

## اولویت بندی روش های ذخیره نزولات برای مدیریت و اصلاح مراتع دشت جیرفت با استفاده از روش های تصمیم گیری چندمعیاره (MCDM)

اعظم خسروی مشیزی<sup>۱\*</sup>، محسن شرافتمندراد<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۸

### چکیده

ذخیره نزولات از مهم ترین اقدامات برای بازسازی اکوسیستم های مرتعی در مناطق خشک و نیمه خشک است. با توجه به تنوع روش های ذخیره نزولات، هزینه بالای اجرا و عملکرد متفاوت آنها، ارزیابی این روش ها از نظر معیارهای مختلف برای انتخاب بهترین روش ضروری است. هدف از این مطالعه، اولویت بندی روش های ذخیره نزولات (پخش سیلاب، پیتینگ، هلالی، تورکینست و کنتورفارو) در مراتع دشت جیرفت بود. برای انتخاب بهترین روش ذخیره نزولات از روش های تصمیم گیری چندمعیاره تحلیل سلسله مراتبی، تاپسیس، ویکور و مجموع ساده وزنی استفاده شد. نتایج تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که معیار اقتصادی مهم ترین معیار، بازگشت سرمایه مهم ترین زیرمعیار اقتصادی، کنترل سیل مهم ترین زیرمعیار اکولوژیکی، مشارکت مردم مهم ترین زیرمعیار اجتماعی و طول عمر سازه مهم ترین زیرمعیار فنی بودند. در این روش، پخش سیلاب بیشترین مقدار وزن نهایی و پیتینگ کمترین وزن نهایی را داشتند. در روش های مجموع ساده وزنی و تاپسیس نیز پخش سیلاب در رتبه اول و پیتینگ در رتبه پنجم قرار گرفت. در روش ویکور، پخش سیلاب در رتبه اول و تورکینست در رتبه آخر قرار داشت. به منظور دستیابی به اجماعی کلی برای رتبه بندی عملیات های ذخیره نزولات، از روش های تلفیقی استفاده شد. نتایج روش های تلفیقی نشان داد که پخش سیلاب، کنتورفارو، هلالی، تورکینست و پیتینگ برای ذخیره نزولات در مراتع دشت جیرفت، به ترتیب بیشترین اولویت را دارند.

**واژه های کلیدی:** ذخیره نزولات، پخش سیلاب، مرتع، معیارهای اقتصادی.

۱. استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، نویسنده مسئول؛ Aazam.khosravi@yahoo.com

۲. استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت

## مقدمه

اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک در سرتاسر جهان در مقابل آشفته‌گی‌های محیطی و انسانی بسیار حساس‌اند (بیدونه و انگر<sup>۱</sup>، ۲۰۱۲). کمبود آب و پایین بودن میزان رطوبت قابل دسترس گیاه در خاک موجب شکننده شدن شرایط زیستی در این مناطق شده‌است (ممو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، کمبود بارش و پراکنش نامناسب آن اوضاع محیطی نامناسبی را برای رویش و استقرار گونه‌های گیاهی در اغلب نقاط به وجود آورده‌است (رشتیان و همکاران، ۲۰۱۴). در این نواحی، تمام بارندگی منطقه برای رشد گیاهان مورد نیاز است و باید در همان نقطه‌ای که نازل می‌شود ذخیره شده و به مصرف گیاه برسد (مقدم، ۱۹۹۸). طبق آخرین نتایج به‌دست آمده تقریباً ۵۰ درصد از مراتع کشور، وضعیتی نامطلوب دارند (فرهیور و مارشال<sup>۳</sup>، ۲۰۰۱) و نیاز است در روش‌های مدیریتی آن‌ها تجدیدنظر شود. رطوبت به عنوان یکی از نهاده‌های اصلی تولید، نقش بسیار مهمی در توسعه پایدار مراتع دارد. باتوجه به اینکه بیشتر مراتع کشور ایران در مناطق خشک و نیمه خشک واقع شده و دارای بحران کمبود آب هستند، ذخیره نزولات آسمانی از جمله اقدامات مدیریتی لازم برای حفظ این منبع ارزشمند است (آذرنیوند، ۲۰۰۹). به خصوص در مراتع تخریب یافته با کاهش پوشش گیاهی و افزایش فرسایش، خاک نفوذپذیری خود را از دست داده و به طور طبیعی قابلیت جذب و نگهداری آب حاصل از بارندگی‌ها را ندارد، بنابراین با اجرای عملیات ذخیره نزولات متناسب با شرایط محل، امکان نفوذ آب باران در خاک فراهم می‌شود. ذخیره نزولات آسمانی در مراتع، علاوه بر قطع یا کاهش حجم رواناب سطحی و کاهش فرسایش خاک، باعث افزایش قابلیت نفوذ و قابلیت نگهداری آب در خاک، تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی شده و از خشک شدن چشمه‌ها و قنات‌ها جلوگیری می‌کند (قضاوی، ۲۰۱۴). با افزایش رطوبت خاک، میزان جوانه زنی بذرها و استقرار نهال‌های جوان در مرتع تسهیل شده (مقدم، ۱۹۹۸) و میزان تولید علوفه در مراتع افزایش می‌یابد (ریچ<sup>۴</sup>، ۲۰۰۵). روش‌های ذخیره

و حفاظت آب شامل پروژه‌های تورکینست، بندسار، تراس، پیتینگ، بانکت، پخش سیلاب، کتورفارو و هلالی آبگیر هستند. با توجه به تنوع روش‌های ذخیره نزولات، هزینه بالای اجرا و عملکرد متفاوت آن‌ها، نیاز به ارزیابی این طرح‌ها برای یافتن بهترین و مناسب‌ترین روش در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک احساس می‌شود. مطالعات بسیاری کارایی روش‌های مختلف ذخیره نزولات در احیای اکوسیستم‌های طبیعی را بررسی کردند؛ از جمله باسکر و بائر<sup>۵</sup> (۲۰۰۳) تأثیر کتورفارو بر بیابان‌های آریزونا آمریکا را بررسی کردند و گزارش دادند که عملیات کتورفارو میزان تولید گراس‌ها را دو و نیم برابر و رطوبت خاک را دو برابر افزایش داده‌است. جهانتیغ و پسرآکلی (۲۰۰۹) تأثیر کتورفارو و پیتینگ را در وضعیت مراتع سیستان بررسی کرده و گزارش دادند که عملیات‌های ذخیره نزولات میزان رطوبت خاک، درصد پوشش گیاهی و تولید را افزایش و میزان فرسایش را در منطقه کاهش داده‌اند. لی<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که در مناطق خشک کتورفارو با پوشش پلاستیکی پتانسیل زیادی برای جمع‌آوری بارندگی‌های کم را دارد. بهمدی و شهریاری (۲۰۱۶) تأثیر سازه‌های هلالی آبگیر و کتورفارو را بر پوشش گیاهی منطقه نهبندان بررسی کردند، نتایج ایشان نشان داد هلالی آبگیر و کتورفارو نسبت به شاهد، تأثیر معنی‌داری بر پوشش گیاهی دارند.

