایج (جها و همکاران۲۰۱۴، قضاوی و همکاران ۱۳۹۴و دخانی ۱۳۹۲) استفاده شد.

جدول۲- عوامل مناسب مورد استفاده برای شیوه‌های جمع‌آوری باران

تکنیک جمع‌آوری باران	شیب	کاربری اراضی	بافت خاک
روش‌های غیردرجا	بیش از ٪۵	مراتع ضعیف	نفوذپذیری کم، بافت متوسط و رسی
روش‌های درجا	۰-۲۰	مراتع متوسط	بافت متوسط

نتایج حاصل از تحقیقات گذشته و عوامل موثر بر مکان‌یابی شیوه‌های جمع‌آوری آب باران در دو روش درجا و غیردرجا بررسی شد و متغیرهای شماره منحنی رواناب، درصد خاک لخت، درصد سنگ و سنگ‌ریزه، درصد لاشبرگ، درصد تاج پوشش، عمق خاک، بارندگی متوسط سالیانه و شیب در مدل‌های مختلف رگرسیون چندگانه استفاده شد. با توجه به توضیحات بالا از ضرایب موجود در هر یک از معادله‌های رگرسیون چندگانه برای ترکیب نقشه‌های متغیرهای مستقل استفاده شد. پس از تعیین وزن معیارهای مختلف در نهایت نقشه‌های مختلف با ضرایب رگرسیون با یکدیگر ترکیب و نقشه‌های نهایی روش جمع‌آوری آب باران درجا و غیردرجا در مدل‌های منتخب تهیه شد، و مکان‌یابی جمع‌آوری باران به چهار کلاس تناسب ضعیف، تناسب متوسط، تناسب خوب و تناسب بسیار خوب تقسیم شد که معادله مدل‌ها و نقشه نهایی حاصل از این مدل‌ها در بخش نتایج آورده شده است.

یافته‌های پژوهش



شکل۲- نقشه مکان‌یابی جمع آوری‌آب باران درجا روش توام

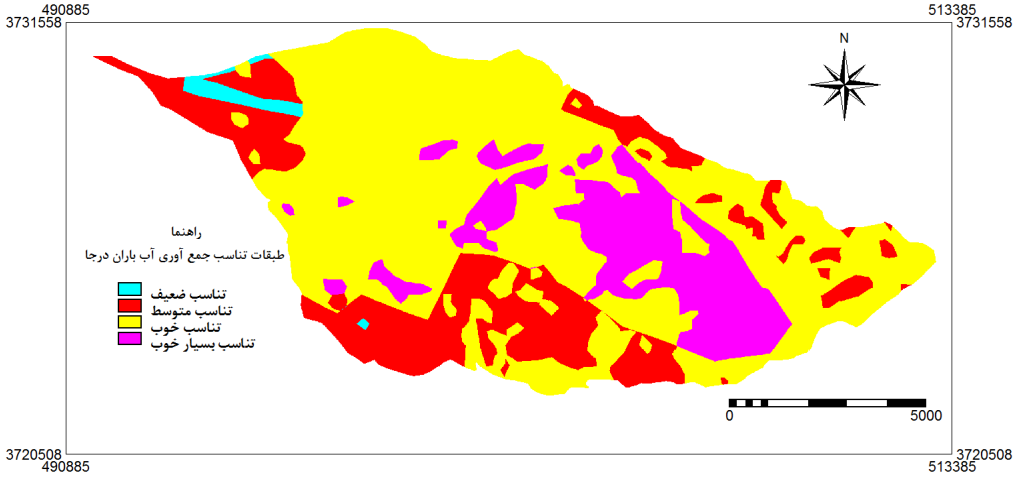
تناسب قسمت‌ها و وضعیت مکان‌یابی حوضه آبخیز برای شیوه‌های جمع‌آوری آب باران درجا با استفاده از مدل رگرسیون چندگانه در روش توام در شکل(۲) نشان داده شده است جدول (۳) مساحت و درصد مساحت مکان جمع‌آوری آب باران درجا در مدل رگرسیون روش توأم را نشان می‌دهدکه تناسب خوب دارای بیشترین مساحت و تناسب ضعیف کم‌ترین مساحت است و مدل رگرسیون با عواملی مختلف چون شماره منحنی رواناب و درصد خاک لخت، درصد سنگ و سنگ‌ریزه، درصد لاشبرگ، درصد تاج پوشش، عمق خاک، بارندگی متوسط سالیانه و شیب به شرح معادله زیر در روش توام جهت مکان‌یابی جمع‌آوری باران استفاده شد.

معادله حاصل از این مدل، متغیرهای X1: شماره منحنی رواناب، X2: درصد خاک لخت، X3: درصد سنگ و سنگ‌ریزه، X4: درصد لاشبرگ، X5: درصدتاج پوشش، X6: عمق خاک ، X7: بارندگی متوسط سالیانه و X8: شیب موثر شناخته شد.

$$Y=-۲/۰۶۸X۱+۰/۰۰۷\ X۲-۰/۰۴۹\ X۳-۱/۸۲۳\ X۴-۰/۷۰۱X۵\ +۰/۳۱۶\ X۶-۰/۳۵\ X۷-۱۴۴\ X۸+۱۹۹/۳۳۶ \quad (۲)$$

