

## تعیین مناطق مستعد وقوع آتش سوزی در حوزه آبخیز شور دره استان گلستان بر اساس روش ELECTRE III

امیر رضا مصباح<sup>۱</sup>، سیده خدیجه مهدوی<sup>۲\*</sup>، مهشید سوری<sup>۳</sup> و محمد رضا جوادی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۴

### چکیده

تصمیم‌گیران در مدیریت و برنامه‌ریزی آتش‌سوزی با تعداد زیادی گزینه و معیار مواجه هستند. به منظور مدیریت کارآمد و تصمیم‌گیری صحیح در زمینه وقوع آتش‌سوزی، معیارهای مختلفی شامل معیارهای فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بایستی توأمان در نظر گرفته شوند. عملیات مدیریتی برای پیشگیری و کنترل وقوع آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع زمانی کارآمد هستند که مناطق مستعد آتش‌سوزی شناسایی و اقدامات اصلاحی و مدیریتی بر روی این مناطق متمرکز گردد. بنابراین انجام پژوهش حاضر، با هدف شناسایی مناطق مستعد وقوع آتش‌سوزی به منظور مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح این مناطق و با کمک روش تصمیم‌گیری فرارته‌ای ELECTRE III در حوزه آبخیز شوردره استان گلستان انجام گرفت. در تحقیق حاضر به منظور تعیین مناطق مستعد وقوع آتش‌سوزی در منطقه شوردره استان گلستان معیارهای مختلف محیطی و اجتماعی مورد استفاده قرار گرفتند و سپس نقشه مربوط به هر عامل برای تعیین مناطق پرخطر آتش‌سوزی تهیه شد. برای وزن‌دهی معیارها در تحقیق حاضر از روش آن‌روپی شانون استفاده گردید. سپس با توجه به وزن و مقدار هر معیار برای هر زیرحوزه، داده‌های مربوط به زیرحوزه‌ها با استفاده از تکنیک الکترا III تحلیل شدند. بدین صورت که اجرای روش الکترا شامل: ساخت ماتریس تصمیم‌گیری، وزن‌دهی معیارها، ساخت ماتریس نرمال، فرایند تقطیر (تعیین معیارهای مساعد و نامساعد)، محاسبه شاخص‌های هماهنگی و ناهماهنگی و در نهایت رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها بود. بر اساس نتایج تحقیق، زیرحوزه‌های ۳ و ۸ مناطقی با استعداد بالای آتش‌سوزی هستند. همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که زیرحوزه‌های ۱ و ۲ زیرحوزه‌هایی با استعداد کم نسبت به آتش‌سوزی طبقه‌بندی و شناسایی شدند. برای ارزشیابی نقشه نهایی، نقشه مناطق مستعد آتش‌سوزی حاصل از روش مورد استفاده در این تحقیق، با نقشه مناطق آتش‌سوزی تهیه شده توسط اداره کل منابع طبیعی استان گلستان، مقایسه گردید. نتیجه نشان داد که بر اساس ضریب کاپای به دست آمده که برابر ۰/۸۲ می‌باشد، نقشه از دقت خوب و قابل قبولی برخوردار است. بنابراین، روش پیشنهادی به عنوان یک روش غربالگری قابل اعتماد برای شناسایی مناطق در معرض خطر آتش‌سوزی مطرح است که می‌تواند به مسئولین کمک کند تا اقدامات پیشگیرانه را هدایت نمایند.

**واژه‌های کلیدی:** آتش‌سوزی، تکنیک‌های فرارته‌ای، ELECTRE III، شوردره استان گلستان.

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری مرتع، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامي، نور، ایران ن.

<sup>۲</sup> استادیار گروه منابع طبیعی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامي، نور، ایران ن، \* نویسنده مسئول: kh\_mahdavi@yahoo.com

<sup>۳</sup> استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

<sup>۴</sup> استادیار گروه منابع طبیعی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامي، نور، ایران ن.

## مقدمه

آتش سوزی های جنگلی و مرتعی با سایر اشکال آتش سوزی ها به دلایل اندازه گسترده و سرعت انتشار، توانایی تغییر جهت غیرمنتظره از شکلی به شکل دیگر، متفاوت است (اینو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۱). این امر به طور جدی پایداری و خدمات زیست محیطی این اکوسیستم ها را تهدید کرده (هانگ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۸) و ساختار پوشش گیاهی و تنوع زیستی را عمیقاً تغییر می دهد (گاندھی<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۱ و بنگتسون<sup>۴</sup> و همکاران ۲۰۰۰) ذخیره کربن را افزایش داده (هلی<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۴) از طرفی باعث انتشار گازهای گلخانه ای و تغییر در ساختار خاک و مواد مغذی سطحی شده و به دنبال آن فرسایش خاک تشدید می گردد (آن<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۵). لذا بهبود در مدل سازی و پیش بینی خطر آتش سوزی برای کاهش اثرات منفی آتش، چه از طریق کاهش شدت از طریق مدیریت آن، یا با کمک به تجدید پوشش گیاهی طبیعی با استفاده از عملیات پس از حریق، بسیار حیاتی است (پپرا<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۲۱). خطر آتش سوزی مفهوم مهمی است که به طور قابل توجهی در برنامه ریزی مدیریت حریق شکل می گیرد. این ارزیابی احتمال وقوع آتش سوزی است که سهولت احتراق، احتمال احتراق و مناطق مستعد آتش را تعیین می کند (گای<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۱). لذا، خسارات ناشی از آتش سوزی را می توان با شناسایی مناطق با حساسیت بالا به آتش، اجرای پیشگیری از آتش سوزی و اقدامات ایمنی در برابر آتش به حداقل رساند (جیسوال<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۰۲).

برای شناسایی مناطق مستعد آتش سوزی لازم است عوامل مؤثر بر وقوع آتش سوزی مانند سوخت، شرایط توپوگرافی و اقلیمی و عوامل انسانی تعیین شود (واسیلاکوس<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۰۹).

منصوری خسروی و همکاران (۱۳۸۵) رتبه بندی بهینه ای در مورد طرح های فاضلاب را به کمک دو روش AHP و ELECTRE III انجام دادند. ابتدا معیارهای مهم پیشنهادی جهت اولویت بندی طرح ها و وزن نسبی معیارها ارائه شد و سپس بر اساس نرم افزارهای مربوطه مطالعه موردی برای پنج شهر انجام شد. در تحلیل حساسیت آستانه برتری، بی تفاوتی و وتو به این نتیجه رسیدند که افزایش این ارزش های آستانه به میزان ۲۰ و ۴۰ درصد هیچ تأثیری بر رتبه بندی پروژه ها نداشته و کاهش ۴۰ درصد بیشترین تأثیر را در رتبه بندی ها داشته است.