مدیریت جامع منابع طبیعی بایستی یکپارچه باشد و تمام عوامل اکولوژیکی ساختاری و عملکردی، اقتصادی و اجتماعی منابع طبیعی را شامل شود (کلی<sup>۷</sup>، ۲۰۱۳). در چنین وضعیتی، تصمیم‌گیری برای انتخاب بهترین روش دشوار است؛ زیرا تصمیم‌گیرندگان با معیارهای متعددی که ارتباط پیچیده‌ای دارند مواجه خواهند بود. برای حل این مشکل استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره<sup>۸</sup> کارایی فراوانی دارند.

صمدی ارقینی و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی<sup>۹</sup> بهترین روش مدیریتی را در حوزه آبخیز شهری قیدار در استان زنجان بررسی کردند؛ نتایج ایشان نشان

5. Busscher &amp; Bauer

6. Li

7. Kelly

8. MCDM

9. AHP

1. Bedunah &amp; Angerer

2. Mamoutou

3. Marshall

4. Rich

داد عملیات اصلاح بیولوژیک بهترین گزینه مدیریتی است. شیرمردی (۲۰۱۲) با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی بهترین روش مدیریتی مراتع را بررسی کرده و نتیجه گرفتند که از نظر کارشناسان قرق، کپه‌کاری و بذرکاری و از نظر بهره‌بردارن چرای تناوبی، کپه‌کاری و قرق، مناسب‌ترین عملیات‌های مدیریتی هستند. سعدالدین و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره اهمیت بسیاری برای ارزیابی سناریوهای مدیریت بیولوژیکی در مدیریت جامع حوزه آبخیز دارند.

اگر در امر احیای مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک، نوع عرصه و نوع روش ذخیره‌نژولات به‌درستی انتخاب شوند، تأثیر بسزایی بر پوشش گیاهی و همچنین کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی خواهند داشت؛ حال آنکه عدم انتخاب صحیح و علمی می‌تواند منجر به صرف هزینه‌های گزاف و در نهایت سود کم این پروژه‌ها شود (قضاوی، ۲۰۱۴)، هدف این مطالعه، تعیین بهترین روش ذخیره‌نژولات از بین روش‌های پیتینگ، تورکینست، کتورفارو، پخش سیلاب و هلالی در مراتع دشت جیرفت با توجه به معیارهای اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و فنی است.

## مواد و روش‌ها

### مشخصات منطقه

دشت جیرفت بخشی از حوزه غربی جازموریان در جنوب استان کرمان است که بین طول جغرافیایی  $57^{\circ} 15'$  تا  $58^{\circ} 17'$  شرقی و عرض  $28^{\circ} 12'$  تا  $29^{\circ} 13'$  شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). ارتفاع آن از سطح دریا بین ۵۰۰ تا ۸۰۰ متر متغیر است. متوسط بارندگی سالانه آن  $191/1$  میلی‌متر است. در این دشت رودخانه‌های دائمی ماند هلیل و رودخانه شور وجود دارد. بخش وسیعی از مراتع منطقه به اراضی کشاورزی تبدیل شده‌اند. ارتفاعات شمالی و شرقی تأمین‌کننده آب مورد نیاز دشت هستند. شیب هیدرولیکی منطقه از شمال و شمال شرق به سمت جنوب است (شاهی دشت و عباس‌نژاد، ۲۰۱۱). رژیم‌های حرارتی و رطوبتی خاک به‌ترتیب هایپرترمیک و اریدیک هستند. از رخصاره‌های ژئومورفولوژی مهم منطقه می‌توان مخروطه‌افکنه‌ها و دشت‌های آبرفتی را نام برد (سنجری و همکاران، ۲۰۱۱). خشکسالی‌های اخیر و تخلیه آب‌های

زیرزمینی ناشی از مصرف بی‌رویه آب در بخش‌های کشاورزی، از جمله عوامل کمبود آب در منطقه هستند که سبب تخریب و کاهش پوشش گیاهی در اکوسیستم‌های طبیعی منطقه شده‌اند (شاهی دشت و عباس‌نژاد، ۲۰۱۱؛ سرباز و همکاران، ۲۰۱۷). تیپ‌های غالب پوشش گیاهی عبارت‌اند از: *Convolvulus* ، *Cornulaca monacantha arvensis - Cousinia sp* ، *Hamada Artemisia sieberi-Hertia inetermedia* *salicornia* از گونه‌های همراه می‌توان *Ziziphus spina-* *Tecomella* ، *Salsola spp.* ، *Amygdalus lycioides christi* *undulat* را نام برد.

## روش کار

### روش تحلیل سلسله‌مراتبی

یکی از کارآمدترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش تحلیل سلسله‌مراتبی است که برای اولین بار توسط ساعتی (۱۹۸۰) مطرح شد. این تکنیک بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا شده و امکان بررسی گزینه‌های مختلف را به مدیران می‌دهد. محاسبه وزن در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در دو قسمت جداگانه وزن نسبی و وزن نهایی مورد بحث قرار می‌گیرد. عنصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر، به‌صورت زوجی مقایسه و وزن آن‌ها محاسبه شده‌است؛ از این وزن‌ها وزن نسبی و وزن نهایی از حاصلضرب وزن نسبی هر عنصر در وزن عناصر بالاتر به دست می‌آید.

در آغاز درخت تصمیم‌گیری در چهار سطح هدف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌های مورد بررسی طراحی شد (شکل ۱). از ۳۲ کارشناس که در زمینه طرح‌های مرتع و آبخیزداری در اداره منابع طبیعی جنوب استان کرمان فعالیت داشتند، خواسته شد که به مقایسه‌های زوجی گزینه‌ها از نظر معیارها و زیرمعیار امتیاز دهند.