جدول ۳- مساحت و درصد مکان جمع‌آوری آب باران درجا در مدل رگرسیون روش توأم

وضعیت مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران	مساحت (کیلومترمربع)	درصد مساحت
تناسب ضعیف	۳/۹	۳/۵۸
تناسب متوسط	۳۴/۱	۳۱/۴۶
تناسب خوب	۳۷/۳	۳۴/۳۸
تناسب بسیارخوب	۳۳/۱	۳۰/۵۸
کل	۱۰۸/۴	۱۰۰



شکل ۳- نقشه مکان‌یابی جمع آوری آب باران درجا روش حذف پس رو

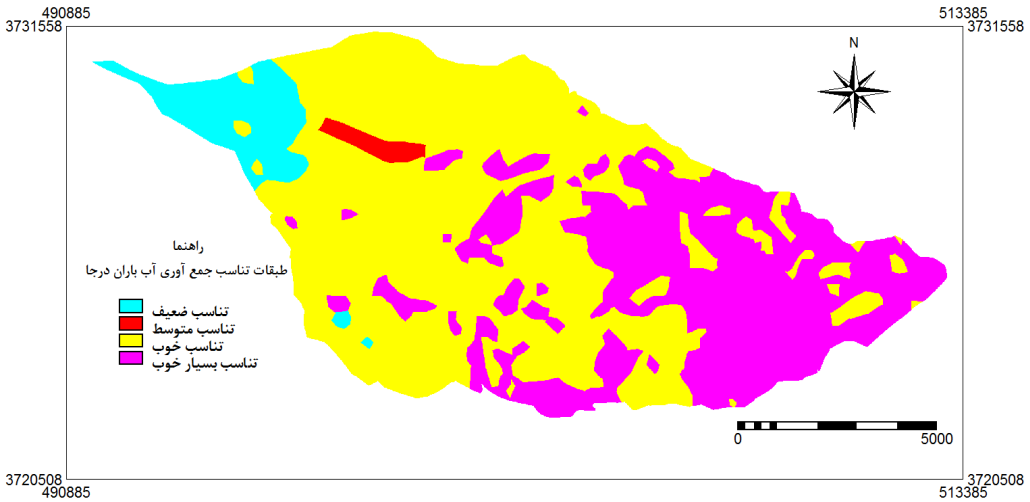
تناسب قسمت‌ها و وضعیت مکان‌یابی مختلف حوضه آبخیز برای شیوه‌های جمع‌آوری آب بارن درجا با استفاده از مدل رگرسیون چندگانه در روش حذف پس‌رو در شکل (۳) نشان داده شده است. تناسب خوب دارای بیش‌ترین مساحت و تناسب ضعیف دارای کم‌ترین مساحت و در قسمت پرشیب است. مدل رگرسیون با عواملی مختلف چون شماره منحنی رواناب و درصد خاک لخت، درصد سنگ و سنگ‌ریزه، درصد تاج پوشش، عمق خاک، بارندگی متوسط سالیانه و شیب به شرح معادله زیر در روش حذف پس‌رو برای مکان‌یابی جمع-آوری باران استفاده شد. معادله حاصل از این مدل با مؤثر شناختن متغیرهای X1، شماره منحنی رواناب، X2: درصد خاک لخت، X3: درصد سنگ و سنگ‌ریزه، X4: درصد تاج پوشش، X5: عمق خاک، X6: متوسط بارندگی سالانه وX7: شیب به‌صورت زیر می‌باشد:

$$Y=-۲/۰۷۴X۱+۰/۰۰۸X۲-۰/۰۴۶X۳-۰/۶۵۵X۴+۰۸/۳۱X۵ -۰/۰۳۴X۶-۰/۱۴۳X۷+۱۹۷/۹۵۴ \quad (۳)$$

جدول (۴) مساحت و درصد مساحت هریک از طبقات تناسب جمع آوری باران در این مدل را نشان می‌دهد.

جدول۴- مساحت و درصد مکان جمع‌آوری آب باران درجا در مدل رگرسیون روش حذف پس‌رو

وضعیت مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران	مساحت (کیلومترمربع)	درصد مساحت
تناسب ضعیف	۱/۵	۱/۴۳
تناسب متوسط	۲۳/۳	۲۱/۵۶
تناسب خوب	۶۵/۷	۶۰/۶۰
تناسب بسیار خوب	۱۷/۸	۱۶/۴۱
	۱۰۸/۴	۱۰۰



شکل ۴- نقشه مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران درجا روش گام به گام

وضعیت مکان‌یابی مختلف حوضه آبخیز برای شیوه‌های جمع‌آوری آب باران درجا با استفاده از مدل رگرسیون چندگانه در روش گام به گام در شکل (۴) نشان داده شده است. معادله (۴) حاصل از این مدل است. که تناسب خوب دارای بیش‌ترین مساحت و تناسب متوسط دارای کم‌ترین مساحت است. تناسب ضعیف در شمال غربی و تناسب بسیار خوب در جنوب شرقی حوضه قراردارد مدل رگرسیون با عواملی مختلف چون شماره منحنی رواناب، عمق خاک، درصد سنگ و سنگ‌ریزه به شرح معادله زیر در روش گام به گام جهت مکان‌یابی جمع‌آوری باران استفاده شد.