ملک محمدی و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیقی تحت عنوان رتبه بندی جواب های مدل بهینه سازی چندهدفه بهره برداری از مخازن با روش ELECTRE III از روش تصمیم گیری چندمعیاره ELECTRE III برای رتبه بندی جواب های مدل چندهدفه NSGA-II در بهینه سازی بهره برداری از

1. Enoh

2. Hong

3. Gandhi

4. Bengtsson

5. Healey

6. An

7. Peprah

8. Gai

9. Jaiswal

10. Vasilakos

مخازن سری استفاده نمودند. نتایج تحقیق ایشان نشان داده است، روش ELECTRE III قابلیت رتبه‌بندی جواب‌های مدل بهینه‌سازی چندهدفه و انتخاب جواب‌های برتر را با توجه به نظر بهره‌برداران دارا می‌باشد. سوری و همکاران (۱۳۹۷) در تحلیل فرارته‌های مراتع مستعد تخریب در حوزه آبخیز نوشان استان آذربایجان غربی، کلاس تخریب‌پذیری مرتع بر اساس تکنیک فرارته‌ای و بر اساس روش خوشه‌بندی K-means در سه کلاس تخریب مرتع زیاد، متوسط و کم تعیین کردند. ایشان بر کارایی روش‌های فرارته‌ای در تحلیل فرارته‌های مراتع مستعد تخریب تاکید داشتند. یانگ<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۱) در ارزیابی خطر آتش‌سوزی و زون‌بندی با ادغام Maxent و GIS در استان هونان چین، از ۱۲ عامل مرتبط با توپوگرافی، شرایط آب و هوایی، ویژگی‌های پوشش گیاهی و فعالیت‌های انسانی به‌عنوان متغیرهای محیطی مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی استفاده شد.

پاراجولی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی در نپال به پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از GIS و سنجش از دور پرداخته و بر این اساس از یک مدل شاخص وزنی چند پارامتری برای استخراج و مشخص کردن نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل از متغیرهایی مانند پوشش گیاهی، عوامل توپوگرافی، دمای سطح زمین و مجاورت با جاده و سکونتگاه‌ها، بهره بردند. تصمیم‌گیران در مدیریت و برنامه‌ریزی آتش‌سوزی با تعداد زیادی گزینه و معیار مواجه هستند. یکی از مهم‌ترین چالش‌های آن‌ها تعیین مستعدترین مناطق و اولویت‌بندی مناطق با توجه به معیارهای تعریف شده است. در این رابطه تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند راهکار مناسبی برای حل اینگونه مسائل باشد. به منظور مدیریت کارآمد و تصمیم‌گیری صحیح در زمینه وقوع آتش‌سوزی، معیارهای مختلفی شامل معیارهای فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بایستی توأمان در نظر گرفته شوند. عملیات مدیریتی برای پیشگیری و کنترل وقوع آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع زمانی کارآمد هستند که مناطق مستعد آتش‌سوزی شناسایی و اقدامات اصلاحی و مدیریتی بر روی این مناطق متمرکز گردد (دور و سانتین<sup>۳</sup>، ۲۰۱۶ و کاستیلو<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۲۱).

بنابراین انجام پژوهش حاضر، با هدف شناسایی مناطق مستعد وقوع آتش‌سوزی و به منظور مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح این مناطق و با کمک روش تصمیم‌گیری فرارته‌ای ELECTRE III در حوزه آبخیز شوردره استان گلستان انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مطالعاتی

حوزه مورد بررسی به نام شوردره شناخته می‌شود و از نظر تقسیمات سیاسی کشوری در استان گلستان قرار گرفته است. بخش شرقی حوزه در شهرستان مراوه تپه و بقیه آن در بخش مرکزی شهرستان کلاله و در دهستان‌های تمران، مراوه تپه و زاوه‌کوه قرار گرفته است (شکل ۱). حوزه شوردره از شمال به کوه‌های بابا شملک از جنوب به روستاهای قپان علیا و سفلی، از شرق به روستای عرب

1. Yang

2. Parajuli

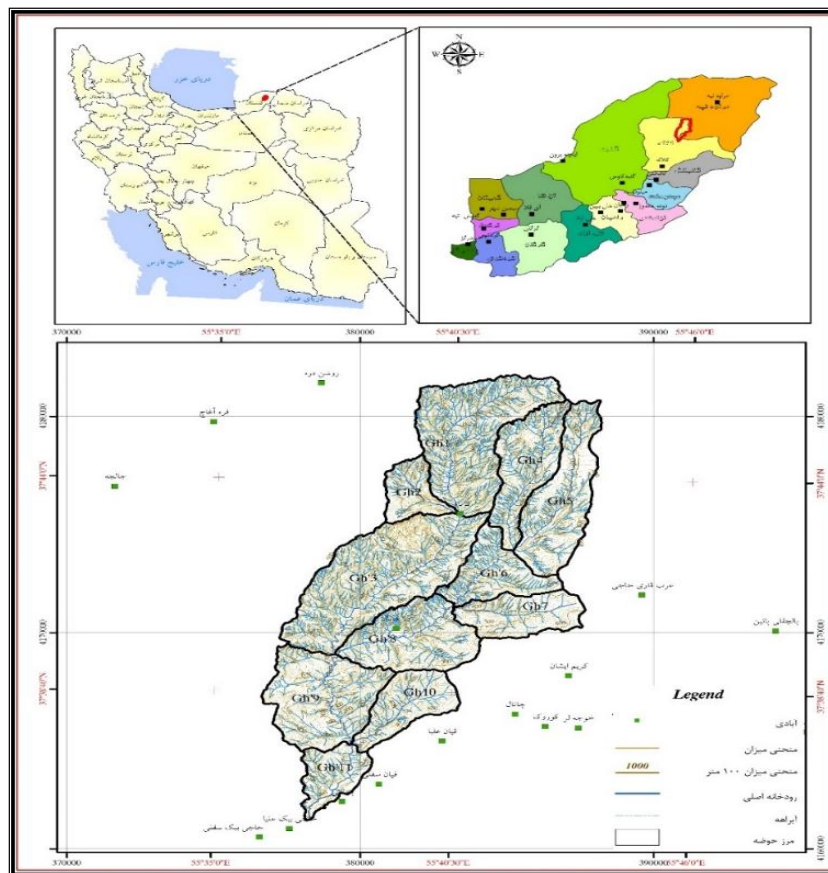
3. Doerr & Santin

4. Castillo

قاری حاجی و از غرب به حوزه کال آجی محدود می‌گردد. روستاهای قرناق و آق چاتال در داخل حوزه واقع شده‌اند. مساحت حوزه برابر با ۱۲۰/۷۴ کیلومتر مربع می‌باشد. جدول ۱ موقعیت حوزه را در سیستم‌های مختصات نشان می‌دهد.

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز شور دره استان گلستان  
در سیستم مختصات Lat/Lon و سیستم UTM Zone 40

طول جغرافیایی	۵۵° ۴۳' ۵۱" تا ۵۵° ۳۶' ۱۰"
عرض جغرافیایی	۳۵° ۴۶' ۴۰" تا ۳۷° ۲۵' ۲۶"
X	۳۸۸۲۲۳ تا ۳۷۶۶۴۰
Y	۴۱۸۱۹۲۹ تا ۴۱۶۱۳۱۴



شکل ۱- نمایی از موقعیت حوزه آبخیز شور دره استان گلستان در ایران و استان گلستان

## روش تحقیق

### تعیین معیارها

گام اول: تعیین معیارهای موثر در آتش سوزی مرتع

بر اساس نظر کارشناسی و میزان ضریب تغییرات عوامل مختلف در حوزه آبخیز شور دره از بین عوامل متعدد عوامل ذیل به دلیل ضریب تغییرات بالا در حوزه، به عنوان معیارهای موثر در آتش سوزی مرتع

مورد بررسی قرار گرفتند:

متوسط بارندگی سالانه و فصلی: به منظور برآورد میزان بارندگی در حوضه شوردره از اطلاعات بارش ۲۴ ساعته ایستگاه کچیک استفاده شد.