### روش تاپسیس<sup>۱</sup>

پایه این تکنیک، بر این مفهوم استوار است که بهترین حالت ممکن گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه‌حل ایدئال مثبت ( $A^+$ ) و بیشترین فاصله را ایدئال منفی یا بدترین ( $A^-$ ) داشته باشد. در این روش ابتدا با ضرب کردن درایه‌های ماتریس

تصمیم بی‌مقیاس شده در بردار وزن معیارها، ماتریس تصمیم

بی‌مقیاس وزنی محاسبه شد. راه‌حل ایدئال مثبت ( $V_j^+$ ) و راه‌حل ایدئال منفی ( $V_j^-$ ) با توجه به بهترین مقادیر برای شاخص‌های مثبت، بزرگ‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی، کوچک‌ترین مقادیر است و بدترین برای شاخص‌های مثبت، کوچک‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی، بزرگ‌ترین مقادیر است. فاصله اقلیدسی هر گزینه  $i$  از ایدئال مثبت ( $d_i^+$ ) و ایدئال منفی ( $d_i^-$ ) با استفاده از معادله‌های (۱) و (۲) محاسبه شد.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2}, \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2}, \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

نزدیکی نسبی ( $CL_i^*$ ) نیز برای هر گزینه با استفاده از معادله (۳) برآورد شد.

$$CL_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (3)$$

### روش ویکور<sup>۱</sup>

در این روش، ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری نرمال می‌شود. سپس برای گزینه به‌ازای هر معیار ( $f_{ij}$ ) یک شاخص مطلوبیت به دست می‌آید که مجموع آن‌ها شاخص نهایی  $S_j$  گزینه را مشخص می‌کند. بزرگ‌ترین درایه هر گزینه به‌ازای هر معیار، شاخص نارضایتی ( $R$ ) آن گزینه است که با استفاده از معادله‌های (۴) و (۵) برآورد شدند.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-} \quad (4)$$

$$R_j = \max \left[ w_i \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-} \right] \quad (5)$$

که  $f_i^*$  و  $f_i^-$  به ترتیب بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین عدد هر گزینه در ماتریس نرمال و  $w_i$  وزن هر معیار است. مقدار  $Q_i$  برای هر گزینه بر اساس معادله (۶) مشخص شد.

$$Q_j = v \frac{S_j - S^-}{S^* - S^-} + (1 - v) \frac{R_j - R^-}{R^* - R^-} \quad (6)$$

$v$  عدد ثابت ۰/۵ است.  $S^*$  و  $S^-$  به ترتیب بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین عدد  $S$  برای هر گزینه‌اند.  $R^*$  و  $R^-$  به ترتیب بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین عدد  $R$  برای هر گزینه هستند. گزینه‌ای که کمترین میزان  $Q$  را داشته باشد، به‌عنوان بهترین گزینه انتخاب می‌شود؛ البته باید شرط زیر برای مقدار  $Q$

گزینه رتبه اول ( $A_1$ ) و دوم ( $A_2$ ) برقرار باشد.

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq \frac{1}{m-1} \quad (7)$$

### روش مجموع ساده وزنی<sup>۲</sup>

مجموع ساده وزنی یکی از ساده‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است. در این روش ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری به صورت خطی بی‌مقیاس‌سازی شد، سپس درایه‌های ماتریس ( $f_{ij}$ ) تصمیم بی‌مقیاس‌شده در بردار وزن معیارها ( $W_j$ ) ضرب شد. بهترین گزینه ( $A^*$ ) بر اساس معادله زیر برآورد شد.

$$A^* = \left\{ A_i \mid \max \frac{\sum_{j=1}^n W_j r_j}{\sum_{j=1}^n W_j} \right\} \quad (8)$$

### روش‌های تلفیقی

تصمیم‌گیرندگان معمولاً انتخاب خود را محدود به یک روش نمی‌کنند و امکان دارد با استفاده از روش‌های مختلف، به نتایج گوناگونی دست یابند. بنابراین در این شرایط، از روش‌های تلفیقی برای انتخاب بهترین گزینه استفاده می‌کنند؛ از جمله روش‌های تلفیقی عبارت‌اند از:

#### روش میانگین رتبه‌ها: در این روش، میانگین رتبه‌ای حاصل

از تکنیک‌های مختلف، مبنای پیشنهاد نهایی قرار می‌گیرد.

#### روش بردا<sup>۳</sup>: در این روش، یک ماتریس غیرقطری

$m \times m$  تشکیل می‌شود. اگر تعداد بردهای تکنیک در سطر نسبت به تکنیک در ستون ارجحیت داشته باشد،  $M$  و اگر ستون نسبت به سطر ارجحیت داشته باشد،  $X$  کدگذاری می‌شود؛ در نهایت مجموع بردها در هر سطر ( $\Sigma C$ ) مبنای رتبه‌بندی قرار می‌گیرد.

#### روش کپلند<sup>۴</sup>: روش کپلند نه تنها تعداد بردها، بلکه تعداد

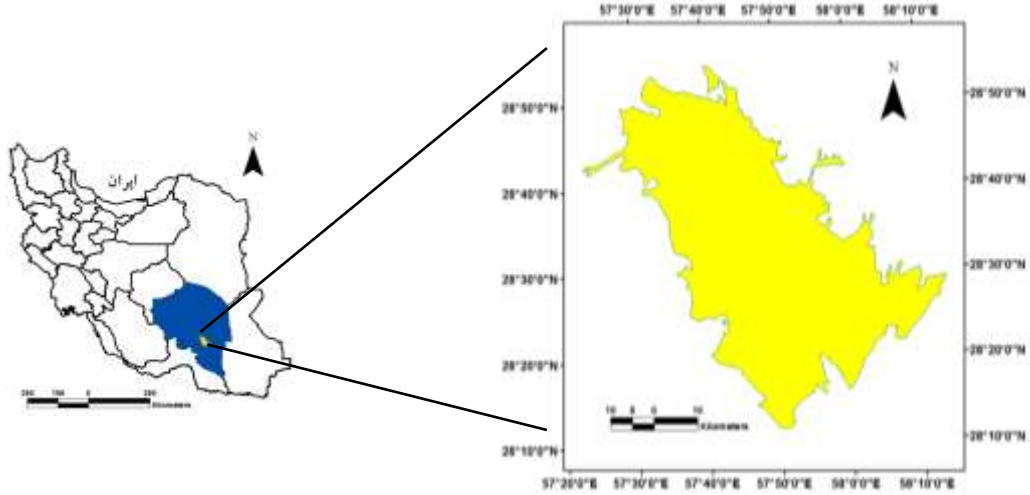
باخت‌ها را نیز برای هر گزینه محاسبه می‌کند. تفاضل مجموع بردها ( $\Sigma C$ ) و مجموع باخت‌ها ( $\Sigma R$ ) مبنای رتبه‌بندی قرار می‌گیرد. عدد بیشتر رتبه بالاتری دارد.

