اولویت‌بندی پارامترهای معرف در شناسایی سایت‌های مستعد استحصال آب باران

کاکا شاهدی[۱]، میلاد سلطانی[۲*]، فرزاد احمدی[۳]، عادل سلطانی[۴]

۱- دانشیار گروه علوم مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه علوم‌کشاورزی و منابع‌طبیعی ساری

۲* و ۳- دانشجوی دکتری علوم مهندسی آبخیزداری[۲]؛ مرتعداری[۳]، دانشگاه علوم‌کشاورزی و منابع‌طبیعی ساری

(آدرس الکترونیکی: *m.soltani102@gmail.com*)

۴- عضو هیئت علمی گروه مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور

چکیده

تعیین ضرائب اهمیت شاخص‌ها در ارزیابی عملکرد مکان‌های مناسب جمع‌آوری آب باران، یکی از مهم‌ترین مراحل تعیین مقدار عملکرد نهایی و اولویت‌بندی شاخص‌ها و دیدگاه‌ها جهت بهبود عمکرد تصمیم‌گیران و مدیران شبکه می‌باشد. تصمیم‌گیری درباره ضرائب اهمیت عوامل مختلف با هم بسیار پیچیده است. برای رفع این مشکل چندین روش تصمیم‌گیری چن معیاره وجود دارد که تحلیل سلسله مراتبی با تشکیل ماتریس مقایسات زوجی یکی از روش‌هایی است که به صورت وسیع در تحقیقات مورد استفاده قرار می‌گیرد و باعث تسهیل در امر تصمیم‌گیری می‌شود. در این روش زمانیکه علاوه بر شاخص‌های اصلی، گویه‌های هر شاخص نیز وارد سیستم تصمیم‌گیری شوند مشکل ایجاد شده و معیارهایی که دارای تعداد شاخص بیشتری هستند با افزایش تعداد شاخص‌ها ضریب ارزش آن‌ها پایین می‌آید. در این مقاله نتایج حاصل از یک پژوهش کاربردی با هدف ارزش‌گذاری معیارها و شاخص‌های تأثیرگذار بر اولیت‌بندی مکان‌های مستعد جمع‌آوری آب باران در مناطق شهرستان سنقر و کلیایی از توابع استان کرمانشاه به منظور استحصال آب باران ارائه و شیوه‌ای نوین برای برای رفع این کاستی در روش تحلیل سلسله مراتبی پیشنهاد و بکار گرفته شده است. ابتدا شاخص‌های مؤثر بر مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران انتخاب، سپس جداول ارزش به روش مقایسات زوجی طبق جدول ارزش ساعتی تکمیل و ضرایب اهمیت معیارها و شاخص‌ها به‌روش بردار ویژه محاسبه شد. با توجه به تعداد شاخص‌ها در هر معیار و تعداد کال شاخص‌ها در معیارها، ضرایب اصلاحی را که از تقسیم تعداد شاخص‌های هر معیار بر تعداد کل شاخص‌ها به‌دست می‌آید، محاسبه گردید. با حاصل ضرب آن در ضریب ارزش هر شاخص، مقدار ارزش نرمال شاخص به‌دست آمده و پارامترهای مؤثر منتخب را یک بار با اعمال ضریب نرمال و یک بار بدون ضریب نرمال (درمقابل آن) مشخص و بر اساس اهمیت آن‌ها بصورت نزولی ترتیب و بیان شد.

واژه‌های کلیدی: اولویت‌بندی، مقایسات زوجی، ارزیابی عملکرد، استحصال آب باران.

مقدمه

سازمان‌های مختلف جهت افزایش کیفیت، بهبود کارایی و اثر بخشی سازمان به دنبال پیدا کردن نواقص و مشکلات ریشه‌ای هستند که سبب بوجود آمدن دوباره کاری‌ها در فرآیندهای سیستم و افزایش هزینه می‌شود. لذا متخصصان و کارشناسان مربوط با تکیه بر نگرش جدید مدیریتی لازم است بررسی و اقدامات لازم و مؤثر را جهت پیدا کردن راه حل‌های بهینه برای پیشرفت و کسب سود مطلوب بکار گیرند. طی این روند لازم است با تکنیک‌ها و فنونی جهت بهبود وضعیت فرآیندها از نظر کمی و کیفی آشنا شوند تا با بهره‌گیری از این ابزارها بتوانند وضعیت‌های نامطلوب سیستم را ریشه‌یابی، ارزیابی و رفع کنند و بستر مناسبی را جهت ارائه بهترین کیفیت فراهم سازند. تصمیم‌گیری فرآیند انتخاب از بین موارد مختلف برای رسیدن به هدف می‌باشد. در وقع تصمیم‌گیری بررسی معیارهای رسیدن به هدف و ارجحیت این معیارها نسبت به هم است (محسنی، ۱۳۸۱). برای تصمیم‌های چند معیاره و شاخص‌های ترکیبی چندین روش وجود دارد که اهمیت نسبی آنها را در تصمیم‌گیری مشخص می‌کند. از روش‌های معتبری که در مهندسی ارزش (VE)[1] بکار رفته و استنباط وزن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) با تشکیل ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌ها می‌باشد که توسط مادج[2] ارائه شده است و این روش در سال ۱۹۹۴ توسط ساعتی[3] توسعه یافته و از آن در مطالعات علوم مختلف استفاده گردیده است. این روش می‌تواند عوامل کمی و کیفی را به‌صورت سیستماتیک در مدل تصمیم‌گیری وارد نماید. به این ترتیب که نخست ساختار مسأله تصمیم‌گیری طراحی شده، سپس گزینه‌های مختلف بر اساس معیارهای مطرح در تصمیم‌گیری با هم مقایسه گردیده و در نهایت اولیت انتخاب هر یک از آنها مشخص می‌شود. در مجموع این روش در مسائل رتبه‌بندی انتخاب، ارزیابی و پیش‌بینی که همگی نیازمند فراهم نمودن شرایط تصمیم هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتیجه نهایی (AHP) تعیین اولیت انتخاب در بین گزینه‌های تصمیم است و در مطالعات مختلفی پیرامون ارزیابی و تصمیم‌گیری موضوعات آب و سامانه‌های آبیاری مورد استفاده قرار گرفته است (غفاری و همکاران، ۱۳۸۸).