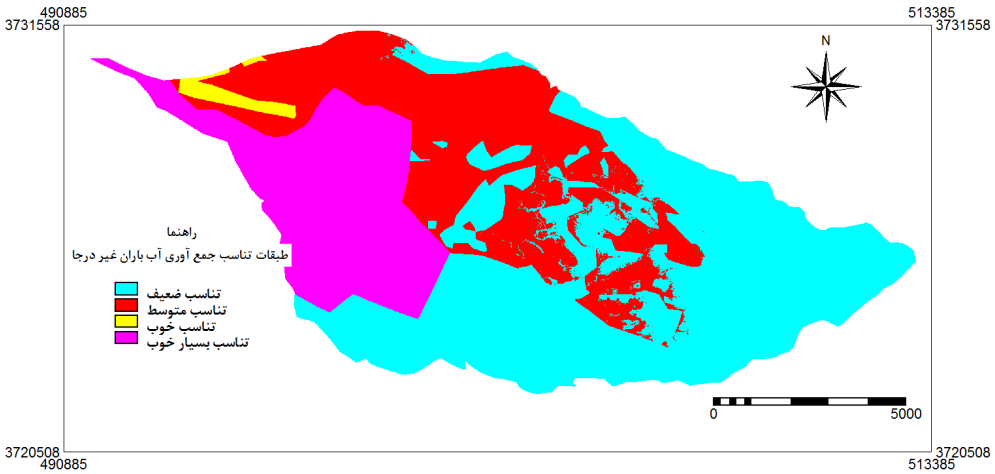
$$Y=۰/۰۵۷X۱+۰/۳۴۸\ X۲-۲/۴۳۳\ X۳+۲۰۱/۹۵۲ \quad (۴)$$

که در این رابطه X۳ :شماره منحنی رواناب و X۲ : عمق خاک و X۱ : درصد سنگ و سنگ‌ریزه است.

جدول (۵) مساحت و درصد مساحت هریک از طبقات تناسب در این مدل را نشان می‌دهد.

جدول۵- مساحت و درصد مکان جمع‌آوری آب باران درجا در مدل رگرسیون روش گام به گام

وضعیت مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران	مساحت (کیلومترمربع)	درصد مساحت
تناسب ضعیف	۷/۳	۶/۷۳
تناسب متوسط	۱/۳	۱/۱۶
تناسب خوب	۶۲/۴	۵۷/۶۰
تناسب بسیارخوب	۳۷/۴	۳۴/۵۱
کل	۱۰۸/۴	۱۰۰



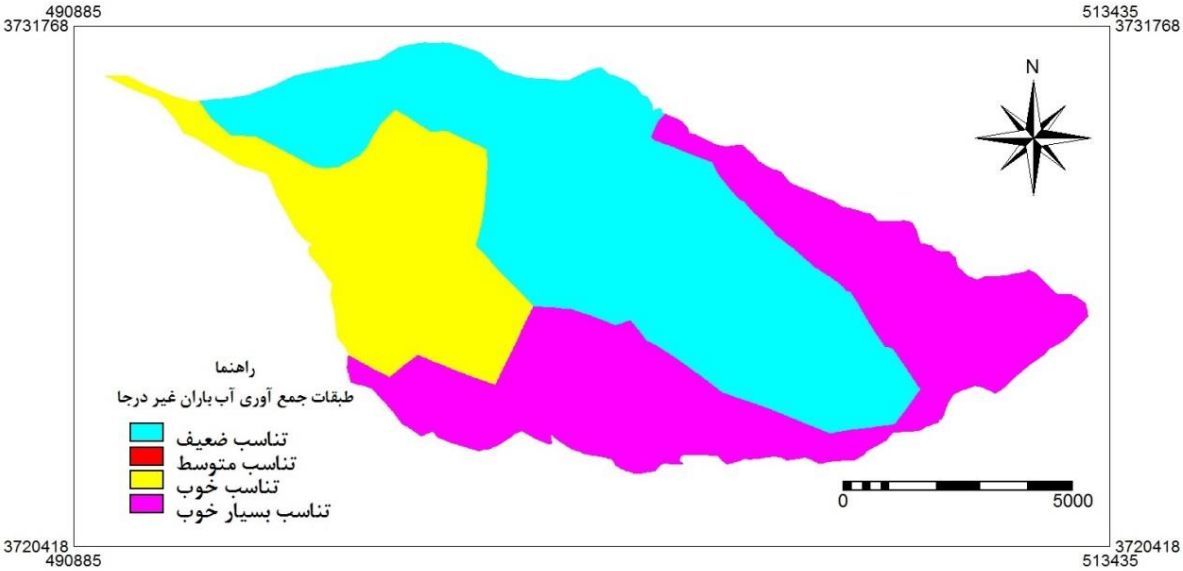
شکل ۵- نقشه مکان‌یابی جمع آوری‌آب باران غیردرجا روش گام به گام

همچنین مدل رگرسیون با عواملی مختلف چون شماره منحنی رواناب و درصد خاک لخت، درصد سنگ و سنگ‌ریزه، درصد لاشبرگ، درصد تاج پوشش، عمق خاک، بارندگی متوسط سالیانه، شیب به شرح معادله زیر در روش گام به گام جهت مکان-یابی جمع‌آوری باران استفاده شد. معادله حاصل از این مدل با مؤثر شناختن و ورود متغیرهای : X1شماره منحنی رواناب ، X2 : درصدخاک لخت، X3: درصد سنگ و سنگ‌ریزه،X4: درصدلاشبرگ، X5: عمق خاک، X6: متوسط بارندگی سالانه، X7:شیب و X8: درصد تاج پوشش به‌صورت زیر است. که تناسب ضعیف بیش‌ترین مساحت و تناسب خوب دارای کم‌ترین مساحت است. در این نقشه تناسب ضعیف در قسمت جنوب شرقی و تناسب خوب در قسمت شمال غربی حوضه است.