#### روش پست<sup>۵</sup>: در این روش، با توجه به سه روش رتبه‌بندی

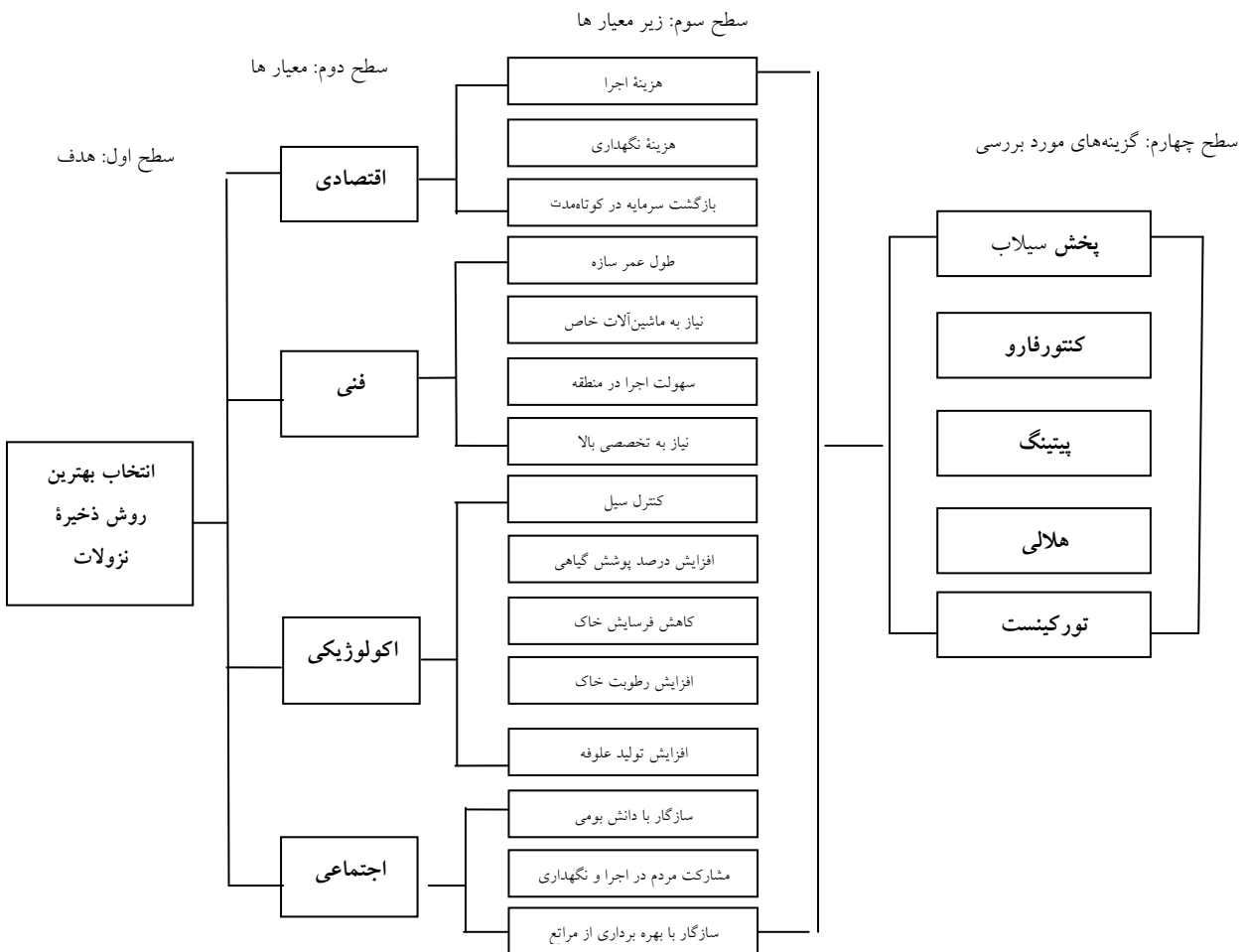
قبل از طریق تشکیل یک مجموعه، رتبه‌بندی جمعی یا اجتماعی به دست می‌آید (آذر و رجب‌زاده، ۲۰۱۲).

2. SAW  
3. Borda  
4. Copeland  
5. Poset

1. VIKOR



شکل (۱): نقشه منطقه مورد مطالعه  
**Figure (1): Map of study area**



شکل (۲): معیارها و زیرمعیارها در درخت تصمیم‌گیری  
**Figure (2): Criteria and sub-criteria in decision tree**

نتایج

فرسایش خاک، افزایش درصد پوشش گیاهی، افزایش رطوبت خاک و افزایش تولید گیاهان مرتعی، مؤثرترین عوامل اکولوژیکی در انتخاب روش‌های ذخیرهٔ نزولات بودند. از نظر معیار فنی، زیرمعیار طول عمر سازه بیشترین امتیاز را داشت و به ترتیب سهولت اجرا، نیاز به تکنولوژی بالا و نیاز به تخصص بالا در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. مشارکت مردم در اجرا و نگهداری سازه، سازگار با بهره‌برداری از مراتع و سازگار با دانش و فرهنگ بومی، به ترتیب مهم‌ترین معیارهای اجتماعی بودند. بازگشت سرمایه نیز مهم‌ترین زیرمعیار اقتصادی برای انتخاب بهترین روش ذخیرهٔ نزولات بود (شکل ۵). پخش سیلاب و پیتینگ به ترتیب بیشترین تا کمترین مقدار وزن نهایی را در روش تحلیل سلسله‌مراتبی داشتند.