در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی سه طبقه اصلی وجود دارد که هدف در صدر این طبقات می‌باشد. برای رسیدن به این هدف در طبقه دوم معیارها و در آخر گزینه‌ها (شاخص‌ها) قرار دارند. در این فرآیند وزن‌ها در دو قسمت جداگانه به‌صورت وزن نسبی و وزن نهایی محاسبه می‌گردند. وزن نسبی از ماتریس مقایسه زوجی به‌دست آمده و از تلفیق وزن‌های نسبی وزن نهایی محاسبه می‌گردد. این وزن-ها به‌روش‌های متعددی به‌دست می‌آیند که روش بردار ویژه یکی از این روش‌ها می‌باشد که در روند انجام پژوهش در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۰).

احمدی و همکاران (۱۳۸۸)، برای ساخت مدل منطقه‌ای خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از ویژگی‌های طبیعی روش تحلیل سلسله مراتبی در حوزه آبخیز سد طالقان مورد استفاده قرار داده است که نتایج حاصل شده در استفاده از روش قابل قبلو ارزیابی شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۸۸).

جلیلی و همکاران (۱۳۹۰)، برای اولیت بندی شاخص‌های تغذیه مصنوعی دشت سراب نیلوفر استان کرمانشاه با استفاده از بکارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی با تعیین ارزش شاخص‌ها در دیدگاهای ملزومه، دشت را مورد ارزیابی قرار داده و نقاط قوت و ضعف را شناسایی و مکان‌های مستعد را شناسایی کردند.

پناهنده و همکاران (۱۳۸۸)، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و GIS برای مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری سمنان برای اولیت بندی مناطق پنج معیار اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی، زمین ساختی و هیدرولوژی و هیدروژئولوژی که هر معیار نیز داری شاخص‌های زیر مجموعه بودند نقشه‌های لایه‌ها را تهیه نموده و با ارزش‌گذاری این لایه‌ها با روش تحلیل سلسله مراتبی و تلفیق لایه‌ها پهنه‌ها را به سه پهنه بسیار مناسب، مناسب و نامناسب تقسیم نمودند که پهنه بسیار مناسب در اولیت تصمیم و در صورت لزوم مکان-های مناسب را در توسعه آتی در دستور کار قرار گرفت.

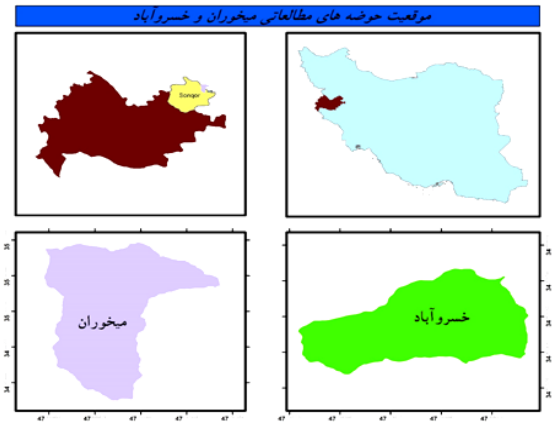
غفاری و همکاران (۱۳۸۸)، برای تعیین الگوی کشت بهینه شبکه آبیاری ورامین با استفاده از مدل تحیلی سلسله مراتبی در انتخاب نوع کشت با استفاده از معیارهای اقتصادی، منابع آب و خاک، پارامترهای اقلیمی و عوامل گیاهی که دارای هشت شاخص زیر مجموعه بودند اولیت بندی الگوی کشت را انجام دادند که در این اولیت بندی مطالعه موردی برای پنج منطقه مختلف از شبکه آبیاری دشت

1. Value Engineering
2. Mudge
3. Saaty

ورامین با مساحت حدودی هر منطقه ۱۰۰۰۰ هکتار که پس از اولیت بندی محصولات مختلف، الگوی کشت به‌ترتیب گیاهان جو، گندم، پنبه، ذرت و صیفی جات و یونجه و سبزیجات در اولیت الگوی کشت قرار گرفتند. در این تحقیق برای اولیت بندی مکان‌های مستعد جمع‌آوری آب باران از روشAHP استفاده شده است. در تصمیم‌گیری AHP هر چه تعداد شاخص‌ها در معیارها بیشتر گردد ارزش اتخاذ شده برای شاخص کمتر می‌گردد در صورتی که در معیاری دیگر که تعداد شاخص‌های آن کمتراست وزن بیشتری به شاخص-های آن اختصاص می‌یابد. در حالیکه ممکن است اهمیت شاخصی که در معیاری دیگر با تعداد شاخص بیشتر قرار دارد خیلی بیشتر باشد. ولی به ناچار به‌دلیل ماهیت روش ارزش آن کمتر می‌شود و این از اشکالات روش تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد. بنابراین در تحقیق حاضر با اختصاص ضریب نرمال با توجه به تعداد کل شاخص‌ها و زیر معیارها و محاسبه ضریب نرمال این مشکل مرتفع گردیده و با اختصاص ضریب، تعداد شاخص‌ها در معیارها یکسان‌سازی صورت گرفته و کاراولیت بندی به‌روش تحلیل سلسله مراتبی را دقیق‌تر و تصمیمات اتخاذ شده را اصولی‌تر می‌نماید. در این صورت کارآیی روش افزایش یافته و در اتخاذ تصمیم در نرم افزارهایی که تمام لایه‌ها بایستی ارزش همسان داشته باشند تا اولیت بندی صورت گیرد بدون مشکل اشاره شده، قابل استفاده می‌شود.