$$Y=-۰/۱۷۴X۱+۰/۳۵۴X۲+۰/۱۸۶X۳-۰/۴۹۲X۴+/۲۵۷X۵-۰/۱۹۴X۶-۰/۱۶۳X۷-۱/۵۹۷X۸+۳۴/۴۴۶ \quad (۵)$$

جدول۶- مساحت و درصد مکان جمع‌آوری آب باران غیردرجا روش گام به گام در مدل رگرسیون گام به گام

وضعیت مکان‌یابی جمع آوری آب باران	مساحت (کیلومترمربع)	درصد مساحت
تناسب ضعیف	۵۳/۲	۴۹/۰۵
تناسب متوسط	۳۱/۳	۲۸/۹۱
تناسب خوب	۱/۵	۱/۳۸
تناسب بسیار خوب	۲۲/۴	۲۰/۶۶
	۱۰۸/۴	۱۰۰



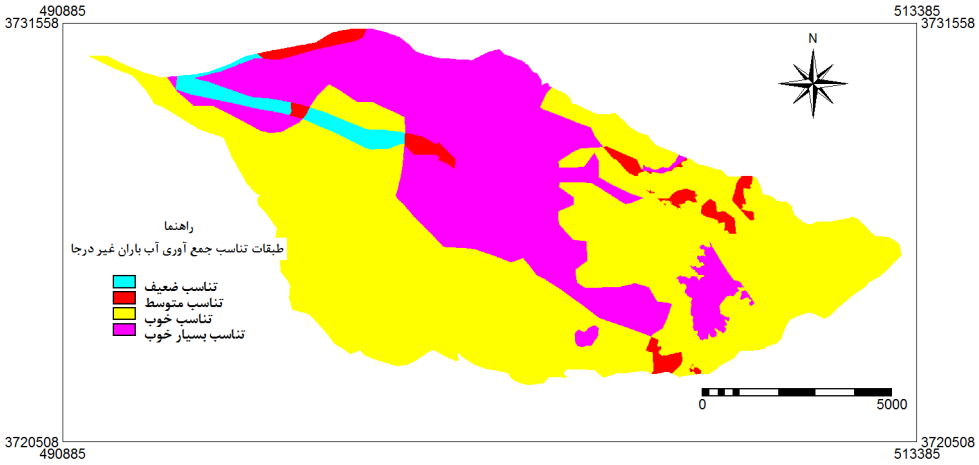
شکل ۶- نقشه مکان‌یابی جمع‌آوری‌آب باران غیردرجا روش حذف پس‌رو

همچنین، مدل رگرسیون با عواملی مختلف چون شماره منحنی رواناب و درصد خاک لخت، سنگ و سنگ‌ریزه، لاشبرگ، تاج پوشش، عمق خاک، بارندگی متوسط سالیانه، شیب به شرح معادله زیر در روش گام به گام به منظور مکان‌یابی جمع‌آوری باران استفاده شد. معادله حاصل از این مدل با مؤثر شناختن و ورود متغیرهای شماره منحنی رواناب :X1، X2:درصد خاک لخت، X3: درصد سنگ و سنگ‌ریزه، X4: درصد لاشبرگ، X5: درصد تاج پوشش، X6: عمق خاک،X7: متوسط بارندگی سالانه و X8: شیب به‌صورت زیر می‌باشد.

$$Y=-۰/۲۳۰X۱-۰/۰۶۸\ X۲+۰/۱۷۹\ X۳-۶۷/۸۱۳\ X۴-۱/۸۸۳X۵-۰/۰۰۳\ X۶-۰/۰۵۶\ X۷+۰/۲۰۵\ X۸+۹۲/۲۸۰ \quad (۶)$$

جدول ۷- مساحت و درصد مکان جمع‌آوری باران غیردرجا روش حذف پس‌رو

وضعیت	مساحت	درصد مساحت
تناسب ضعیف	۴۸/۶	۴۴/۸۳
تناسب متوسط	۰/۲۴	۰/۲۲
تناسب خوب	۲۲/۴	۲۰/۶۶
تناسب بسیار خوب	۳۷/۲	۳۴/۳۰
	۱۰۸/۴	۱۰۰



شکل ۷- نقشه مکان‌یابی جمع آوری آب باران غیر درجا روش گام به گام استاندارد

همچنین، مدل رگرسیون با عواملی مختلف چون شماره منحنی رواناب و درصد خاک لخت و درصد سنگ و سنگ ریزه و لاشبرگ و تاج پوشش و عمق خاک و متوسط بارندگی و شیب پاسخ داد و معادله حاصل از این مدل با مؤثر شناختن و ورود متغیرهای X1: شماره منحنی رواناب ،X2: درصد خاک لخت، X3: درصد سنگ و سنگ‌ریزه، X4: درصد لاشبرگ، X5: درصد تاج پوشش، X6: عمق خاک، X7: متوسط بارندگی سالانه و X8: درصد شیب به‌صورت زیراست.

$$Y=-۰/۱۳۵X۱+۰/۳۱۵\ X۲+۰/۱۸۸\ X۳+۰/۱۸۱\ X۴+۰/۱۵۲X۵-۰/۰۲۸\ X۶+۰/۳۸۸\ X۷-۱/۱۵۲\ X۸+۱/۲۰۷ \quad (۷)$$

جدول۸- مساحت و درصد مکان جمع‌آوری آب باران غیردرجا در مدل رگرسیون روش گام به گام استاندارد