قضاوت کارشناسان برای تعیین اهمیت هر یک از معیارها در گزینش بهترین روش ذخیرهٔ نزولات، در شکل (۳) ارائه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، معیار اقتصادی بیشترین رتبه را دارد و معیارهای اکولوژیکی، اجتماعی و فنی به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. بررسی وزن نسبی روش‌های ذخیرهٔ نزولات با استفاده از معیارهای مختلف نشان داد که پخش سیلاب از نظر همهٔ معیارها بهترین روش ذخیرهٔ نزولات است. تورکینست از نظر معیار اقتصادی کمترین رتبه را دارد. کمترین رتبه از نظر اکولوژیکی و فنی متعلق به پیتینگ بود. از نظر اجتماعی کتورفارو کمترین رتبه را دارد (شکل ۴). بررسی زیرمعیارها نشان داد که به ترتیب کنترل سیل، کاهش



شکل (۳): وزن معیارها اقتصادی و اکولوژیکی، اجتماعی و فنی

Figure (3): Weight of economical, ecological, social and technological criteria



شکل (۴): وزن نسبی روش‌های ذخیرهٔ نزولات بر اساس معیارهای a: اقتصادی، b: اکولوژیکی، c: اجتماعی، d: فنی

Figure (4): Relative weight of rainfall storage methods based on criteria a: economical, b: ecological, c: social, d: technological



شکل (۵): وزن زیرمعیارهای چهار معیار a: اقتصادی، b: اکولوژیکی، c: اجتماعی، d: فنی

Figure (5): Sub-criteria weight of four criteria a: economical, b: ecological, c: social, d: technological

به روش تورکینست بود. با توجه به روش مجموع ساده وزنی بهترین روش پخش سیلاب بود. کتورفارو، هلالی، تورکینست و پیتینگ در رتبه‌های بعدی قرار دارند (جدول ۱). نتایج روش‌های تلفیقی به قرار زیر بود: میانگین رتبه‌ها: روش‌های مختلف ذخیرهٔ نزولات بر

نتایج روش تاپسیس نشان داد که پخش سیلاب بیشترین میزان شاخص نزدیکی نسبی را دارد و به ترتیب هلالی، کتورفارو، تورکینست و هلالی در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در روش ویکور کمترین مقدار Q برای روش پخش سیلاب بود که در رتبهٔ اول قرار می‌گیرد. بیشترین میزان Q نیز متعلق

اساس رتبه‌هایشان در روش‌های مختلف اولویت‌بندی شدند. پخش سیلاب با میانگین رتبه ۱ در اولویت اول و پیتینگ با میانگین رتبه ۴/۷۵ در اولویت پنجم قرار داشتند.

روش بردا: این روش بر قاعده اکثریت استوار است. با توجه به داده‌های جدول (۲) روش‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شده و نتایج در جدول (۳) آورده شده است. ترتیب روش‌ها عبارت است از پخش سیلاب، کنتورفارو، هلالی، تورکینست و پیتینگ (جدول ۴).

روش کپلند: در این روش تعداد بردها ( $\Sigma C$ ) و تعداد باخت‌ها ( $\Sigma R$ ) برای هر روش ذخیره‌نژولات در جدول (۳) محاسبه و از تفاضل تعداد بردها از تعداد باخت‌ها، روش‌های مختلف ذخیره‌نژولات رتبه‌بندی شدند (جدول ۴).

روش پست: پس از رتبه‌بندی معیارها توسط هر سه روش میانگین، بردا و کپلند، نتایج این سه روش با یکدیگر تلفیق شد. تمایز برخی از گزینه‌ها از یکدیگر، به‌گونه‌ای است که نمی‌توان آن‌ها را در مجموعه‌های جداگانه قرار داد؛ درحالی‌که برخی از گزینه‌ها، به‌صورت واحد در یک مجموعه منحصره‌فرد قرار می‌گیرند (آذر و رجب‌زاده، ۲۰۱۲). نتایج نشان داد که روش هلالی در واحدهای مشترک ۲ و ۳ قرار دارد و هریک از روش‌های دیگر دارای واحد منحصره‌فرد بودند؛ به‌طوری‌که پخش سیلاب در واحد اول، کنتورفارو در واحد ۲، تورکینست در واحد ۴ و پیتینگ در واحد ۵ قرار داشتند (جدول ۴).

جدول (۱): امتیازدهی روش‌های ذخیره‌نژولات با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی، تاپسیس، ویکور و مجموع ساده وزنی

Table (1): Ranking of rainfall storage methods using AHP, TOPSIS, VIKOR and SAW

مجموع ساده وزنی	ویکور	تاپسیس	تحلیل سلسله‌مراتبی	وزن نهایی		
$A_i$	Q	$C_i$	$D^-$	$D^+$		
۱	۰	۱	۱/۴۱۶	۰	۰/۴۲۲	پخش سیلاب
۰/۵۵۸	۰/۵۱۳	۰/۳۲۸	۰/۵۳۱	۱/۰۸۹	۰/۲۴۲	کنتورفارو
۰/۱۲۲	۰/۹۳۳	۰/۰۶۲	۰/۰۹۱	۱/۳۷۶	۰/۰۴۸	پیتینگ
۰/۵۰۸	۰/۴۵۰	۰/۳۹۸	۰/۶۰۵	۰/۹۱۵	۰/۲۲۱	هلالی
۰/۲۴۲	۰/۹۷۷	۰/۳۱۲	۰/۴۷۲	۱/۰۳۸	۰/۱۱۳	تورکینست

جدول (۲): تعیین رتبه روش‌های ذخیره‌نژولات به روش میانگین رتبه‌ها

Table (2): Determining of rank for rainfall storage methods based on Ranks Mean

میانگین رتبه‌ها	مجموع ساده وزنی	ویکور	تاپسیس	تحلیل سلسله‌مراتبی	
۱	۱	۱	۱	۱	پخش سیلاب
۲/۵	۳	۲	۳	۲	کنتورفارو
۴/۷۵	۵	۴	۵	۵	پیتینگ
۲/۵	۲	۳	۲	۳	هلالی
۳/۷۵	۴	۵	۴	۴	تورکینست

جدول (۳): پیاده‌سازی باخت و برد روش‌های ذخیره‌نژولات نسبت به یکدیگر در روش بردا

Table (3): Determining of win and lose of rainfall storage methods compared to each other based on Borda method

$\Sigma C$	تورکینست	هلالی	پیتینگ	فاروئینگ	پخش سیلاب	
۴	M	M	M	M	۱	پخش سیلاب
۳	M	-	M	۱	X	کنتورفارو
۰	X	X	۱	X	X	پیتینگ
۲	M	۱	M	-	X	هلالی
۱	۱	X	M	X	X	تورکینست
	۳	۱	۴	۱	۰	$\Sigma R$

جدول (۴): رتبه‌بندی به روش بردا، کپ لند، میانگین رتبه‌ها و پوست

Table (4): Ranking based on Borda, Copeland, Ranks Mean and Poset methods

پست	میانگین رتبه‌ها		کپلند		بردا	
	رتبه	رتبه	رتبه	امتیاز	رتبه	امتیاز
پخش سیلاب	۱	۱	۱	۴	۱	۴
کتورفارو	۲	۲	۲	۲	۲	۳
پیتینگ	۵	۵	۵	-۴	۵	۰
هلالی	۲ و ۳	۲	۳	۱	۳	۲
تورکینست	۴	۴	۴	-۲	۴	۱

## بحث و نتیجه‌گیری

دست آوردند و نتیجه گرفتند که اجرای پروژه پخش سیلاب از نظر اقتصادی کاملاً مقرون به صرفه است.