مواد و روش‌ها

حوزۀ آبخیز معرف در استان کرمانشاه، در شهرستان سنقر قرار گرفته و از نظر موقعیت جغرافیایی بین ″۴۲ ، ′۴۴ و °۴۷ تا ″۲۰ ، ′۴۹ و °۴۷ طول شرقی و″۳۴ ، ′۵۶ و°۳۴ تا ″۵۲ ، ′۵۸ و°۳۴ عرض شمالی واقع شده است. حداکثر ارتفاع حوزه ۲۶۰۲ متر و حداقل ارتفاع در خروجی حوزه برابر ۱۹۵۴ متر از سطح دریاست. از نظر هیدرولوژیکی، حوزۀ مطالعاتی خسروآباد یکی از سرشاخه‌های رودخانۀ گاوه‌رود از زیرحوزه‌های حوزۀ مرزی غرب کشور است. از لحاظ تقسیمات زمین‌ساختی در زون سنندج- سیرجان واقع شده است. حوزه‌های آبخیز شامل هشت آبادی است (مهندسین مشاور طرح آبریز، ۱۳۹۴). شکل (۱) موقعیت حوضه را در کشور و استان کرمانشاه به تصویر کشیده است.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی حوضۀ مطالعاتی

در عصر حاضر شاهد مشکلاتی اعم از کمبود بارش، توزیع زمانی پراکنده و بدنبال آن کمبود آب درمناطق نیمه‌خشک تا نیمه‌مرطوب بوده است. مطالعات حاکی از آن است که بیشتر محققین بر شناسایی مکان‌های مناسب جهت جمع‌آوری آب باران و استفاده بهینه از این منبع خدادای تأکید کرده‌اند. با توجه به کارآمدی سامانه جمع‌آوری آب باران و همچنین چند منظوره بودن آنها در برداشت آب، افزایش ذخیره رطوبت خاک و آب در دسترس گیاهان، کنترل سیلاب و فرسایش و استفاده جهت تأمین آب، پیاده سازی این سامانه‌ها می‌تواند به عنوان یکی از ابزارهای توسعه پایدار در حوزه‌های آبخیز شهری- غیرشهری و روستایی صورت گیرد. از سوی دیگر شناسایی مکانهایی که بتوان این سامانه‌ها را در آن اجرا کرد از اولین چالش‌های مدیران اجرایی، طراحان و پژوهشگران می‌باشد. از آنجایی که تاکنون یک بررسی جامع و کامل جهت تلفیق و مقایسه مطالعات اجرایی اداره کل منابع طبیعی استان کرمانشاه در حوضه‌های میخوران شهرستان سنقر (توابع استان کرمانشاه) انجام نگرفته است، تلاش بر آن است که پس از ساخت و ترکیب لایه‌های مورد نیاز منطقه در محیط GIS و سپس ارزش‌گذاری با فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP مکان‌های مستعد به‌دست آید. در این تحقیق مجموعه عوامل مختلف مؤثر بر تعیین اولویت مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران در منطقه سنقر و کلیایی که شامل: پوشش گیاهی (چهار

شاخص)، درصد تاج پوشش (پنج شاخص)، درصد شیب (شش شاخص)، جهت شیب (پنج شاخص)، بارندگی (پنج شاخص)، سنگ شناسی (پنج شاخص)، کاربری اراضی (چهار شاخص)، گروه‌های هیدرولوژیک خاک (چهار شاخص) می‌باشند نیز یک بار با اعمال ضریب نرمال و یک بار بدون ضریب نرمال در جداول نهایی اولویت بندی و رتبه‌بندی گردید.

تشکیل ماتریس مقایسات زوجی

فرض کنیم شاخص ترکیبی X ، از n عامل $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ تشکیل شده باشد. برای تعیین وزن هر کدام از این عوامل $w_1, w_2, w_3, \ldots, w_n$ با توجه به اهمیت آنها از روش مقایسات زوجی بدین ترتیب استفاده می‌شود:

$$X = w_1.x_1 + w_2.x_2 + w_3.x_3 + \ldots + w_n.x_n \qquad (۱)$$

یک جدول $(n+1) \times (n+1)$ تشکیل داده و در اولین سطر و اولین ستون آن عامل‌های مختلف x_1 تا x_n را نوشته و با توجه به نظرات کارشناسان مجرب، اهمیت هر عامل نسبت به عامل‌های دیگر سنجیده می‌شود و عددی بین ۱ تا به آنها نسبت داده می‌شود.

روش بردار ویژه و محاسبه وزن عامل ها در ماتریس مقایسات زوجی

پس از تکمیل جداول و تعیین درجه اهمیت نسبی برای محاسبه وزن‌ها(w_i ها) از ماتریس‌های فوق، روش‌های متفاوتی وجود دارد که یکی از روش‌ها، روش بردار ویژه(EM)[1] می‌باشدکه به دلیل توانمندی در محاسبه میزان ناسازگاری، برای مقایسه میزان ناسازگاری جداول مختلف از این روش استفاده گردیده است. در این روش از تجزیه ماتریس مربع و وارون پذیر A به بردار ویژه W به ازای مقدار ویژه[2] ماکزیمم آن (λ_{max}) استفاده می شود یعنی:

$$A.W = \lambda_{max}.W \qquad (۲)$$

برای به‌دست آوردن شیوه‌ای جهت یافتن مقادیر ویژه و بردارهای ویژه، معادله عمومی $A.W = \lambda.W$ را به صورت یک دستگاه معادلات خطی می نویسیم:

$$A.W - \lambda.W = 0$$

(0 نشان دهنده ماتریس ستونی است که همه‌ی درایه های آن صفرند.)

$$A.W - \lambda.I.W = 0$$

(I ماتریس همانی است و لذا $W = I.W$).

$$(A - \lambda.I).W = 0 \qquad (۳)$$

به ازای ماتریس مربع A به منظور آنکه $W \neq 0$ باشد باید دترمینان ماتریس ضرائب در دستگاه همگن $(A - \lambda.A) = 0$ نیز برابر صفر باشد یعنی $|A - \lambda.I| = 0$.

حل این دترمینان منجر به مقادیر ویژه متعددی برای λ می‌گردد که یک بردار ویژه به ازای استفاده از هر کدام از آنها نیز حاصل خواهد شد. بزرگ ترین مقدار ویژه بدست آمده (λ_{max}) را در نظر گرفته و برای تعیین مقادیر وزنی عوامل از این مقدار ویژه استفاده می‌شود.