وضعیت	مساحت (کیلومترمربع)	درصد مساحت
تناسب ضعیف	۲/۷	۲/۵۰
تناسب متوسط	۳/۴	۳/۱۲
تناسب خوب	۶۷/۳	۶۲/۰۷
تناسب بسیار خوب	۳۵	۱۳۲/۳
	۱۰۸/۴	۱۰۰

وضعیت مکان‌یابی مختلف حوضه آبخیز برای شیوه‌های جمع‌آوری آب باران غیردرجا با استفاده از مدل رگرسیون چندگانه در روش گام به گام استاندارد جدول (۸) نشان می‌دهد که تناسب خوب دارای بیش‌ترین مساحت ۶۷/۳ کیلومترمربع و تناسب ضعیف دارای کم‌ترین مساحت ۲/۷ کیلومتر مربع است. تناسب بسیار خوب در مرکز حوضه و تناسب ضعیف در قسمت شمال غرب حوضه است.

جدول ۹- مقایسه مکان تناسب ضعیف جمع‌آوری آب باران غیردرجا با روش‌های مختلف رگرسیون

روش	وضعیت	مساحت (کیلومترمربع)	درصد مساحت
حذف پس‌رو	تناسب ضعیف	۴۸/۶	۴۴/۸۳
گام به گام	تناسب ضعیف	۵۳/۲	۴۹/۰۵
گام به گام استاندارد	تناسب ضعیف	۲/۷	۲/۵۰

جدول (۹) نشان می‌دهد تناسب ضعیف جمع‌آوری آب باران غیردرجا در روش گام به گم استاندارد کم‌ترین مساحت را دارد

جدول۱۰- مقایسه مکان مناسب جمع‌آوری آب باران غیردرجا با روش‌های مختلف رگرسیون

روش	وضعیت	مساحت (کیلومترمربع)	درصد مساحت
حذف پس رو	بسیار خوب	۳۷/۲	۳۴/۳۰
گام به گام	بسیار خوب	۲۲/۴	۲۰/۶۶
گام به گام استاندارد	بسیار خوب	۳۵	۳۲/۳۲

نتایج حاصل از محاسبه مساحت و درصد سطح هر طبقه از تناسب در جمع‌آوری آب باران به شیوه درجا در مدل رگرسیون گام به گام در جدول (۵) نشان می‌دهد کلاس تناسب خوب با میزان ۶۲/۴ کیلومترمربع و ۵۷/۶۰ درصد، دارای بیش ترین مساحت است. همچنین مناطق با تناسب متوسط جمع‌آوری باران، ۱/۳ کیلومترمربع (۱/۱۶ درصد) دارای کم‌ترین مساحت است. نتایج حاصل از محاسبه مساحت و درصد سطح هر طبقه از تناسب در جمع‌آوری آب باران به شیوه غیردرجا در جدول ۸ نشان می‌دهد کلاس تناسب خوب با میزان۶۷/۳ کیلومتر مربع و ۶۲/۰۷ درصد، دارای بیش‌ترین مساحت است. همچنین، ۲/۷ کیلومترمربع (۲/۵ درصد) مناطق با تناسب ضعیف، دارای کم‌ترین مساحت است.

جدول ۱۱- مقایسه اهمیت لایه‌های مختلف اطلاعاتی روش‌های مختلف رگرسیون در جمع‌آوری آب باران شیوه درجا

روش‌های	لایه‌های اطلاعاتی							
رگرسیون	پوشش	شیب	بارندگی	درصد سنگ‌ریزه	لاشبرگ	خاک لخت	عمق خاک	CN
حذف پس‌رو	-۰/۶۵۵	-۰/۱۴۳	-۰/۰۳۴	-۰/۰۴۶	-	۰/۰۰۸	۰/۳۱۸	۲/۰۷۴-
گام به گام	-	-	-	۰/۰۵۷	-	۰	۰/۳۴۸	-۲/۴۳۳
توام	-۰/۷۰۱	-۱۴۴	-۰/۳۵	-۰/۰۴۹	-۱/۸۲۳	۰/۰۰۷	۰/۳۱۶	۲/۰۶۸

نتایج حاصل از بررسی ضرایب اهمیت لایه‌ها برای روش جمع‌آوری آب باران درجا (جدول ۱۱) نشان داد که در روش رگرسیون حذف پس‌رو از لایه پوشش، زیرلایه سنگ و سنگ‌ریزه، خاک لخت و تاج پوشش دارای اهمیت است. همچنین، از لایه خاک، زیرلایه عمق خاک، از لایه فیزیوگرافی زیرلایه شیب و از اقلیم، لایه بارندگی با اهمیت است.

در روش توام از فیزیوگرافی لایه شیب، از اقلیم لایه بارندگی، از لایه پوشش زیر لایه سنگ و سنگ‌ریزه، خاک لخت، تاج پوشش، لاشبرگ و از لایه خاک، زیرلایه عمق خاک دارای اهمیت است.

در روش رگرسیون گام به گام از لایه پوشش، زیرلایه سنگ و سنگ‌ریزه و زیرلایه خاک لخت دارای اهمیت است. همچنین از لایه خاک نیز، زیرلایه عمق خاک از اهمیت بیش‌تر برخوردار است و لایه شماره منحنی رواناب بیش‌ترین اهمیت را دارد و بقیه لایه‌ها در مدل وارد نشده است.