با توجه به نظر کارشناسان تأثیرات اکولوژیکی روش‌های مختلف ذخیره‌نژولات بر کنترل سیل و فرسایش خاک نسبت به پوشش گیاهی، از اهمیت بیشتری برخوردارند. اکثر مطالعات ذخیره‌نژولات به تأثیر اکولوژیک سازه‌ها پرداخته‌اند و همه بیانگر تأثیر مثبت پخش سیلاب (رئو<sup>۳</sup>، ۱۹۹۶؛ فروزه و حشمتی، ۲۰۰۵). کتورفارو (باچر و بائر، ۲۰۰۳؛ لی و همکاران، ۲۰۰۸)، پیتینگ (جهانتیغ، ۲۰۱۵)، هلالی (احمدی و همکاران، ۲۰۱۱؛ بهمدی و شهریاری، ۲۰۱۶) و تورکینست (عامری و کنشلو، ۲۰۱۴؛ جهانتیغ و جهانتیغ، ۲۰۱۶) بر پوشش گیاهی و رطوبت خاک بودند. البته روش‌های مختلف ذخیره‌نژولات بر اکوسیستم‌های طبیعی تأثیرات متفاوتی دارند. جهانتیغ (۲۰۱۷) نشان داد که کتورفارو نسبت به پیتینگ تأثیر بیشتری بر میزان تولید علوفه در مراتع سیستان دارد. نتایج چمنی و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که کتور فارو نسبت به پیتینگ در افزایش پوشش گیاهی و تولید علوفه مراتع استان گلستان موفق‌تر بوده است. بهمدی و شهریاری (۲۰۱۶) نشان دادند که کتور فارو نسبت به سازه هلالی، کارایی مطلوب‌تر و بهتری در احیای پوشش گیاهی شهرستان نهبندان دارد. البته رستمی و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که پیتینگ نسبت به هلالی در افزایش تولید گیاهان مرتعی کارایی بیشتری دارد؛ به طوری که تولید گیاهان مرتعی در منطقه پیتینگ حدود ۲ برابر و منطقه هلالی حدود ۱/۵ برابر منطقه شاهد افزایش یافته بود.

انتخاب عملیات اصلاحی و احیایی مناسب می‌تواند در مدیریت بهتر مراتع، بهبود وضعیت مراتع یا تثبیت وضعیت مطلوب کمک کند. نوع برنامه اصلاحی و محل آن بایستی صحیح و با دقت در نظر گرفته شود تا انجام آن رضایت‌بخش باشد (والنتین<sup>۱</sup>، ۱۹۸۹). عوامل مختلفی بر شکست یا موفقیت کارهای اصلاحی تأثیرگذارند (شیرمردی، ۲۰۱۲). نتایج این بررسی نشان داد که به ترتیب عوامل اقتصادی، اکولوژیکی، اجتماعی و فنی بر انتخاب نوع روش ذخیره‌نژولات تأثیر دارند. از بین عوامل اقتصادی، بازگشت سرمایه نسبت به هزینه نگهداری و هزینه اجرا اهمیت بیشتری داشت. نرخ بازگشت سرمایه شاخص بررسی عملکرد است که برای ارزیابی کارایی روش‌های مختلف و تصمیم‌گیری‌های آگاهانه استفاده می‌شود (اندرو و باچکرو<sup>۲</sup>، ۲۰۱۱). بازگشت سرمایه عملیات‌های مختلف ذخیره‌نژولات به صورت غیرمستقیم با توجه به تأثیری بر میزان تولید علوفه، تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و اجتناب از خطرات مانند سیل و فرسایش خاک به دست می‌آید. بر اساس نظر کارشناسان روش‌های پخش سیلاب، کتورفارو، هلالی، پیتینگ و تورکینست به ترتیب از نظر اقتصادی دارای اهمیت هستند. تحقیقات در زمینه کارایی اقتصادی روش‌های ذخیره‌نژولات بسیار محدود است. باقریان و همکاران (۲۰۱۶) کارایی اقتصادی عملیات پخش سیلاب در کاشمر را بررسی کردند؛ ایشان نسبت منفعت به هزینه پروژه را معادل ۱/۷۴ به

1. Valentine  
2. Andru & Botchkarev



طرح‌های آبخیزداری با میزان آگاهی، و سودهای حاصل از طرح‌ها همبستگی مثبت وجود دارد. بنابراین آموزش مردم منطقه درباره‌ی فواید ذخیره‌نژولات کمک زیادی به موفقیت این پروژه‌ها می‌کند.

طول عمر سازه، سهولت اجرا، نیاز به تجهیزات خاص و دانش بالا همچنین به ترتیب مهم‌ترین عوامل فنی موثر بر انتخاب بهترین روش ذخیره‌نژولات بودند. البته طول عمر مفید سازه به میزان رسوبات قابل حمل رواناب‌ها نیز بستگی دارد. شاهکرمی و وسکرمی (۲۰۱۵) نشان دادند که طول عمر مفید سازه‌های پخش سیلاب در کوه‌دشت، ۲۰ سال بوده که با لایه‌روبی به ۴۰ سال افزایش یافته‌است.

به‌طور کلی روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره نشان دادند که پخش سیلاب بالاترین اولویت را برای ذخیره‌نژولات در دشت جیرفت دارد. کنتورفارو، هلالی، تورکینست و پیتینگ به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار دارند. پخش سیلاب نه‌تنها یک روش ساده و ارزان برای بهبود کیفیت اکوسیستم‌های طبیعی است، بلکه با افزایش آب‌های زیرزمینی و افزایش درآمد ساکنان مناطق کم‌آب ارزش اجتماعی زیادی دارد.