شیب و ارتفاع: برای تعیین شیب و ارتفاع از لایه اطلاعاتی DEM منطقه در محیط نرم افزاری GIS استفاده و طبقات شیب و ارتفاعی منطقه تعیین شد.

درجه حرارت سالانه و فصلی: از داده‌های ایستگاه‌های تبخیرسنجی منطقه استفاده شد.

رطوبت نسبی: برای به دست آوردن پارامتر رطوبت نسبی در حوزه مطالعاتی از رابطه بین پارامترهای رطوبت نسبی و درجه حرارت در ایستگاه کليما تولوژی کچیک استفاده شد.

تبخیر: با استفاده از آمار طشتک تبخیر و استفاده از معادله زیر مقدار تبخیر از سطح آزاد آب تخمین زده شد:

$$E = K \times E_{pan}$$

رابطه ۱:

در این معادله:  $E$ : مقدار از سطح آزاد آب (میلیمتر)،  $E_{pan}$ : مقدار تبخیر از طشتک،  $K$ : ضریب طشتک تبخیر

نوع اقلیم: نوع اقلیم به روش آمبروزه برای حوزه‌های مطالعاتی تعیین گردید:

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

رابطه ۲:

$Q_2$ : ضریب اقلیمی آمبروزه،  $M$ : متوسط حداکثرهای دما در گرم‌ترین ماه سال (درجه کلونین)،  $m$ : متوسط حداقل‌های دما در سردترین ماه سال (درجه کلونین)،  $P$ : بارندگی سالیانه (میلیمتر) تیپ‌های گیاهی: تیپ بندی پوشش گیاهی حوزه آبخیز شوردره به روش فلورسیتک- فیزیونومیک و براساس دو یا سه گونه غالب پایا (دائمی) انجام گرفت.

تولید مرتع: در این پژوهش نمونه برداری میدانی بر اساس روش تصادفی- سیستماتیک اجرا گردید. واحد نمونه برداری پلات‌های مستقر در طول ترانسکت‌های خطی بودند. بدین منظور با توجه به شرایط منطقه، در هر تیپ گیاهی ۴ ترانسکت ۱۰۰ متری در جهت شیب و ۲ ترانسکت ۱۰۰ متری عمود بر جهت شیب در منطقه معرف هر تیپ مستقر گردید. سپس بر روی هر ترانسکت ۱۰ پلات ۲ متر مربعی مستقر شد (ارزانی، ۱۳۷۶). سپس میزان تولید در هر پلات به روش قطع و توزین اندازه گیری گردید (مصدقی، ۱۳۸۲). وضعیت مرتع: جهت تعیین وضعیت تیپ‌های مرتعی از روش ۴ فاکتوره استفاده گردید. گرایش مرتع: جهت تعیین گرایش مرتع از روش ترازو استفاده شد (مصدقی، ۱۳۸۲). شاخص رطوبت توپوگرافی: شاخص رطوبت توپوگرافی یک دیگر از فاکتورهای توپوگرافی است که بر اساس رابطه ۳ تهیه و مورد استفاده قرار گرفت (سورنسن<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۲)

$$TWI = \ln \alpha / \tan \beta$$

رابطه ۳:

که در آن:  $\alpha$  مساحت منطقه زهکشی شده و  $\tan \beta$  زاویه شیب بر حسب درجه است. در مطالعه فعلی

1. Sorensen

برای تهیه نقشه TWI با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع در نرم افزار SAGA GIS با ۳ کلاس تهیه گردید. شاخص رطوبت توپوگرافی نقش مهمی در رطوبت خاک و ثبات شیب دارد.

کاربری اراضی: جهت تهیه نقشه کاربری اراضی حوزه و تشخیص و تفکیک حدود اراضی زراعی از اراضی مرتعی از تصاویر ماهواره ای قابل رفرنس از نرم افزار Google Earth در کنار استفاده از تصاویر Landsat استفاده شد. سپس، نقشه کاربری تهیه شده بر اساس نقشه ژئومورفولوژی و بازدید صحرایی، اصلاح و نقشه نهایی تهیه شد.

روستا و تراکم جمعیت: در بررسی تعداد جمعیت و خانوار روستاهای حوزه از نتایج آمارگیری شبکه بهداشت استان گلستان و نیز آمار خانه های بهداشت روستاهای داخل حوزه در سال ۱۳۹۸ استفاده گردید.

گام دوم: تعیین وزن هر یک از معیارها

در گام دوم تحقیق وزن هر یک از معیارها بر اساس روش آنتروپی شانن به صورت زیر محاسبه شد ( ونگ و سینگ ۱، ۲۰۱۰؛ ونگ و لی ۲، ۲۰۰۹؛ وو ۳ و همکاران، ۲۰۱۱؛ وو و ژانگ ۴، ۲۰۱۱؛ ژانگ ۵ و همکاران، ۲۰۱۰؛ ژاو و لی ۶، ۲۰۱۰).

ابتدا ابرماتریس تصمیم گیری با درجه  $m \times n$  تشکیل شد. این ابر ماتریس شامل  $m$  سطر (۱۱ زیرحوزه آبخیز شوردره) و  $n$  ستون (معیارهای بارش شیب، تبخیر، پوشش گیاهی و ...) می باشد. سپس با استفاده از روش آنتروپی وزن شاخصها بصورت زیر محاسبه گردید (زی-هونگ<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۶)

ابر ماتریس تصمیم گیری براساس رابطه ۴ نرمال گردید. براساس رابطه ۴ مقدار درایه های ابر ماتریس بر جمع ستون واقع شده تقسیم گردید.

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} \quad \text{رابطه ۴:}$$

$a_{ij}$  درایه های مستقل برابر ماتریس مربوط به زیرحوزه  $i$  ام و معیار  $j$  ام. محاسبه مقدار آنتروپی  $E_j$ :

$$E_j = k = \frac{1}{\ln(m)} \quad \text{رابطه ۵:}$$

(Ln) لگاریتم در مبنای عدد پی است و  $K$  عدد ثابت می باشد که  $E_j$  را بین صفر و یک نگه می دارد.