جدول ۱۲- مقایسه اهمیت لایه‌های مختلف اطلاعاتی شیوه‌های مختلف رگرسیون در جمع‌آوری آب باران روش غیردرجا

روش‌های رگرسیون	لایه‌های اطلاعاتی							
	پوشش	شیب	بارندگی	درصد سنگ‌ریزه	لاشبرگ	خاک لخت	عمق خاک	CN
گام به گام	-۱/۵۹۷	-۰/۱۶۳	-۰/۱۹۴	۰/۱۸۶	-۰/۴۹۲	۰/۳۵۴	۰/۲۵۷	۰/۱۷۴
حذف پس‌رو	-۱/۸۸۳	۰/۲۰۵	-۰/۰۵۶	۰/۱۷۹	-۶۷/۸۱۳	-۰/۰۶۸	-۰/۰۰۳	۰/۲۳
گام به گام استاندارد	۰/۱۵۲	-۱/۱۵۲	۰/۳۸۸	۰/۱۸۸	۰/۱۸۱	۰/۳۱۵	-۰/۰۲۸	-./۱۳۵

نتایج حاصل از مقایسه ضرایب اهمیت لایه‌های اطلاعاتی (متغیرهای مستقل) در روش جمع‌آوری آب باران به شیوه غیردرجا نشان داد که میزان ضرایب اهمیت لایه‌ها با یک‌دیگر متفاوت هستند جدول (۱۲). به نحوی‌که در هر سه روش لایه پوشش سطحی دارای ضرایب بالایی بوده هر چند که در روش حذف پس‌رو لایه لاشبرگ با ضریب ۶۷/۸۱- بیش‌ترین تأثیر را داشته است. همچنین، کم‌ترین تأثیر نیز مربوط به لایه عمق خاک بوده هر چند که در روش گام به گام لایه شیب دارای کم‌ترین تأثیر بوده است.

بحث و نتیجه گیری

به منظور تجزیه و تحلیل عوامل موثر در مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران درجا با تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های رگرسیون چندگانه، از عوامل متعددی استفاده شده است که عوامل فیزیوگرافی از مهم‌ترین این عوامل شناخته شده که از این نظر با نتایج پژوهش (دبیری و همکاران، ۲۰۱۶) مطابقت دارد.

با بررسی عوامل موثر در مکان‌یابی جمع‌آوری باران با استفاده از روش‌های مختلف رگرسیون چندگانه، نتایج کاملا متفاوتی به دست آمده است که در نقشه مکان‌یابی آن قابل مشاهده است. نتایج این پژوهش که با استفاده از لایه‌های خاک، کاربری اراضی، بارندگی و شیب به طور معمول صورت گرفته است با نتایج (صادقی و همکاران،۱۳۸۴؛ ماخمارح ،۲۰۱۱ ؛ دوینار و همکاران ۲۰۰۷؛ جها و همکاران ،۲۰۱۴) مطابقت دارد.

در این پژوهش شماره منحنی رواناب دارای بیش‌ترین اهمیت است که با نتایج (اجیگو و یگیزا[1] و ۲۰۲۰) که این عامل در روند مکان یابی جمع آوری باران موثر شناخته شد مطابقت دارد، نتایج این تحقیق با استفاده از رگرسیون چندگانه به سه روش گام به گام، پیش‌رو و پس‌رو نشان داد که روش‌های مختلف دارای نتایج متفاوتی است و رگرسیون گام به گام دارای عملکرد بهتری است اما در بررسی نتایج (صادقی و همکاران، ۱۳۸۴) مربوط به رگرسیون چندگانه نشان داد که از میان سه روش در بعضی از موارد، روش گام به گام و در برخی دیگر، روش پس‌رو دارای عملکرد بهتری است ولی نتایج روش گام به گام و پیش‌رو عیناً مشابه بوده‌اند. در این پژوهش همانند نتایج پژوهش (اسلامی و ثقفیان،۱۳۸۴) نشان داد با استفاده از روش‌های مختلف رگرسیون با تغییر متغیرهای مستقل نتایج متفاوت بدست می‌آید.

نتایج این پژوهش قابلیت اراضی مختلف برای اجرای عملیات جمع آوری آب باران به صورت کیفی در حوضه‌های آبخیز از سطوح ضعیف تا بسیار خوب طبقه‌بندی شد که با نتایج (کاهیندا و همکاران ،۲۰۰۸) همسان است. نتایج این تحقیق نشان داد مدل‌های مختلف رگرسیون چندگانه در تولید لایه‌های اطلاعاتی و مکان‌یابی روش‌های جمع آوری آب باران کاربرد داشته اند که با نتایج تحقیق (وی و همکاران ،۲۰۰۵) مشابهت دارد.

با توجه به نتایج تحقیقات (جها و همکاران،۲۰۱۴) و (قضاوی و همکاران، ۱۳۹۴) که پوشش مناسب به منظور جمع‌آوری آب باران در شیوه درجا را مراتع با پوشش متوسط دانستند نشان داد که نقشه حاصل از روش رگرسیون گام به گام در مقایسه با سایر روش‌ها، دارای مشابهت بیشتری برای ایجاد پیتینگ و فاروئینگ[2] به منظور جمع‌آوری آب باران درجا است. همچنین در مورد روش‌های جمع‌آوری آب باران غیردرجا، نقشه حاصل از روش رگرسیون گام به گام استاندارد در مقایسه با سایر روش‌ها دارای مشابهت بیش‌تری جهت ایجاد تراس‌بندی و سایر روش‌های جمع آوری باران غیردرجا است