بررسی کارایی پروژه‌های ذخیره‌نژولات، از بُعد اجتماعی اهمیت بسیاری زیادی دارد؛ زیرا در حال حاضر بسیاری از طرح‌های مرتعداری اجراشده در کشور، به دلیل عدم توجه به مسائل اجتماعی، موفقیت چندانی نداشته‌اند (اسکندری و همکاران، ۲۰۰۸). طبق نتایج به‌دست‌آمده مشارکت مردم مهم‌ترین فاکتور اجتماعی تأثیرگذار بر موفقیت روش‌های ذخیره‌نژولات بود. مشارکت مردم در هر پروژه‌ای ضامن اجرا و پایداری آن پروژه است و این مسئله در مسئله حفاظت از منابع طبیعی اهمیت بیشتری دارد؛ زیرا مسائل مربوط به محیط‌زیست و منابع طبیعی با زندگی جوامع محلی آمیخته است (همت‌زاده و خلیقی، ۲۰۰۶). البته اطمینان مردم از کارایی سازه و محدود نکردن بهره‌برداری از مراتع نیز در میزان پذیرش مردم تأثیرگذار بودند. وقتی فرد از فعالیت اصلاحی، اطمینان دریافت سود را داشته باشد، تمایل به غلبه بر مشکلات و موانع در او زیاد می‌شود و حتی هزینه‌های آن را تحمل می‌کند (دال، ۱۹۸۵). شریفی و همکاران (۲۰۱۰) عوامل مؤثر بر میزان مشارکت روستاییان را در طرح‌های آبخیزداری شهرستان جیرفت بررسی کردند. نتایج تحلیل همبستگی نشان داد که بین میزان مشارکت روستاییان در

## منابع

- Ahmadi, H., Madadzadeh, N., Shahrokhi, S. and Miri, A., 2011. Waste management by constructing door pond in desert. Case study south of Kerman province. Proceedings of the Second National Conference against desertification and sustainable development of desert wetlands in Iran, Arak, Iran. p: 680.
- Ameri, A.K., Keneshloo, H., 2014. Effects of rain storage method and irrigation interval on growth and primary establishment of *Prosopis cineraria* and *Ziziphus spina-christi* at south of Baluchestan. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(4): 756-767.
- Andru, P., Botchkarev, A., 2011. Return on Investment: A Placebo for the Chief Financial Officer. and Other Paradoxes. Journal of Multi Disciplinary Evaluation, 7(16): 201-206.
- Azar, A., Rajabzadeh, A., 2012. Applied decision making, Tehran, Fifth Edition Negahe Danesh.
- Azarnivand, H., 2009. Improved rangelands, barriers and solutions, Collection abstracts of the Fourth National Conference on rangeland and range management, Tehran. p364. (In Persian).
- Bagherian, A., Mazhari, M., 2016. Economic evaluation of Kashmar flood spreading project. Journal of Rainwater Catchment Systems, 3 (4): 49-56.
- Bahmadi M.H, Shahryari A.R., 2016. Effects of different rainfall storage methods on vegetation restoration (Case study: Romeh and Dehnowatershed, Nehbandan city). Iranian Journal of Range and Desert Research, 23 (1): 51-57.
- Bedunah, D.J., Angerer, J.A., 2012. Rangeland degradation, poverty, and conflict: how can rangeland scientists contribute to effective responses and solutions. Rangeland Ecol Manage, 65: 606-612.
- Busscher, W.J., Bauer, P.J., 2003. Soil strength, cotton root growth and lint yield in a Southeastern USA coastal loamy sand. Soil

- and Tillage, 74: 151-159.
10. Chamani, A., Tavan, M., Hosseini, S.A., 2011. Effect of three operation systems of contour furrow, pitting and enclosure on rangeland Improvement (Case Study: Golestan province, Iran). *Journal of rangeland science*, 2(1): 379-387.
  11. Dahl, R., 1985. A new analysis of politics, translated by Hossein Zafarian, Tehran, Zafarian Publishing.
  12. Eskandari, N., Alizadeh, A., Mahdavi, F., 2008 Rangeland policies in Iran. Puneh publication, 185 p.
  13. Farahpour, M., Marshall, H., 2001. Background Paper for the Launching Meeting for the Asian Thematic Program Network on Rangeland Management and Sand Dune Fixation (TPN3). Yazd, Iran.
  14. Froozeh, M.R Heshmati, G.H., 2005. Flood water spreading in deserts as multiple practices to face with climate change crisis. In: Abstract Book of The International on Geohazards, Natural disasters and Methods of Confronting with Them. Tabriz, Iran.
  15. Ghazavi, R., 2014. Identification of suitable fields for storing runoff in arid and semi-arid regions using GIS and SCN-CN, second national congress on agriculture and sustainable natural resources, Mehr Arvand Institute of Higher Education, Tehran.
  16. Hemmatzadeh, Y. Khalighi, N., 2006. Investigating the Factors Affecting the Non-Participation of the Operators in Rangeland and Watershed Design (Case Study of Kaschik Reza Province Operators in Golestan Province). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 13: 101-88
  17. Jahantigh, M. and Pessarakli, M., 2009. Utilization of contour furrow and pitting techniques on desert rangelands: Evaluation of runoff, sediment, soil water content and vegetation cover. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7 (2): 736-739.
  18. Jahantigh, M., 2017. Comparison of two method of water harvesting (contour furrow and pitting) on vegetation in Iranshahr region. *Journal Management system*, 7: 133-144.
  19. Jahantigh, M., Jahantigh, M., 2016. Turkeynest effect on vegetation in aridlands (Case study:two way Zahedan and Zabol).5th Conference on rainwater catchment systems. Gilan.
  20. Kelly, R. A., Jakeman, A. J., Barreteau, O., Borsuk, M.E., ElSawah, S., Hamilton, S.H., Henrikson, H.J., Kuikka, S., Maier, H.R., Rizzoli, A.E., Van Delden, H., Voinov, A.A., 2013. Selecting among five common modeling approaches for integrated environmental assessment and management. *Environmental Modeling and Software*, 47: 158-181.
  21. Li, X.Y., Zhao, W.W., Song, Y.X., Wang, W., Zhang, X.Y., 2008. Rainfall harvesting on slopes using contour furrows with plastic covered transverse ridges for growing Caragoa korshinshir in the semi-arid region of China. *Agricultural Water Management*, 95: 539-544.
  22. Mamoutou, K., Dingkuhn, M., Vaksmann, M., Bryan Heinemann, A., 2008. Adaptation to diverse semi-arid environments of sorghum genotypes having different plant type and sensitivity to photoperiod. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148: 357-371.
  23. Moghaddam, M.R., 1998. Range and Range management, Tehran University Publication. 470p.
  24. Rao, A.S., Singh, K.C., Wight, J.R., 1996. Productivity of *C. ciliaris* in relation to rainfall and fertilization. *J. of Range Management*, 49:143-146.
  25. Rashtian, A., Hossein Jafari, S., Nemati, N., 2014. Effect of water harvesting (counter furrow) on vegetation distribution pattern of Steppe Yazd rangelands. The first electronic conference on new findings in the environment and agricultural ecosystems, Tehran.
  26. Rich Terrel, D., 2005. Effects of contour furrowing on soils, vegetation and grassland. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191. 496-502.
  27. Rostami, A., KhavaninZadeh, A.R., Bagestani Maybodi, N., 2017. The effect of runoff harvesting methods on vegetation condition in arid lands (Case Study: Godar Herisht). *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 6: 25-34.
  28. Saaty, T.I., 1980. The Analytical Hierarchy Process: Planning Priority Setting Resource Allocatio, New York: Hill Book Co
  29. Sadoddin, A., Sheikh, V., Mostafazadeh, R., Halili, M.Gh., 2010. Analysis of vegetation-based management scenarios using MCDM in the Ramian watershed, Golestan, Iran. *International Journal of Plant Production* 4: 51- 62.
  30. Sanjari, S., Farpour, M.H., Esfandiar Pour Borujeni, I., Karimian Iqbal, M., 2011.