تجزیه و تحلیل

در این تحقیق، عوامل تأثیرگذار بر نفوذ و ذخیرهٔ آب باران در حوزهٔ آبخیز معرف استان کرمانشاه مشخص‌شده و وارد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گردید. ۵۹ شاخص به‌صورت کلی بیان شد که از این تعداد، ۱۱ شاخص و ۴۸ گویه در نظر گرفته شد شاخص‌های انتخاب‌شده با استفاده از پرسش‌نامه و توسط نظریات کارشناسان، اساتید و صاحب‌نظران مجرب به روش گروهی طی فرایند مهندسی ارزش و به روش انفرادی و مقایسهٔ دو به دو ارزش‌گذاری شد. جداول (۱ تا ۸) نتایج مقایسهٔ زوجی پارامترها و وزن‌های به‌دست‌آمده بعد از تشکیل ماتریس مقایسهٔ زوجی را نشان می‌دهد و جدول ۹ پارامترهای مؤثر منتخب را یک بار با اعمال ضریب نرمال و یک بار بدون ضریب نرمال (درمقابل آن) مشخص و بر اساس اهمیت آن‌ها بصورت نزولی ترتیب و نشان داده شد. در روش AHP، معیارها ابتدا به‌صورت کیفی بوده و بعد با بهره‌گیری از جدول ساعتی به‌صورت کمّی ارائه می‌شوند. در این فرایند نسبت ناسازگاری تعیین می‌شود و اگر میزان آن کمتر از ۰/۱ باشد، دلالت بر سطح قابل قبول سازگاری مقایسه‌های جفتی دارد که در این مطالعه، میزان ناسازگاری برای هریک از معیارهای اصلی و زیرمعیارهای آن به‌تفکیک در جداول زیر نشان داده شده است. جداول تکمیل‌شده نیز به روش بردار ویژه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جداول به‌دست‌آمده به شرح زیر است.

[1]-Eigenvector Method

[2]-Eigenvalue

جدول شماره ۱: ارزش‌گذاری معیار پوشش گیاهی و شاخص‌های مربوط به آن

پوشش گیاهی	ارزش معیار	تعداد زیرشاخص	ارزش زیرشاخص	ضریب نرمال	ارزش نرمال زیرشاخص	ارزش کل شاخص	ارزش کل زیر شاخص ضربدر ۱۰۰۰
	۰/۰۱۸۸	۴		۰/۰۸۳۳			
Astragalus (gossypinus) Hordeum (bolbosum) Bromus (tomentellus)		۱	۰/۳۹۵۲		۰/۰۳۲۹	۰/۰۰۰۶۱۹۱۴۷	۰/۶۱۹۱۴۷
Astragalus (gossypinus) Gundelia (turneforti) Phlomis (olivery)		۲	۰/۱۴۰۴		۰/۰۱۱۶	۰/۰۰۰۲۱۹۹۶	۰/۲۱۹۹۶
Astragalus (gossypinus) Bromus (tomentellus) Gundelia (turneforti)		۳	۰/۲۳۲۲		۰/۰۱۹۳	۰/۰۰۰۳۶۳۷۸	۰/۳۶۳۷۸
Astragalus (gossypinus) Hordeum (bolbosum) Gundelia (turneforti)		۴	۰/۲۳۲۲		۰/۰۱۹۳	۰/۰۰۰۳۶۳۷۸	۰/۳۶۳۷۸
نرخ ناسازگاری				۰/۰۲۲۶۸۶۵۰۴			

جدول شماره ۲: ارزش‌گذاری معیار درصد تاج پوشش و شاخص‌های مربوط به آن

درصد تاج پوشش	ارزش معیار	تعداد زیرشاخص	ارزش زیر شاخص	ضریب نرمال	ارزش نرمال زیرشاخص	ارزش کل شاخص	ارزش کل زیر شاخص ضربدر ۱۰۰۰
	۰/۰۲۵۴	۴		۰/۱۰۴۱۶۶			
<۱۰		۱	۰/۴۹۱۲		۰/۰۵۱۱	۰/۰۰۱۲۹۹۶۳۳	۱/۲۹۹
۲۵-۱۰		۲	۰/۲۵۹۸		۰/۰۲۷۰۶	۰/۰۰۰۶۸۷۳۸۸	۰/۶۸۷۳
۵۰-۲۵		۳	۰/۱۳۷۶		۰/۰۱۴۳	۰/۰۰۰۳۶۴۰۶۷	۰/۳۶۴۰
۷۵-۵۰		۴	۰/۰۷۲۸		۰/۰۰۷۵	۰/۰۰۰۱۹۲۶۱۷	۰/۱۹۲۶
۱۰۰-۷۵		۵	۰/۰۳۸۶		۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۱۰۲۱۲۹	۰/۱۰۲۱
نرخ ناسازگاری				۰/۰۴۹۴۴۷۱۶۹			

جدول شماره ۳: ارزش‌گذاری معیار درصد شیب و شاخص‌های مربوط به آن

درصد شیب	ارزش معیار	تعداد زیر شاخص	ارزش زیر شاخص	ضریب نرمال	ارزش نرمال زیرشاخص	ارزش کل شاخص	ارزش کل زیر شاخص ضربدر ۱۰۰۰
	۰/۱۳۶۵	۶		۰/۱۲۵			
۵-۰		۱	۰/۰۴۱۱		۰/۰۰۵۱۳۸	**۰/۰۰۰۷**	**۰/۷**
۱۰-۵		۲	۰/۰۷۰۵		۰/۰۰۸۸۱	۰/۰۰۱۲۰۲	۱/۲۰۲
۲۰-۱۰		۳	۰/۰۹۰۸		۰/۰۱۱۳۵	۰/۰۰۱۵۴۹	۱/۵۴۹
۳۰-۲۰		۴	۰/۱۲۰۹		۰/۰۱۵۱۱	۰/۰۰۲۰۶۲۸۵۶	۲/۰۶۲۸
۶۰-۳۰		۵	۰/۱۹۰۹		۰/۰۲۳۶۳	۰/۰۰۳۲۵۷	۳/۲۵۷
>۶۰		۶	۰/۴۸۵۹		۰/۰۶۰	۰/۰۰۸۲۹۰۶۶	۸/۲۹۰
نرخ ناسازگاری				۰/۰۹۹۲۸۱۸۴۶			