در یک جمع‌بندی کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که روش رگرسیون خطی چندگانه می‌تواند به عنوان یک روش کارا برای مکان‌یابی مناطق مستعد جمع‌آوری آب باران درجا و غیردرجا استفاده شود. همچنین در حوضه آبخیز تجره لایه‌های شماره منحنی، عمق خاک و درصد سنگ و سنگ‌ریزه به ترتیب دارای اهمیت و ارزش بالایی نسبت به سایر لایه‌های اطلاعاتی است. همچنین درصد بسیار بالایی از مساحت حوضه آبخیز تجره در کلاس‌های با تناسب خوب و بسیار خوب برای جمع‌آوری آب باران به روش درجا و غیردرجا است. این امر نشان می‌دهد حوضه مذکور مستعد اجرای چنین طرح‌هایی است.

---

[1]. Ejegu & Yegizaw

[2]. Pitting and Faroing

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی از تعداد لایه‌های بیش‌تر نظیر درصد پوشش‌های مختلف گیاهی مانند تاج پوشش، پوشش یقه و پوشش شاخ و برگ و همچنین لایه اطلاعاتی دما و تبخیر و تعرق در مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران در شیوه درجا و غیردرجا در منطقه مورد مطالعه استفاده شود. این لایه‌ها می‌تواند شامل لایه‌های مستخرج از مدل رقومی ارتفاع، سایر پارامترهای پوشش مانند درصد تاج پوشش، ارتفاع پوشش و عمق ریشه، سایر خصوصیات ریخت شناسی زیرحوضه‌ها فاصله از محل استقرار و جاده و همچنین برخی دیگر از خصوصیات خاک مانند درصد ماده آلی، هدایت هیدرولیکی خاک ... باشند. همچنین پیشنهاد می‌شود از روش‌ها و الگوریتم‌های نوین داده‌کاوی مانند ماشین-بردار پشتیبان، درخت تصمیم، جنگل تصادفی و ... برای وزن‌دهی لایه‌ها استفاده و نتایج آن با رگرسیون خطی چندگانه مقایسه کردند تا بتوان صحت و کارایی این مدل را بیشتر مورد بررسی قرارداد.

منابع

اسلامی، ع و ر. ثقفیان. ۱۳۸۵. نقش عوامل مورفومتری و اقلیمی حوزه در تولید جریان‌های سیلابی (مطالعه موردی حوزه‌های آبخیز غربی خزر). نشریه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۱ (۲۱): ۱۷۵-۱۳۹.

امیراحمدی,ا.، ابراهیمی,م & بیرامعلی‌کیوی، ف ۱۴۰۰. مکان‌یابی پتانسیل جمع‌آوری آب باران با استفاده از مدل‌سازی عامل مبنای مکانی (مطالعه موردی: پردیس دانشگاه حکیم سبزواری). فضای جغرافیایی, ۲۱(۷۶), ۱۹-۳۳.

قضاوی، ر.، ساداتی نژاد، س.، یزدانی،ی و ع. ولی.۱۳۹۴. شناسایی و طبقه بندی سازه‌های مناسب شارژ و برداشت آب با استفاده از روش GISجغرافیای طبیعی، (۲۶): ۹۶-۸۵.

دخانی، س.، ۱۳۹۲. مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران بر پایه سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مناطق غیرخشک و نیمه مرطوب ایران مرکزی (مطالعه موردی حوزه آبخیز استان اصفهان)، پایان‌نامه دکتری، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع-طبیعی ساری.ص ۱۵۹.

رضایی، ع و م. سلطانی. ۱۳۸۲. تحلیل رگرسیون کاربردی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

صادقی، ح.، مرادی، ح.، مزین، م و م. وفاخواه. ۱۳۸۴. کارایی روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل آماری در مدل‌سازی بارش رواناب (مطالعه موردی حوزه کسیلیان). نشریه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی، ۱۲ (۳): ۸۹-۸۱.

طهماسبی، رمضان، رجبی ثانی، رضا. (۱۳۸۵). جمع‌آوری آب باران در عرصه¬های طبیعی راه‌حلی برای رفع کم¬آبی در مناطق خشک و نیمه¬خشک. نشریه جغرافیا و توسعه،۴ (۷): ۴۲-۲۳.

مفیدی چلان، مرتضی، نظرنژاد، حبیب،و محرم پور،الهام (۱۴۰۰). مکان‌یابی عملیات اصلاحی ذخیره نزولات آسمانی در عرصه‌های طبیعی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز نازلو چای، ارومیه). مدیریت اراضی, ۹(۲), ۲۴۷-۲۶۱.

محمودی، ن.، (۱۳۹۱)، "مکان یابی مناطق مناسب برای ذخیره آب باران (مطالعه موردی: حوضه آبخیز درخت سنجد)"، اولین همایش ملی سامانه تراز آب باران بارندگی، ۲۲ تا ۲۳ آذر ۱۳۹۱، تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی.

Ammar, A., Riksen, M., Ouessar, M., Ritsema, C., (2016) Identification of suitable sites for rainwater harvesting structures in arid and semi-arid regions: a review. Int. Soil Water Conserv. Res. 4 (2), 108–120.

Adham, A., Riksen, M., Ouessar, M., Ritsema, C., Ammar, A., Riksen, M., Ouessar, M., Ritsema, C., (2016) Identification of suitable sites for rainwater harvesting structures in arid and semi-arid regions&58; A review. Int. Soil Water Conserv. Res. 4:108–120.