محاسبه درجه انحراف (d):

$$d_j = 1 - E_j \quad \text{رابطه ۶:}$$

محاسبه وزن شاخص ها (w):

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad \text{رابطه ۷:}$$

1. Wang, Singh
2. Wang, Lee
1. Wu
4. Wu, Zhang
5. Zhang
6. Zhao, Li
7. Zhi-hong

## ELECTRE III گام سوم: پیاده سازی روش

روش ELECTRE از جمله روش‌های تصمیم‌گیری است که در پاسخ به کاستی‌های روش‌های تصمیم‌گیری معرفی شد. تاکنون روش‌های مختلفی از گروه ELECTRE بر ای تحلیل مسائل چند شاخصه ارائه شده است. در روش ELECTRE شاخص‌های کمی و کیفی توامان مورد استفاده قرار می‌گیرند و با مقایسات زوجی میان گزینه‌ها، رتبه‌بندی آنها بدست می‌آید. مسائل چند شاخصه به صورت قرار دادی با یک مجموعه از گزینه‌ها، شاخص‌ها و مقادیر برتری بیان می‌شوند. در این روش به جای رتبه‌بندی گزینه‌ها از مفهوم جدیدی معروف به مفهوم غیررتبه‌ای استفاده می‌شود. به طور مثال ممکن است از نظر ریاضی گزینه‌ای هیچ ارجحیتی به دیگر گزینه نداشته باشد اما تصمیم گیرنده و تحلیلگر بهتر بودن آن گزینه به دیگری را بپذیرد. در این روش کلیه گزینه‌ها با استفاده از مقایسات غیر رتبه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفته و بدان طریق گزینه‌های غیر مؤثر حذف می‌شوند. کلیه مراحل اجرای این روش بر مبنای یک مجموعه هماهنگ و یک مجموعه غیرهماهنگ پایه‌ریزی می‌شوند که به این دلیل این روش معروف به آنالیز هماهنگی هم می‌باشد (خدابخشی و جعفری، ۱۳۸۹).

روش ELECTRE III مفهوم ارزش آستانه بی تفاوتی  $Q$ ، ارزش آستانه برتری  $p$  و روابط برتری را به شکل زیر معرفی می‌کند:

$$\begin{array}{ll} a P b & \implies g(a) - g(b) > p \\ a Q b & \implies q < g(a) - g(b) \leq p \\ a I b & \implies |g(a) - g(b)| \leq q \end{array} \quad \text{رابطه ۸:}$$

بنابراین به طور خلاصه می‌توان گفت که در یک مدل جامع برتری در روش ELECTRE III

تصمیم گیرنده با سه حالت متفاوت روبرو می‌باشد:

$$\begin{array}{l} a I b \\ a Q b \\ a P b \end{array} \quad \text{رابطه ۹:}$$

علاوه بر اینها با موضوعاتی نظیر ذیل رو برو می‌شویم:

برتری ضعیف ( $Q$ ): که آن را بصورت  $a Q b$  نمایش می‌دهند. اگر تردید میان  $a R b$  و  $a I b$  وجود داشته باشد که مسلماً در این حالت  $b P a$  را نخواهیم داشت.

غیر قابل مقایسه بودن ( $R$ ): که آن را به صورت  $a R b$  نمایش می‌دهند و هنگامی است که تردید در میان  $a P b$  و  $P a b$  وجود داشته باشد.

آنچه در این روش مورد ارزیابی قرار می‌گیرد بررسی اعتبار  $a S b$  بوده که برای آن لازم است دو شرط هماهنگی و ناهماهنگی را مورد بررسی قرار داد.  $a S b$  به این مفهوم است که  $a$  حداقل به خوبی  $b$  است یا  $a$  بدتر از  $b$  نیست.

**محاسبه هماهنگی**

اگر  $k$  ضریب اهمیت یا وزن مختص به هر شاخص  $z$  باشد پارامتر هماهنگی کل  $(C(a,b))$  توسط رابطه زیر محاسبه می‌گردد که پیش از این لازم است هماهنگی هر دو گزینه به ازای هر شاخص  $C(a,b)$  نیز محاسبه گردد.

رابطه ۱۰:

$$C(a, b) = \sum k_j c_j$$

$$\frac{1}{k} = \sum_{j=1}^r k_j$$

$$c_j(a, b) = \begin{cases} 1 & g_i(a) + q_i \geq g_i(b) \\ 0 & g_i(a) + p_i \leq g_i(b) \\ \frac{p_j + g_j(a) - g_j(b)}{p_j - q_j} & \end{cases}$$

رابطه ۱۱:

### محاسبه ناهمانگی

برای محاسبه ناهمانگی ارزش آستانه دیگری به نام ارزش وتو را باید تعریف کرد. ارزش آستانه وتو  $v$  این امکان را دارد تا اعتبار  $a$  S  $b$  را بطور کامل رد کند اگر برای هر شاخص  $j$  رابطه ای به این صورت برقرار باشد:

اندیس ناهمانگی برای هر دو گزینه به ازای هر شاخص به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$g_i(b) > g_i(a) + V_i$$

رابطه ۱۲

$$D_j(a, b) = \begin{cases} 1 & g_i(a) + q_i \geq g_i(b) \\ 0 & g_i(a) + p_i \leq g_i(b) \\ \frac{-p_j + g_j(a) + g_j(b)}{v_j - p_j} & \end{cases}$$

رابطه ۱۳:

ماتریس ناهمانگی برای هر شاخص تهیه شده و بر خلاف همانگی نمی توان هیچ اجماعی از شاخص ها داشت. یک شاخص ناهمانگ کافی است تا اعتبار غیر رتبه ای را رد کند.

### بررسی درجه اعتبار رابطه غیر رتبه ای S

برای هر یک از گزینه های  $A(a, b)$  ماتریس همانگی و ناهمانگی بدست می آید. قدم پایانی در این مدل ترکیب شاخص های این دو مقدار برای تعیین درجه یر رتبه ای است که از این فرایند ماتریس اعتبار بدست می آید و می توان توسط آن درجه اعتبار  $a$  S  $b$  را تعیین نمود. درجه اعتبار برای هر جفت از گزینه های  $A(a, b)$  به صورت رابطه زیر تعریف می گردد:

$$\lambda = \begin{cases} C(a, b) & \text{if } d_j(a, b) < C(a, b) \\ C(a, b) \cdot \prod \frac{1 - d_j(a, b)}{1 - c(a, b)} & \end{cases}$$

رابطه ۱۴:

که  $d_j(a, b) > c(a, b)$  بیانگر آن دسته از شاخص هایی است که

### رتبه بندی گزینه ها

گام بعدی در روش ELECTRE III بهره برداری از این مدل و ایجاد رتبه بندی نهایی گزینه ها از اطلاعات موجود در ماتریس اعتبار است. روش عمومی برای بهره برداری از این ساختار تولید دو



پیش‌رتبه بندی صعودی و نزولی  $Z1$  و  $Z2$  است برای این منظور باید پارامتر  $\lambda$  که نام  $\alpha - \text{cut}$  یا برش  $\alpha$  نیز معروف می‌شود توسط رابطه زیر تعیین گردد:

$$\lambda = \{\max S(a,b)\} \quad a,b \in a \quad \text{رابطه ۱۵:}$$

این پارامتر مقدار اعتباری را معین می‌کند که تنها مقادیری از  $S(a,b)$  که نزدیک به آنها هستند مورد ملاحظه قرار می‌گیرند. در این فرایند پارامتر جدیدی به نام  $S(\lambda)$  معرفی می‌شود که  $S(\lambda)$  برابر  $\lambda\alpha + \beta$  است. در نهایت باید مقدار  $S(\lambda) - \lambda$  محاسبه نمود. بر این اساس ماتریس  $T$  به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$T(a,b) = \begin{cases} \{1,0\} & S(a,b) > \lambda - S(\lambda) \\ \text{else/} & \end{cases} \quad \text{رابطه ۱۶}$$