جدول شماره ۴: ارزش‌گذاری معیار جهت شیب و شاخص‌های مربوط به آن

جهت شیب	ارزش معیار	تعداد زیر شاخص	ارزش زیر شاخص	ضریب نرمال	ارزش نرمال زیرشاخص	ارزش کل شاخص	ارزش کل زیر شاخص ضربدر ۱۰۰۰
	۰/۰۴۸	۵		۰/۱۰۴۱۶۶			
شمال		۱	۰/۵۰۸		۰/۰۵۲۹	۰/۰۰۲۵۴	۲/۵۴
غرب		۲	۰/۱۳۷۱		۰/۰۱۴۲	۰/۰۰۰۶۸۵۵	۰/۶۸۵۵
شرق		۳	۰/۲۲۰۷		۰/۰۲۲	۰/۰۰۱۱۰۳۵	۱/۱۰۳۵
جنوب		۴	۰/۰۸۱۵		۰/۰۰۸۴	۰/۰۰۰۴۰۷۵	۰/۴۰۷۵
بدون جهت		۵	۰/۰۵۲۶		۰/۰۰۵۴	۰/۰۰۰۲۶۳	۰/۲۶۳
نرخ ناسازگاری			۰/۰۱۲۳۲۳۴۶۶				

جدول شماره ۵: ارزش‌گذاری معیار بارندگی سالانه و شاخص‌های مربوط به آن

بارندگی سالانه(میلی متر)	ارزش معیار	تعداد زیرشاخص	ارزش زیر شاخص	ضریب نرمال	ارزش نرمال زیرشاخص	ارزش کل شاخص	ارزش کل زیر شاخص ضربدر ۱۰۰۰
	۰/۲۵۰۹	۵		۰/۱۰۴۱۶۶			
کمتر از ۱۰۰		۱	۰/۰۳۷۶		۰/۰۰۳۹	۰/۰۰۰۹۸۲۶۹۱۶	۰/۹۸۲۶
۲۰۰-۱۰۰		۲	۰/۰۶۸۷		۰/۰۰۷۱	۰/۰۰۱۷۹۵	۱/۷۹۵۵
۳۰۰-۲۰۰		۳	۰/۱۳۴۸		۰/۰۱۴	۰/۰۰۳۵۲۳۰۵	۳/۵۲۳۰
۴۰۰-۳۰۰		۴	۰/۲۶۹۵		۰/۰۲۸	۰/۰۰۷۰۴۳	۷/۰۴۳۴
>۴۰۰		۵	۰/۴۸۹۴		۰/۰۵۰	۰/۰۱۲۷۹۰۶	۱۲/۷۹۰۶
نرخ ناسازگاری			۰/۰۴۶۴۱۷				

جدول شماره ۶: ارزش‌گذاری معیار سنگ شناسی و شاخص‌های مربوط به آن

سنگ شناسی	ارزش معیار	تعداد زیرشاخص	ارزش زیر شاخص	ضریب نرمال	ارزش نرمال زیرشاخص	ارزش کل شاخص	ارزش کل زیر شاخص ضربدر ۱۰۰۰
	۰/۰۶۰۸	۵		۰/۱۰۴۱۶۶			
آندزیت		۱	۰/۴۰۸۵		۰/۰۴۲۵	۰/۰۰۲۵۸۷	۲/۵۸
دیوریت، گرانودیوریت، سینیت		۲	۰/۲۶۵۳		۰/۰۲۷۶	۰/۰۰۱۶۸۰	۱/۶۸
دگرگونی آهکی، مرمر، شیست		۳	۰/۱۶۱۷		۰/۰۱۶۸	۰/۰۰۱۰۲۴۱	۱/۰۲
میکاشیست، شیست سبز و گرودنادار و آندالوزیت		۴	۰/۰۹۸۳		۰/۰۱۰۲	۰/۰۰۰۶۲۲	۰/۶۲
پادگانه‌های آبرفتی		۵	۰/۰۶۶۱		۰/۰۰۶۸	۰/۰۰۰۴۱۸۶	۰/۴۱
نرخ ناسازگاری			۰/۰۲۲۱۵				

جدول شماره ۷: ارزش‌گذاری معیار کاربری اراضی و شاخص‌های مربوط به آن

کاربری اراضی	ارزش معیار	تعداد زیرشاخص	ارزش زیر شاخص	ضریب نرمال	ارزش نرمال زیرشاخص	ارزش کل شاخص	ارزش کل زیر شاخص ضربدر ۱۰۰۰
	۰/۰۵۷۵	۴		۰/۰۸۳۳			
مرتع		۱	۰/۵۴۲۲		۰/۰۴۵۱	۰/۰۰۲۵۹۸	۲/۵۹
زراعت آبی		۲	۰/۰۸۵۲		۰/۰۰۷۱	۰/۰۰۰۴۰۸۲	۰/۴
زراعت دیم		۳	۰/۲۱۳۲		۰/۰۱۷۷	۰/۰۰۱۰۲۱	۱/۰۲۱
باغ		۴	۰/۱۵۹۳		۰/۰۱۳۲	۰/۰۰۰۷۶۳۳	۰/۷۶
نرخ ناسازگاری					۰/۰۵۲۲۰		

جدول شماره ۸: ارزش‌گذاری معیار گروه‌های هیدرولوژیک خاک و شاخص‌های مربوط به آن

گروه‌های هیدرولوژیک خاک	ارزش معیار	تعداد زیرشاخص	ارزش زیر شاخص	ضریب نرمال	ارزش نرمال زیرشاخص	ارزش کل شاخص	ارزش کل زیر شاخص ضربدر ۱۰۰۰
	۰/۱۵۳۹	۴		۰/۰۸۳۳			
A		۱	۰/۰۶۳۳		۰/۰۰۵۲	۰/۰۰۰۸۱۱	۰/۸۱۱
B		۲	۰/۱۳۱۵		۰/۰۱۰۹	۰/۰۰۱۶۸	۱/۶۸
C		۳	۰/۲۶۳۶		۰/۰۲۱۹	۰/۰۰۳۳۸	۳/۳۸
D		۴	۰/۵۴۱۶		۰/۰۴۵۱	۰/۰۰۶۹۴	۶/۹۴
نرخ ناسازگاری					۰/۰۵۲۲۰		