Adamowski, J. (2015) Rainwater harvesting for the management of agricultural droughts in arid and semiarid regions. Paddy and Water Environment, 14(1), 231–246.

Al-Daghastani, H.S., (2010) Water harvesting search in Nineah Governorate using remote sensing data. Iraqi J. Desert Stud. 2: 1–15.

Baguma, D., Loiskandl, W., Jung, H., (2010). Water management, rainwater harvesting and predictive variables in rural households. Water Resour. Manag. 24: 3333–3348.

Basinger, M., Montalto, F., Lall, U., (2010) A rainwater harvesting system reliability model based on nonparametric stochastic rainfall generator. J. Hydrol. 392: 105–118.

Dabiri, D., Alipor, A., Azad, B., Fatahi, A., (2016) Site Selection of In-situ and Ex-situ Methods of Rain Water Harvesting In the Arid Regions of Iran. Volume: 03 Issue: 04:270–276.

De Winnaar, G., Jewitt, G.P.W., Horan, M., Winnaar, G. De, Jewitt, G.P.W., Horan, M., (2007) A GIS-based approach for identifying potential runoff harvesting sites in the Thukela River basin, South Africa. Phys. Chem. Earth,

Parts A/B/C 32: 1058–1067.
Durbude, D.G., Venkatesh, B., (2004) Site suitability analysis for soil and water conservation structures. J. Indian Soc. Remote Sens. 32: 399–405.
Durga Rao, K.H. V, Bhaumik, M.K., (2003) Spatial expert support system in selecting suitable sites for water harvesting structures—a case study of song watershed, Uttaranchal, India. Geocarto Int. 18, 43–50.
El-Awar, F. A., Makke, M. K., Zurayk, R. A., & Mohtar, R. H. (2000) A spatial hierarchical methodology for water harvesting in dry lands. Applied Engineering in Agriculture, 16(4), 395–404.
Ejegu, M. A., & Yegizaw, E. S. (2020) Potential rainwater harvesting suitable land selection and management by using GIS with MCDA in Ebenat District, Northwestern Ethiopia. Journal of Degraded and Mining Lands Management, 8(1), 2537–2549.
Fewkes, A., (2000) Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach. Urban water 1, 323–333.
Guo, Y., Baetz, B.W., Engineering, H., (2007) Sizing of rainwater storage units for green building applications. J. Hydrol. Eng. 12, 197–205.
Helmreich, B.Ã., Horn, H., Coulombwall, A., (2009) Opportunities in rainwater harvesting. Desalination 248, 118–124.
Jha, M.K., Chowdary, V.M., Kulkarni, Y., Mal, B.C., (2014) Rainwater harvesting planning using geospatial techniques and multicriteria decision analysis. Resour. Conserv. Recycl. 83, 96–111.
Jasrotia, A. S., Majhi, A., & Singh, S. (2009) Water balance approach for rainwater harvesting using remote sensing and GIS techniques, Jammu Himalaya, India. Water Resources Management, 23(14), 3035–3055
Kahinda, J.M., Lillie, E.S.B., Taigbenu, A.E., Taute, M., Boroto, R.J., (2008) Developing suitability maps for rainwater harvesting in South Africa. Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C 33, 788–799.
Kadam, A. K., Kale, S. S., Pande, N. N., et al. (2012) Identifying potential rainwater harvesting sites of a semi-arid, basaltic region of Western India, using SCS-CN method. Water Resources Management, 26(9), 2537–2554.
Mahmoud, S.H., Alazba, A.A., (2015) The potential of in situ rainwater harvesting in arid regions: developing a methodology to identify suitable areas using GIS-based decision support system. Arab. J. Geosci. 8, 5167–5179.
Makhamreh, Z., (2011) Using remote sensing approach and surface landscape conditions for optimization of watershed management in Mediterranean regions. Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C 36, 213–220.
Mitchell, V.G., (2007) How important is the selection of computational analysis method to the accuracy of rainwater tank behaviour modelling? Hydrol. Process. 21, 2850–2861.
Mahmoud, S. H., & Alazba, A. A. (2016) Delineation of potential sites for rainwater harvesting structures using a GIS-based decision support system. Hydrology Research, 46(4), 591–606.
Napoli, M., Cecchi, S., Orlandini, S., & Zanchi, C. A. (2014) Determining potential rainwater harvesting sites using a continuous runoff potential accounting procedure and GIS techniques in central Italy. Agricultural Water Management, 141, 55–65.
Palla, A., Gnecco, I., Lanza, L.G., Barbera, P. La, La Barbera, P., (2012) Performance analysis of domestic rainwater harvesting systems under various European climate zones. Resour. Conserv. Recycl. 62, 71–80.
Ward, S., Memon, F.A., Butler, D., (2010) Rainwater harvesting: model-based design evaluation. Water Sci. Technol. 61, 85–96.
Waterfall, P.H., 2006. Harvesting rainwater for landscape use, 2nd ed. College of Agriculture and Life Sciences, University of Arizona (Tucson, AZ).1-60
Weerasinghe, H., Schneider, U.A., Loew, A., (2011) Water harvest-and storage-location assessment model using GIS and remote sensing. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss. 3353–3381.
Wei, H., Li, J.-L., Liang, T.-G., 2005. Study on the estimation of precipitation resources for rainwater harvesting agriculture in semi-arid land of China. Agric. Water Manag. 71, 33–45.
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, 34(15–18), 767–775.