سپس مطلوبیت برای هر گزینه با  $Q(a)$  نشان داده می‌شود که به مفهوم تعداد گزینه‌هایی است که گزینه  $a$  بر آنها غلبه کرده است منهای تعداد گزینه‌هایی که برتر از  $a$  بوده‌اند  $Q(a)$  به بیان ساده برای مجموع اعداد موجود در سطر منهای مجموع اعداد موجود در ستون‌های ماتریس  $T$  برای هر گزینه تعریف می‌شود. در فرایند نزولی مجموع گزینه‌هایی که دارای بیشترین و بزرگترین مطلوبیت هستند رتبه‌های بالا را به خود اختصاص می‌دهند. پس از خروج گزینه‌های دارای بالاترین مطلوبیت از فرایند مجدداً با محاسبه  $S(\lambda)$  و  $\lambda$  فرایند ادامه می‌یابد تا تمامی گزینه‌ها مشخص شود. نتیجه به دست آمده پیش‌رتبه بندی  $Z1$  با عنوان رتبه بندی نزولی واحد بود. نتایج صعودی به روش مشابهی بدست می‌آید با این تفاوت که ابتدا گزینه‌هایی که دارای کمترین مطلوبیت هستند مورد استفاده قرار می‌گیرند (گووین دان و چپسین<sup>۱</sup>، ۲۰۱۶)

برای رتبه بندی گزینه‌ها در روش ELECTRE III انجام فرایند تقطیر<sup>۲</sup> (برای ایجاد پیش‌رتبه‌بندی نزولی و صعودی گزینه‌ها) و فرایند تقاطع (برای به دست آوردن رتبه بندی نهایی گزینه‌ها به کمک اطلاعات بدست آمده از مراحل قبل) ضروری است. انجام فرایندهای تقطیر و تقاطع منجر به تعیین روابط برتری، اختلافات جزئی و غیرقابل مقایسه میان گزینه‌ها شده که به رتبه‌بندی جزئی گزینه‌ها مشهور است (فیگویرا<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۵)

برای اجرای تکنیک ELECTRE، داده‌های ورودی شامل وزن معیار و مقدار هر معیار می‌باشد. در تکنیک الکر معیارهایی که مانع از آتش‌سوزی مرتع در حوزه می‌گردد بصورت شاخص نامساعد (نزولی) و معیارهایی که سبب افزایش آتش‌سوزی مراتع حوزه می‌گردند بصورت شاخص مساعد (صعودی) در نظر گرفته شد. خروجی این تکنیک شامل ماتریس شاخص هماهنگی، ماتریس شاخص ناهماهنگی، ماتریس نرمال شده، ماتریس وزن‌دهی شده و رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌باشد.

طبقه بندی رتبه‌ها به روش خوشه بندی K-means

1 . Govindan, Jepsen

2 Distillation

3 . Figueira

یکی از روشهای معتبر خوشه بندی، خوشه بندی K-means است که بر اساس کمترین فاصله های هر داده از مرکز یک خوشه (میانگین) خوشه بندی را انجام می دهد. در واقع این روش خوشه بندی از نقاط داده ها مجموعه هایی مجزا می سازد بطوریکه در هر مجموعه نقاط داده ها به مرکز خوشه نزدیک تر هستند (زارع چاهوکی، ۱۳۸۹)

رتبه های به دست آمده از هر زیرحوزه با استفاده از تکنیک الکترونیک نرم افزار SPSS18 شده و با استفاده از تکنیک خوشه بندی K-means رتبه ها طبقه بندی شدند.

### ارزشیابی مدل

برای ارزشیابی و اعتبارسنجی نقشه مناطق مستعد آتش سوزی حوزه آبخیز شوردره استان گلستان، از ضریب آماری کاپا استفاده شد. پیش بینی مناسب و نامناسب بودن روش، نیازمند تکمیل ماتریس خطا است. ماتریس خطا فراوانی پیش بینی داده های آزمون مدل را ثبت می کند و همان طور که در جدول (۱) نشان داده شده است شامل چهار بخش a, b, c و d می باشد که بر اساس تعداد رخدادهای صحیح و اشتباه رخداد و عدم رخداد آتش سوزی در مقادیر واقعی و مدل تولید می شوند. a نشان دهنده مثبت حقیقی است یعنی پیش بینی هایی که هم در مدل وجود دارد و هم در دنیای واقعی دیده می شوند و مدل آن ها را به عنوان حضور ثبت می کند. b نشان دهنده مثبت کاذب است یعنی پیش بینی هایی که در مدل وجود داشته، اما در دنیای واقعی وجود ندارد که به عنوان خطای مدل ثبت می شود. c نشان دهنده منفی کاذب است یعنی پیش بینی هایی که در مدل وجود نداشته است، ولی در دنیای واقعی وجود دارد و به عنوان خطای مدل ثبت می شود. d نشان دهنده منفی واقعی است یعنی پیش بینی هایی که نه در مدل وجود داشته و نه در دنیای واقعی دیده می شود و مدل آن را به عنوان عدم حضور ثبت می کند (فودی<sup>۱</sup>، ۲۰۲۰)

جدول ۲- ارزیابی مدل با استفاده از ماتریس خطا

	غیاب ثبت شده	حضور ثبت شده
حضور پیش بینی شده	مثبت کاذب b	مثبت واقعی a
غیاب پیش بینی شده	منفی واقعی d	منفی کاذب c

با توجه به ماتریس ۲×۲ تشکیل شده، صحت کلی نقشه به دست آمد. با استفاده از ماتریس خطا ضرایب آماری مختلفی را می توان محاسبه نمود که از جمله آن ها می توان به ضریب آماری کاپا<sup>۲</sup> اشاره کرد. ضریب کاپا توافق بین مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده را نشان می دهد و برای محاسبه آن از ماتریس خطا استفاده می شود. حداکثر مقدار کاپا برابر یک است، یعنی این که توافق کامل بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده وجود دارد. فرمول ضریب کاپا به صورت زیر تعریف می شود:

$$k = \frac{\left(\frac{a+d}{n}\right) - \frac{(a+b)(a+c)+(c+d)(d+b)}{n^2}}{1 - \frac{(a+b)(a+c)+(c+d)(d+b)}{n^2}} \quad \text{رابطه ۱۷}$$

<sup>۱</sup> . Foody,  
<sup>۲</sup> Kappa

در مقادیر صفر احتمال تصادفی یا غیرتصادفی بودن مقادیر واقعی و پیش‌بینی برابر است و منفی بودن نشان‌دهنده غیر واقعی بودن مدل می‌باشد (فودی<sup>۱</sup>، ۲۰۲۰).

### نتایج

- معیارهای مورد بررسی و تعیین شاخص در ادامه و در قالب جدول ۳ معیارهای مورد بررسی در روش ELECTRE III و نوع شاخص آن‌ها ارائه گردیده است.

جدول ۳- پارامترهای تکنیک ELECTRE III

معیارها	شاخص نامساعد؟
elevation	بله
Tmean(year)	خیر
Tmean(summer)	خیر
precipitation(year)	بله
precipitation(summer)	بله
precipitation(Spring)	خیر
evaporation	خیر
Tmax(year)	خیر
Tmax(summer)	خیر
relative humidity	بله
climate	خیر
Dry farming	خیر
Residential	خیر
Length of road	خیر
Dam	خیر
Vegetation type(I)	خیر
Vegetation type(II)	خیر
Vegetation type(III)	خیر
Grasses	خیر
Forbs	خیر
shrubs	خیر
Bushy Tree	خیر
poor range condition	خیر
Population density	خیر
educated people	بله
Slope	خیر
Stream lenght	خیر
South slope	خیر
TWI	خیر

- تشکیل ماتریس نرمال وزن دهی شده  
ماتریس وزن دهی شده بر اساس وزن هر معیار و مقدار داده هر معیار برای هر زیرحوزه، در جدول ۴ ارائه شده است.