جدول شماره ۹: اولویت‌بندی شاخص‌های مختلف در حالت با اعمال و بدون اعمال ضرایب اصلاحی

	با اعمال ضریب نرمال
۱	بارندگی ۴۰۰<
۲	شیب ۶۰<
۳	بارندگی ۴۰۰-۳۰۰
۴	گروه هیدرولوژیک D
۵	بارندگی ۳۰۰-۲۰۰
۶	گروه هیدرولوژیک C
۷	شیب ۶۰-۳۰
۸	کاربری اراضی مرتع
۹	گروه هیدرولوژیک B
۱۰	جهت شمال
۱۱	شیب ۳۰-۲۰
۱۲	بارندگی ۲۰۰-۱۰۰
۱۳	سنگ شناسی اندزیت
۱۴	سنگ شناسی دیوریت
۱۵	شیب ۲۰-۱۰
۱۶	درصد تاج پوشش ۱۰<
۱۷	شیب ۱۰-۵
۱۸	جهت شرق
۱۹	سنگ شناسی دگرگونی آهکی
۲۰	زراعت دیم

	بدون اعمال ضریب نرمال
۱	بارندگی ۴۰۰<
۲	گروه هیدرولوژیک D
۳	بارندگی ۴۰۰-۳۰۰
۴	شیب ۶۰<
۵	بارندگی ۳۰۰-۲۰۰
۶	کاربری اراضی مرتع
۷	گروه هیدرولوژیک C
۸	شیب ۶۰-۳۰
۹	سنگ شناسی اندزیت
۱۰	جهت شمال
۱۱	گروه هیدرولوژیک B
۱۲	بارندگی ۲۰۰-۱۰۰
۱۳	شیب ۳۰-۲۰
۱۴	سنگ شناسی دیوریت
۱۵	درصد تاج پوشش ۱۰<
۱۶	شیب ۲۰-۱۰
۱۷	کاربری اراضی زراعت دیم
۱۸	جهت شرق
۱۹	سنگ شناسی دگرگونی آهکی
۲۰	گروه های هیدرولوژیک A

	با اعمال ضریب نرمال
۲۱	بارندگی ۱۰۰<
۲۲	گروه های هیدرولوژیک A
۲۳	کاربری اراضی باغ
۲۴	شیب ۵-۰
۲۵	درصد تاج پوشش ۲۵-۱۰
۲۶	جهت غرب
۲۷	سنگ شناسی میکاشیست
۲۸	پوشش ۱
۲۹	سنگ شناسی پادگانه های آبرفتی
۳۰	کاربری اراضی زراعت آبی
۳۱	جهت جنوب
۳۱	درصد تاج پوشش ۵۰-۲۵
۳۲	پوشش ۳
۳۳	پوشش ۴
۳۴	جهت بدون سمت
۳۵	پوشش ۲
۳۶	درصد تاج پوشش ۷۵-۵۰
۳۷	درصد تاج پوشش ۱۰۰-۷۵

	بدون اعمال ضریب نرمال
۲۱	شیب ۱۰-۵
۲۲	بارندگی ۱۰۰<
۲۳	کاربری اراضی باغ
۲۴	پوشش ۱
۲۵	درصد تاج پوشش ۲۵-۱۰
۲۶	جهت غرب
۲۷	سنگ شناسی میکاشیست
۲۸	شیب ۵-۰
۲۹	کاربری اراضی زراعت آبی
۳۰	پوشش ۳
۳۱	پوشش ۴
۳۱	سنگ شناسی پادگانه های آبرفتی
۳۲	جهت جنوب
۳۳	درصد تاج پوشش ۵۰-۲۵
۳۴	پوشش ۲
۳۵	جهت بدون سمت
۳۶	درصد تاج پوشش ۷۵-۵۰
۳۷	درصد تاج پوشش ۱۰۰-۷۵

نتایج و بحث

به‌طور کلی با توجه به توانایی GIS در الگوسازی و کمک به مکان‌یابی استحصال رواناب در مدل‌های مختلف و طیف وسیع کلاس‌بندی در روش AHP، قدرت تصمیم‌گیری کارشناسان بالاتر بوده و می‌توان از هر گونه اقدامی که سبب تصمیم‌گیری نادرست شده جلوگیری کرده و سبب کاهش هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی شود. بنابراین، نتیجه می‌شود. علاوه بر فاکتور بارندگی که جزء عوامل اصلی و پایه در بحث ذخیرهٔ آب باران است، عامل شیب و بافت خاک بیش از سایر عوامل مؤثر است. به‌طور کلی می‌توان این‌گونه بیان کرد که نتایج تحقیق با گاموس[۱] (۲۰۰۲)، قدسی‌پور (۲۰۰۵)، هاتی‌بو[۲] و همکاران (۲۰۰۶)، جلیل و همکاران (۲۰۰۶)، جوزی‌پراکاش و ماندر[۳] (۲۰۰۹)، یزدانی و دخانی (۲۰۰۷)، حسن‌لو و همکاران (۲۰۰۹) ، پارسامهر و همکاران (۲۰۱۱)، خاشعی‌سیوک و همکاران (۲۰۱۱)، عامری و همکاران (۲۰۱۱)، صادقی و همکاران (۲۰۱۱)، **کشاورز و همکاران (۲۰۱۲)، یونگ‌لی[۴] (۲۰۱۲)، جلیلی و همکاران (۲۰۱۴)، لی و گوننگ[۵] (۲۰۰۲)، الشمیری و زیادت[۶] (۲۰۱۲)، کادم[۷] و همکاران (۲۰۱۲) خیرخواه زرکش (۲۰۰۷ و ۲۰۱۵) و گویزانی[۸] (۲۰۱۶) هم‌خوانی دارد و با نتایج نامی (۲۰۱۳)، آراستگی و معدل (۲۰۰۲) و قدسی[۹] (۲۰۰۱) مطابقت ندارد.** در مطالعاتی که مورد بررسی قرار گرفت، عوامل بارندگی بیشترین تأثیر را در مکان‌یابی مناطق مستعد استحصال و تولید رواناب داشته و بعد از بارندگی، اثر نفوذپذیری از بقیهٔ عوامل بیشتر بوده است. ذکر یک نکته ضروری به نظر می‌رسد که اثر بارندگی در حوضه‌هایی بیشتر تأثیرگذار است که تفاوت فاحشی بین میزان بارش در نقاط مختلف حوضه شاهد باشیم. نتایج حاصل از این مطالعه مبین این مطلب است که روش مورد استفاده از اعتبار بالایی در پهنه‌بندی مناطق مناسب برای اجرای پروژه‌های استحصال آب باران برخوردار بوده و به‌کارگیری فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان یک سیستم تصمیم یار مکانی مؤثر در مکان‌یابی مناطق مستعد استحصال آب باران می‌باشد. همچنی