- Comparison of micromorphology and clay mineralogy of the old and current soils in the Jiroft region. *Journal of Agricultural Science and Technology, Water and Soil Science*, 15: 173-185.
31. Samadi Arghini, H., Samadi Ghashlaghchai, M., Ghasemi, A., 2012. Using Hierarchical Analysis Technique for comprehensive watershed management (Case Study: Gheidar city watershed in Zanjan province). Abstract articles of the 8th national conference on sciences and Engineering of watershed management. Lorestan.
  32. Sarbaz, M., Piri, M., Taherinejad, T., Ahmadian, Sh., 2017. Investigation of the process of vegetation changes using remote sensing data (case study: Jiroft city, Kerman province). The 3rd Annual Conference of architecture, urban planning and urban management researches. Shiraz.
  33. Shahidasht, A.R., Abbasnejad, A., 2011. Evaluation of the environmental impacts of aquifer depletion in Jiroft plain and prediction of the future statue. *Water Resources Research*, 7(1): 77-81.
  34. Shahkarami A., Veiskarami I., 2015. Flood spreading in the aquifer Koohdasht-Roomeshkan and Keshmahour. *Rainwater Catchment Systems*, 3:63-71.
  35. Sharifi, A., Gholam Razaei, S., Rezaei, R., 2010. Investigating the Factors Affecting the Participation of Villagers in Watershed Designs in Jiroft County. *Journal of Watershed Engineering Sciences*, 10: 1-1.
  36. Shirmardi, A., 2012. Selection of the best rangeland improvement method using multi-criteria analysis of network analysis (ANP) and hierarchical analysis (AHP). Master's Thesis. Shahrekord University
  37. Valentine, J., 1989. *Range Development and Management*, Second Edition, Academic Press, USA, 659 PP.

## Prioritization of rainfall storage methods for rangeland improvement and management of Jiroft Plain using Multi-Criteria Decision Making (MCDM)

Azam Khosravi Mashizi<sup>\*1</sup>, Mohsen Sharafatmanrad<sup>2</sup>

Received: 21/08/2018

Accepted: 08/01/2019

### Extended Abstract

**Introduction:** Lacking of the water and low availability of soil moisture are the subject matter of the dry and semi-arid areas of the world, which has caused the brittleness of the living conditions for plants. It is necessary the use of new technologies to solve the problem of water scarcity through storage rainfall methods in arid and semi-arid areas. Due to the variety of storage rainfall methods, the high cost of their implementation and their different performance, it needs to evaluate these methods base on different criteria to find the best and suitable method in dry and semi-arid climates. Since decisions will be faced with multiple criteria that they have a complex relationship in such a situation, decision is difficult to choose the best method. The use of multi-criteria decision-making methods is highly effective to solve this problem. This study was aimed to prioritize rainfall storage methods (flood spreading, pitting, turkey nest, arc basin and contour furrow) in rangelands of Jiroft plain according to ecological, economic, technical and social criteria using multi-criteria decision-making methods.

**Material and methods:** Jiroft plain are part of the Jazmoriyan watershed in the south of Kerman province. Its height varies from a surface of 500 to 800 meters. The annual rainfall is 191.1 mm. Recent droughts and drainage of groundwater due to water abstraction in agricultural sectors are among the factors of water shortage in the region that have had adverse effects on vegetation in the region. Multi-criteria decision-making methods AHP, TOPSIS, VIKOR and SAW were applied to select the best method for storing rainfall. Combined methods (Statistic, Borda, Copeland and Poset method) were used to unite ranks resulted by MSDM methods.

**Results and discussion:** Results showed that the economic criteria had the highest rank, the ecological, social and technical criteria were in the following order respectively. The relative weighting of different methods altered in different criteria. Hence, flood spreading was the best storage rainfall method based on all criteria. Turkey nest had the lowest economic rank. The lowest ecological and technical ranks belonged to Pitting. Contour furrow had the lowest rank in social criteria. Assessment of sub-criteria showed that flood control was the most important ecological factors, structural lifetime was the most important technical factor, the participation of people in the implementation was the important social factor and return on investment was the most important economical factor influencing storage rainfall methods. Flood spreading and pitting had the highest and the least amount of final weight in the AHP method, respectively. The results of the TOPSIS method showed that flood spreading had the highest relative proximity index. In the VIKOR method, the lowest Q value belonged to the flood spreading, so it was placed in the first rank. The highest Q was also for the turkey nest method. According to the SAW method, the best method was flood spreading. The combined methods showed that arc basin method was located in units 2 and 3, and each of the other methods had unique units. As the flood spreading was located in the first unit, the contour furrow, turkey nest and pitting were placed in unit 2, 4 and 5 respectively.

**Conclusion:** Various factors can affect the failure or success of restoration operation in rangelands. The results of this study showed that the economic factor is the first criterion to be considered in choosing the best method to storage rainfall in jiroft plain. In economical criterion, return on investment should be measured based on incurred costs and the benefits derived from the ecological and social impacts of methods. People's participation is the most important social factor in storage rainfall plans, because people's acceptance and people's participation guarantee the sustainability of storage rainfall plans in the region. In general, various multi-criteria decision-making methods showed that flood spreading has the highest priority for storing rainfalls in the Jiroft plain. Contour furrow, arc basin, Turkey nest and Pitting were in the next ranks for best method respectively. Flood spreading is not only a simple and inexpensive way to improve the quality of natural ecosystems but also has a high societal value by increasing groundwater and increasing the income of inhabitants through enhancing grazing and farming activities.

**Keywords:** Storage rainfall, Flood spreading, Rangeland, Economical criteria.

1. Assistant Professor of Natural Resources Faculty, University of Jiroft, Corresponding Author; Aazam.khosravi@yahoo.com

2. Assistant Professor of Natural Resources Faculty, University of Jiroft

DOI: 10.22052/deej.2018.7.22.1