**تشکیل ماتریس شاخص چیرگی نهایی در تکنیک ELECTRE III**

**جدول ۹- ماتریس شاخص چیرگی نهایی در تکنیک ELECTRE III**

چیرگی نهایی	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11
G1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**رتبه بندی زیر حوزه ها به روش ELECTRE III**

**جدول ۱۰- رتبه بندی زیر حوزه ها به روش ELECTRE III**

ردیف	زیر حوزه	تعداد چیرگی	رتبه
۱	G1	۰	۸
۲	G2	۰	۸
۳	G3	۸	۱
۴	G4	۶	۳
۵	G5	۲	۶
۶	G6	۱	۷
۷	G7	۱	۷
۸	G8	۱	۲
۹	G9	۵	۴
۱۰	G10	۴	۵
۱۱	G11	۱	۷

**اجرای روش K-means**

نواحی مستعد آتش سوزی حوزه آبخیز شوردره استان گلستان با استفاده از نتایج تکنیک خوشه بندی K-means در محیط نرم افزار اکسل تهیه گردید (جدول ۱۱).

**جدول ۱۱- نتایج تکنیک خوشه بندی K-means برای تکنیک الکترون**

ردیف	زیر حوزه ها	خوشه
<input type="checkbox"/>	G9	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G8	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G7	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G6	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G5	<input type="checkbox"/>



ردیف	زیرحوزه ها	خوشه
<input type="checkbox"/>	G4	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G3	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G2	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G11	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G10	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	G1	<input type="checkbox"/>

### بحث و نتیجه گیری

در گذشته، جواب‌های مسائل تصمیم‌گیری و انتخاب گزینه تنها مبتنی بر یک هدف اصلی یعنی ماکزیمم کردن نسبت سود به هزینه بود ولی امروزه با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره می‌توان چندین معیار را به صورت معیارهای کمی و کیفی برای انتخاب گزینه برتر به کار برد. طبیعی است که حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره دارای پیچیدگی است و به راحتی امکان پذیر نمی‌باشد، بویژه آن که اغلب معیارهای مزبور با یکدیگر تضاد داشته باشند و افزایش مطلوبیت یکی باعث کاهش مطلوبیت دیگری شود. به همین دلیل روش‌هایی تحت عنوان تصمیم‌گیری چندمعیاره توسعه داده شده‌اند که به حل مسائل مزبور کمک می‌کند. در این روش داده‌های اولیه بر اساس نظرات تصمیم‌گیرندگان در قالب ماتریس تصمیم‌گیری جمع‌آوری شده و مبنای تصمیم‌گیری نهایی به عبارتی، تلفیق نظرات افراد مذکور می‌شود (سوری و همکاران، ۱۳۹۷). امروزه با شدت گرفتن مباحث مربوط به تصمیم‌گیری‌های چند معیاره و از طرفی دیگر، گرایش روز افزون به سمت علوم میان رشته‌ای و استفاده از نظریات گروه‌ها و تخصص‌های مختلف در حل مسائل پیچیده، لزوم توجه به تکنیک‌های تحلیل تصمیم‌گیری و بهره‌گیری از آنها در حل مسائل پیچیده موجود در زمینه‌های مختلف کلید حل بسیاری از مشکلات مسائل مربوط به آنها می‌باشد کفاح چرندابی و همکاران (۱۳۹۱).

تصمیم‌گیری شامل بیان درست اهداف، تعیین راه حل‌های مختلف و ممکن، ارزیابی امکان‌پذیری آنان، ارزیابی عواقب و نتایج ناشی از اجرای هر یک از راه‌حل‌ها و بالاخره انتخاب و اجرای آن می‌باشد. کیفیت مدیریت اساساً تابع کیفیت تصمیم‌گیری است زیرا کیفیت طرح و برنامه‌ها، اثربخشی و کارآمدی راهبردها و کیفیت نتایجی که از اعمال آنها بدست می‌آید همگی تابع کیفیت تصمیماتی است که مدیر اتخاذ می‌نماید. در اکثر موارد تصمیم‌گیری‌ها وقتی مطلوب و مورد رضایت تصمیم‌گیرنده است که تصمیم‌گیری براساس چندین معیار مورد بررسی قرار گرفته باشد. معیارها ممکن است کمی یا کیفی باشند. در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره که در دهه‌های اخیر مورد توجه محقق قرار گرفته است بجای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی از چند معیار سنجش استفاده می‌شود (سوری و همکاران، ۱۳۹۱).

روش ELECTRE از جمله روش‌های تصمیم‌گیری است که در پاسخ به کاستی‌های روش‌های تصمیم‌گیری معرفی شد. تاکنون روش‌های مختلفی از گروه ELECTRE بر ای تحلیل مسائل چند شاخصه ارائه شده که از آن جمله می‌توان به ELECTRE I, II, III اشاره کرد. در تحقیق حاضر به منظور تعیین مناطق مستعد وقوع آتش‌سوزی جنگل و مرتع در منطقه شوردره استان گلستان

معیارهای مختلف محیطی و اجتماعی مورد استفاده قرار گرفتند و سپس نقشه مربوط به هر عامل برای تعیین مناطق پرخطر آتش‌سوزی تهیه شد. در تحقیقات مختلف نیز معیارهای مختلف محیطی و اجتماعی توأمان برای تعیین مناطق مستعد آتش‌سوزی به کار گرفته شدند که با تحقیق حاضر مطابقت دارد و در ادامه برخی از این تحقیقات بیان گردیده است: اسکندری و همکاران (۱۳۹۲) به منظور مدل‌سازی خطر آتش‌سوزی از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی برای وزن‌دهی به عوامل مؤثر در آتش‌سوزی استفاده کردند و بعد نقشه مربوط به هر عامل برای قابلیت‌یابی مناطق خطر آتش‌سوزی را تهیه کردند. عوامل مورد استفاده در تحقیق ایشان، شامل چهار معیار اصلی و ۱۷ زیرمعیار بود. معیارهای اصلی شامل معیارهای توپوگرافی، معیارهای بیولوژیکی، معیارهای اقلیمی و معیارهای انسان‌ساخت بود.

پندی و گوش<sup>۳۳</sup> (۲۰۱۸) به این نتیجه رسیدند که پارامترهایی مانند پوشش زمین، فاکتور شیب، ارتفاع، جنبه‌ها، نزدیکی به سکونتگاه‌ها و جاده‌ها به میزان زیادی بر وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها تأثیر گذاشته است.