4. Gomes
5. Hatibu
3. Jothiprakash & Mandar
4. Young Lee
5. Li Gong
9. Al-Shamiri & Ziadat
10. Kadam
11. Guizani
9. Ghodosi

نتایج حاصل شده استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی با استفاده از ضریب اصلاح خطالی زیر معیارها که باعث نرمال شدن ضرائب می‌شود نشان می‌دهد در صورتیکه از ضریب اصلاحی استفاده شود ترتیب معیارها در حالت با اعمال ضریب نرمال و بدون اعمال ضریب نرمال اولویت ارزش‌ها متفاوت خواهد بود و ضرایب اولویت مکانی اکثر شاخص‌ها تغییر یافته و تنها در ۱۰ شاخص مشخص شده بدون تغییر باقی مانده است. تغییرات مورد نظر در جهت افزایش دقت اولویت‌ها می‌باشد. تغییر مکانی شاخص‌ها در حدود ۸۰ درصد بوده و چون اولویت بندی مناطق مستعد به ۱۱ گروه تقسیم شده، اولویت گروه مناطق در حدود ۱۵ درصد می‌باشد که تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر دقت تصمیم‌گیری‌ها خواهد داشت.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در حالت کلی روش‌های انفرادی با وجود اینکه معمولاً در تحقیقات از آن استفاده می‌شود، روش مناسبی برای تکمیل جداول نمی‌باشند زیرا بین نظرات مختلف تضاد و ناسازگاری ایجاد شده و در تصمیم‌گیری از دقت لازم برخوردار نیست. به این دلیل روش کامل‌تری که در آن روش تکمیل جدول به صورت گروهی می‌باشد پیشنهاد می‌گردد که نظرات سازگارتری اعمال شود. در تکمیل جداول به‌صورت گروهی در مطالعه ارزش‌ها و تعیین ضرائب اهمیت علاوه بر اینکه نظرات افراد با هم در مورد یک نسبت متضاد نمی‌باشد بلکه بین نظرات مختلف دو نسبت، تضاد کمتری ایجاد گردیده و سازگاری جداول بیشتر می‌شودکه به نتایج دقیق‌تری در اولویت‌بندی‌ها منجر می‌گردد. اگر چه استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP یک روش کارشناسی بوده ولی به‌دلیل جواب بهتر داشتن نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری در تحقیقات محیطی این روش همچنان مورد استفاده قرار می‌گیرد و نسبت به سایر روش‌ها دارای مزیت نسبی می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات نتایج حاصل شده از این روش با روش‌های دیگر مقایسه شود و در صورت موجودیت یک مدل و یا نرم افزار محاسباتی بسیار کارآ تعداد شاخص‌ها و زیر معیارها با هم در جدول مقایسات زوجی آورده شود و نتیجه ارزش‌ها با این روش مقایسه شود. البته سعی بر این باشد که تعداد شاخص‌ها از نظر فنی قابل مقایسه با هم باشد.

منابع

- - Ahmadi, L And creepy, huh And Mir Mohammad Sadeghi, AS. 1384. Achieving Continuous Improvement in the Organization for the Application of Value Engineering and Six Sigma Techniques. Second National Monsoon Conference on Value, 2nd and 3rd of December.-Ahmadi, H., Mohammad
- - Akbarpour, A., Shahezi Siyuki, A., Farmer, A. Foroughi Far, H., 2015. Determination of appropriate rainwater harvesting locations for use in agricultural uses using the AHP model. Water Management Issue, Sixth Year. No. 12. P. 65.
- - Al-Shamiri, A. and F. M. Ziadat., 2012. Soil-landscape modeling and land suitability evaluation.the case of rainwater harvesting in a dry rangeland environment. International Journal of Applied Earth Observation and Geo information. 18. 157-164.
- - Ameri Ekhtearabadi, A. Nikpour, M. And Shojaa Talatpa, F., 2011. Determination of Proper Places for the Basin Using Analytical Hierarchy Process. Case Study: Hamedan Province. First International Conference and 3rd National Conference on Dam and Hydroelectric Power Plants, Tehran.
- - Arastegi R and Moaadel, E., 2002. Investigating the attractiveness of fuel cell compared to other technologies used in the automotive industry. Sharif, (24): 49-57.
- - Eshghizadeh, M., Noah, N. and Heydari H., 2010. Selection of suitable runoff sites for feeding Qanats (Case study: Kalat watershed, Gonabad). Journal of Watershed Research, No. 89, pp. 36 - 27.
- - Ghodosi Shahrzaie, H., 2001. Improvement of irrigation network performance by sensitivity analysis in DEA data envelopment analysis models. Tarbiat Modares University. Master thesis, 115 p.
- - Ghodsipur, H., 2005. Analytical Hierarchy Process AHP, Amir Kabir Industrial University Publication Center. fourth edition.
- - Gomes E.G. and Lins M. P. E., 2002. Integrating geographical information systems and multicriteria methods A case study. Annals of Operations Research, 116(1-4): 243-269.
- - Guizani M., 2016. Storm Water Harvesting in Saudi Arabia: a Multipurpose Water Management Alternative. Journal of Water Resour Manage. 11269-016-1255-4.
- - Hassan Lo, M; Khalfi, J. And Hashemi, M., 2009. Location of suitable areas for the construction of underground dams in Zanjan plain using satellite imagery, second national congress of sedimentation, Zanjan, Islamic Azad University, Zanjan Branch.
- - Hatibu N., Mutabazi K., Senkondo E.M and Msangi A.S.K., 2006. Economics of rainwater harvesting for crop

enterprises in semi-arid areas of East frica.gricultural Water Management, 80(1): 74-86.

- - Jalili, J., Jalili, H., H. And Hadidy, M., 2014. Artificial feeding of groundwater aquifers through surface drainage canals using AHP method, Journal of Watershed Management Sciences and Engineering. Eighth year. No. 24, Spring. Pages 29-36.
- - Jalili, J; Jebli, S. Q; Qamarnaia, e. And Monaam, M, j. C., 2006. Using Analytical Hierarchy Process and Value Engineering in Determining the Importance of Performance Evaluation Indicators for Irrigation Networks. Second Water Resources Management Conference. 11 p.
- - Jothiprakash V. and Mandar V.S.A.T.H.E., 2009. Evaluation of rainwater harvesting methods and structures using analytical hierarchy process for a large scale industrial area. Journal of Water Resource and Protection, 1: 427-438.
- - Kadam ajaykumar K., Sanjay S. Kale., Nagesh N. Pande., N. J. Pawar and R. N. Sankhua., 2012. Identifying Potential Rainwater Harvesting Sites of a Semi-arid, Basaltic Region of Western India, Using SCS-CN Method. Journal of Water Resour Manage. 26:2537–2554.
- - Keshavarz, A., khasheaai seuki, AS. And Najafi, M., 2012. The proper location of drinking water by using the FAHP fuzzy hierarchy analysis. Case study: Birjand Plain. Master thesis, Water Engineering Department, Agricultural Hospital of Birjand University, 91 p.
- - Khani, Sh., Feyznia, S. And holy, C., 2005. Construction of a regional model of mass motion risk using qualitative features and hierarchical analysis of the AHP system. Case study: Taleghan watershed. Journal of Natural Resources of Iran, 58 (1).
- - Khairkhah Zarkesh, A., Mohammadi, F., And Meamarian, e., 2015. Determine areas prone to harvesting and storing rainwater using hierarchical analysis in the GIS environment. Journal of Rainwater Basin Systems. P. 14.
- - Khairkhah Zarkesh, M, Nasser, M. And Khalilpour H., 2007. Zoning suitable areas for artificial nutrition in Varamin Plain with the help of GIS and DSS decision support system. Environmental Quarterly, (42): 1-8.
- - khasheaai seuki, AS; Ghahreman, b. Kochaczadeh, M., 2011. Evaluation of Water Extraction Potential by Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP), Case Study: Neyshabour Plain. Iranian Journal of Water Research, 5 (9): 171-180.
- - Li X V., Gong. 2002. Compacted Microcatchments with local earth materials for rainwater harvesting in the semi arid region of china, Journal of Hydrology. 257, 134 144.
- - Mahmoudi, N., 2012. Locating suitable areas for storing rain water, Case study: Catchment area. First National Conference on Rainfall Rainwater Levels System.
- - Mbilinyi B.P., Tumbo S.D., Mahoo H.F., Senkondo E.M. and Hatibu. N. 2007. Indigenous knowledge as decision support tool inrainwater harvesting. Physics and Chemistry of the Earth, 30:792–798.
- - Name, m H., 2013. Identification of suitable places for collecting heavenly deserts using Geographic Information System (Case Study: Birjand Plain). Geographic Quarterly of the Land, the tenth year. No. 39.
- - Oweis T.Y and Taimeh A.Y., 1996. Evaluation of a Small Basin Water Harvesting System in the Arid Region of Jordan. Journal of Water Resources Management. 10: 21-34,1996.
- - Parsamehr, A., Khosravani, Z, Mohammadi, B. And Heidari, M., 2011. Application of Geographic Information System for Integrated Surface Water Management, Case Study of Alamdar Watershed, 5th Iranian Conference on Watershed Management and Water Resources Management, Kerman, Iran Irrigation and Water Engineering Association.
- - Pelak N and Porporato A., 2016. Sizing a rainwater harvesting cistern by minimizing costs. Journal of Hydrology. 541: 1340–1347.
- - RELMA in ICRAF and UNEP., 2005. Potential for rainwater harvesting in Ten African Cities, A GIS overview.
- - Rosmina N., Safwan Jauharib A., Hatib Mustaamalc A, Husind F and Yusri Hassan M., 2015. Experimental study for the single-stage and double-stage two-bladed Savonius micro-sized turbine for rain water harvesting (RWH) system. 2nd International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application, ICSEEA. ScienceDirect. Energy Procedia. 68: 274 – 281.
- - Saaty T.L., 1980. The analytic hierarchy process, planning, priority setting, resources allocation. New York: McGraw.
- - Soltani A. Feasibility of susceptible areas for rainwater harvesting, based on AHP in GIS environment (a case Study: Khosroabad watershed, Iran). Journal of Rainwater Catchment Systems., 2017; 5 (2) :65-76.
- - Sturm M., M. Zimmemtann. K. Schdtz. W. Urban, H. Hartung., 2009. Rainwater harvesting as an alternative water resource in rural sites in central northern Namibia, Journal of Physics and Chemistry of the Earth, 34: 776-785.
- - Watershed management of Kermanshah Natural Resources Bureau, Kermanshah Provincial Consultation Engineers, Detailed Exploration Studies of Ghiran Basins and Khosrowabad., 2015. Integration plan.
- - Welderufael W.A., Woyessa Y.E and Edossa D.S., 2013. Impact of rainwater harvesting on water resources of the modder river basin, central region of South Africa. Journal of Agricultural Water Management. 116: 218–227.

- Winnaar G., Jewitt G.P.W. and 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): 1058-1067.
- Yazdani, M. And Dokhani, S., 2007. Study of vegetation and green space of Zayandehrood margin and effect of buffer strips, National conference on green space and environment, Tehran.
- Young Lee, J., Bak, G. & Han, M., 2012. Quality of roof harvesting rainwater e Comparison of different roofing materials. Journal of Environmental Pollution. Elsevier Lid 162, 422- 429.