پاراجولی و همکاران، (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای نپال به پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از GIS و سنجش از دور پرداخته و بر این اساس از یک مدل شاخص وزنی چند پارامتری برای استخراج و مشخص کردن نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل از متغیرهایی مانند پوشش گیاهی، عوامل توپوگرافی، دمای سطح زمین و مجاورت با جاده و سکونتگاه‌ها، بهره بردند. برای وزن‌دهی معیارها در تحقیق حاضر از روش آنتروپی شانون استفاده شد. محققین بسیار دیگری نیز در تحقیقاتشان از این روش استفاده کردند و بر کارایی این روش تأکید داشتند: والمحمدی و نگین (۱۳۸۹) در تحقیقی با عنوان بررسی عملکرد سازمان آموزشی، بر کارایی روش آنتروپی شانون در وزن‌دهی معیارهایشان تأکید کردند. کمانگر و قادری (۱۳۹۵) در تعیین عرصه‌های مناسب تغذیه مصنوعی دشت سرخون. اظهار کردند که روش آنتروپی شانون روش مناسبی برای وزن‌دهی معیارها می‌باشد. شکاری بادی و همکاران (۱۳۹۵) برای شناسایی فاکتورهای مؤثر بر زمین لغزش از روش آنتروپی شانون بهره جستند و بیان کردند که آنتروپی یک مفهوم عمده در علوم فیزیکی، علوم اجتماعی و علوم محیطی می‌باشد که بیانگر میزان عدم اطمینان در یک توزیع احتمال پیوسته است. در واقع آنتروپی مفهومی است که پراکندگی و بی‌نظمی در پدیده‌های طبیعی را تخمین می‌زند.

در منطقه شوردره استان گلستان بارش مناسب در فصل بهار سبب رشد خوب پوشش زیرین در این فصل در این منطقه می‌گردد و همچنین کمی بارش در فصل تابستان، بالا بودن تبخیر و خشک شدن این پوشش، باعث می‌گردد ماده سوختنی برای آتش‌سوزی در فصل پاییز مهیا گردد. در تحقیق حاضر مشخص شد که حداکثر پتانسیل وقوع آتش‌سوزی در مناطق با درجه حرارت بالا و بارندگی کم به دلیل ایجاد شرایط زیست محیطی مناسب برای بروز حریق به وجود می‌آید. درجه حرارت یکی از مهمترین عوامل مؤثر در بروز آتش‌سوزی می‌باشد بطوریکه درجه حرارت بالا تبخیر و تعرق را افزایش و رطوبت را کاهش می‌دهد و بنابراین احتمال وقوع آتش‌سوزی را افزایش می‌دهد.

بارش باران همچنین با تنظیم میزان جذب و رطوبت خاک احتمال بروز آتش‌سوزی را کاهش می‌دهد. با توجه به اینکه اکثر آتش‌سوزی‌ها در فصل خشکسالی اتفاق می‌افتند، مهم‌ترین عوامل ایجاد آتش‌سوزی میزان بارندگی و مقدار دما هستند که باعث کاهش رطوبت محیطی و دما می‌شود به طوری که در مناطقی که بارندگی کمتری دارد و درجه حرارت نیز بالاتر است، احتمال وقوع آتش‌سوزی بیشتر است که با نتایج تحقیق قنبرزاده و همکاران، (۱۳۹۲) و تحقیق آریاپور و محمدشریف<sup>۳۴</sup> (۲۰۱۴) که اظهار کردند که میزان بالای بارندگی بهاره باعث رشد زیست توده (عامل سوخت) و بالا بودن تبخیر، باعث خشک شدن سوخت و قابلیت اشتعال‌پذیری بیشتر مواد می‌گردد، مطابقت دارد.

همچنین با نتیجه تحقیق دشتی و همکاران (۱۴۰۰) که بیشترین احتمال رخداد آتش‌سوزی‌ها را در فاصله زمانی خرداد تا شهریور که میزان دما، تبخیر و میزان ماده سوختنی بالا و رطوبت پایین است، نیز همخوانی دارد.

علی‌نیا و همکاران (۱۴۰۰) نیز بیان کردند که بیش از ۷۰ درصد کل فراوانی رخداد‌های

آتش‌سوزی عرصه‌های منابع طبیعی استان لرستان، مربوط به ماه ژوئن و سپس جولای است. بر اساس نتایج تحقیق حاضر مشخص شد که روش فرارته‌ای ELECTRE III روشی کارآمد و موثر برای رتبه‌بندی زیرحوزه‌های حوزه آبخیز شوردره می‌باشد. محققان زیادی هم در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد: کفاح چزندابی و همکاران (۱۳۹۱) برای مکان یابی بهینه ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا با معیارهایی نظیر تراکم جمعیت، فاصله از ایستگاه‌های موجود، فاصله از درختان، فاصله از دیوار ساختمان‌ها و فاصله از خیابان‌ها از سه روش ELECTRE، PROMETHEE و WSM استفاده کردند. با توجه به اینکه روش‌های مذکور دارای رتبه‌های متفاوتی بودند. بنابراین برای رسیدن به یک رتبه واحد از روش ادغام استفاده کردند. نتایج حاکی از بهینگی جواب‌های حاصل از روش الکترو بود. کاویانی (۱۳۹۳) در تحقیقی تحت عنوان "کاربرد و مقایسه روش‌های فرارته‌ای ELECTRE III و PROMETHEE II در شناسایی و اولویت بندی نواحی بحرانی حوزه آبخیز دینور استان کرمانشاه" ۲۸ زیر حوزه حوزه آبخیز دینور را در قالب ۸ معیار درصد پوشش گیاهی، عمق فرسایش خاک، نسبت تحویل رسوب، دبی ویژه سالانه، متوسط بارش سالانه، ضریب رواناب، تراکم زهکشی و شیب رتبه‌بندی کرد. ایشان بر کارایی روش فرارته‌ای الکترو و پرومته برای اولویت بندی مناطق آسیب‌پذیر تاکید داشتند.

سوری و همکاران (۱۳۹۷) در تحلیل فرارته‌ای مراتع مستعد تخریب در حوزه آبخیز نوشان استان آذربایجان غربی، به این نتیجه رسیدند که دو روش پرومته و الکترو قابلیت بالایی در تعیین مناطق مستعد تخریب در حوزه آبخیز نوشان استان آذربایجان غربی را دارند. همچنین ادغام این دو روش با یکدیگر قابلیت تحلیل و تصمیم‌گیری را افزایش می‌دهد. جهان‌پور و همکاران (۱۳۹۷) استفاده از تکنیک فرارته‌ای را در ارزیابی به‌کاشت اراضی برای محصولات انار و پسته در دشت میاندوآب، کارا و مؤثر معرفی می‌کنند.

سوکلی<sup>۳۵</sup> (۲۰۱۰) برای انتخاب مواد تأمین کننده یک شرکت در ترکیه از روش ELECTRE استفاده کرد. ایشان بعد از ارائه معیارهایی که بر روی تصمیمات شرکتها اثر می گذارد، روش الکترا را به عنوان یک روش جدید و کارا برای این رتبه بندی معرفی کرده است.

به منظور بررسی میزان تطابق آتش سوزی های واقعی با نتایج مناطق مستعد آتش سوزی حاصل از روش الکترا در این تحقیق، از نقشه مناطق آتش گرفته تهیه شده توسط اداره کل منابع طبیعی استان گلستان استفاده گردید. بر اساس ضریب کاپا، که برابر ۰/۸۲ می باشد، با توجه به طبقه بندی ضرایب کاپا، مدل از دقت خوب و قابل قبولی برخوردار است. این نتیجه با نتیجه تحقیق ال-فوگارا<sup>۳۶</sup> و همکارا، ۲۰۲۱ مبنی بر اینکه لازم است مناطقی که در گذشته در آن آتش سوزی رخ داده است، ثبت شود و سپس با نقشه پتانسیل آتش سوزی حاصل از روش های مورد استفاده، تطبیق داده شده تا ارتباط بین آنها مشخص شود، مطابقت دارد.

اسلامی و همکاران، ۱۳۹۹ و روبرت و همکاران، ۲۰۰۶ نیز برای ارزشیابی مدلشان از ضریب کاپا استفاده کردند و چنین بیان کردند که ضریب کاپای بیشتر از ۰/۸۰ نشان دهنده صحت بالای مدل می باشد. به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق می تواند به عنوان مدلی برای مدیران اجرایی جهت برنامه ریزی اقدامات مدیریتی و اصلاحی در مراعات مورد استفاده قرار گیرد. روش پیشنهادی یک ابزار غربالگری قابل اعتماد برای شناسایی مناطق در معرض خطر آتش سوزی است و می تواند به مسئولین کمک کند تا اقدامات پیشگیرانه را هدایت نمایند. توصیه می شود که برای مدیریت بهتر پدیده آتش سوزی تمامی فاکتورهای دخیل در پدیده آتش سوزی شناسایی و برای هر زیرحوزه اندازه گیری گردد. طبق نتایج تحقیق حاضر همچنین توصیه می گردد که اقدامات مدیریتی مناسب برای زیر حوزه های دارای استعداد بالا به آتش سوزی و همچنین اقدامات مدیریتی مناسب برای جلوگیری گسترش هر چه بیشتر آتش سوزی به سایر زیرحوزه ها بکار گرفته شود. در آخر، پیشنهاد می گردد تحقیقات بیشتری در زمینه بکارگیری تکنیک های دیگر از جمله داده کاوی، شبکه های عصبی و سایر تکنیک های تصمیم گیری جهت شناسایی تکنیک های توانمندتر جهت رتبه بندی زیرحوزه ها از نظر استعداد به آتش سوزی، مورد بررسی قرار گیرد.

<sup>35</sup> . Sevkli

<sup>36</sup> . Al-Fugara

## منابع:

۱. ارزانی، ح. ۱۳۷۶. ارزیابی مراتع در مناطق مختلف اقلیمی. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع. ۶۷ صفحه
۲. اسکندری، سعیده. (۱۳۹۶). روش‌های مدل‌سازی و ارزیابی خطر وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های جهان و ایران. انسان و محیط زیست. ۱۵(۳): ۹۱-۱۱۰
۳. اسلامی، ر.، آذرنوش، م.ر.، کیلاشکی، ع.، و کاظم‌نژاد، ف. (۱۳۹۹). مدل‌سازی نحوه گسترش آتش‌سوزی جنگل بر پایه GIS و اتوماسیون سلولی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بابلرود مازندران). مجله علوم جغرافیایی، ۱۶(۳۲): صص ۱۱۷-۱۰۷.
۴. بی‌همتا، م.ر.، زارع چاهوکی، م.ع. ۱۳۸۹. کتاب اصول آمار در علوم منابع طبیعی. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۰۲ ص.
۵. جهان‌پور، ن.، ممتاز، ح.ر.، سوری، م. (۱۳۹۷). استفاده از تکنیک پرمته در ارزیابی بهکاشت اراضی برای محصولات انار و پسته در دشت میاندوآب. مجله تحقیقات کاربردی خاک. ۲(۶): ۴۳-۵۷.
۶. خدابخشی، ب. و جعفری، ح.ر. (۱۳۸۹). بررسی مدل دسته‌بندی چند معیاره ELECTRE III. در تعیین اهمیت آثار محیط‌زیستی (مطالعه موردی: ارزیابی آثار محیط‌زیستی طرح سد و شبکه آبیاری-زهکشی اردبیل)، پژوهش‌های محیط‌زیست، ۱(۲): ۳۱-۴۲.
۷. دشتی، ش.، امینی، ج.، احمدی ثانی، ن.، و جوانمرد، ع. (۱۴۰۰). پهنه‌بندی مناطق مستعد آتش‌سوزی در بوم‌سازگان‌های جنگلی زاگرس شمالی (مطالعه موردی: جنگل‌های سردشت در آذربایجان غربی). مجله مخاطرات محیط طبیعی، ۱۰(۳۰):
۸. سوری، م.، جعفری، م.، آذرنیوند، ح.، قدوسی، ج.، فرح‌پور، م. ۱۳۹۱. مکان‌یابی اجرای پروژه‌های بند سنگ-سیمان و بند گابیونی به کمک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: استان کرمانشاه). پژوهش‌های آبخیزداری. ۲۵(۹۶): ۸۳-۹۱
۹. سوری، م.، غایب، م.، معتمدی، ج. (۱۳۹۷). تحلیل فرا رتبه‌ای مراتع مستعد تخریب در حوزه آبخیز نوشان استان آذربایجان غربی. مجله مرتع و آبخیزداری، ۷۱(۲): ۳۹۳-۴۰۴.
۱۰. شکاری بادی، ع.، معتمدی راد، م. و محمدنیا، م. (۱۳۹۵). ترکیب مدل ANP و شاخص آنتروپی شانون برای ارزیابی عوامل موثر در وقوع و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی: حوضه فاروب روم در نیشابور). مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۶(۲۲): ۸۹-۱۰۳.
۱۱. علی‌نیا، ا.، گندمکار، ا.، و عباسی، ع.ر. (۱۴۰۰). تحلیل زمانی- مکانی رخدادهای مخاطره آتش‌سوزی‌های طبیعی در استان لرستان با استفاده از محصولات سنجنده مادیس. مجله جغرافیا و پایداری محیط، ۱۱(۱): صص ۱۲۷-۱۱۳
۱۲. قنبرزاده، ح.، احمدی اردکانی، م.، المدرسی، س.ع. (۱۳۹۲). همایش ملی ژئوماتیک. دوره ۲۰
۱۳. کاویانی، ع. (۱۳۹۳). کاربرد و مقایسه روش‌های فرارته‌ای پرمته II و الکتور III در شناسایی و اولویت‌بندی نواحی بحرانی حوزه آبخیز دینور استان کرمانشاه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ۱۶۶ ص.
۱۴. کفاش چرندابی، ن.، آل‌شیخ، ع.ا.، و کریمی، م. (۱۳۹۱). مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا با استفاده از روش‌های فرارته‌ای. مجله محیط‌شناسی، ۳۸(۶۲): صص ۸۲-۶۹.
۱۵. کمانگر، م.، و قادری، ف. (۱۳۹۵). بررسی دقت روش وزن دهی آنتروپی شانون در تعیین عرصه‌های مناسب تغذیه مصنوعی دشت سرخون. تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۷(۲): ۲۴۷-۲۵۸.
۱۶. مصداقی، م. ۱۳۸۲. مرتع و مرتعداری در ایران. انتشارات استان قدس رضوی. ۳۲۰ صفحه

۱۷. ملک محمدی، ب.، زهرای، ب.، و کراچیان، ر.، (۱۳۸۷). رتبه بندی جواب های مدل بهینه سازی چند هدفه بهره برداری از مخازن با روش ELECTRE III، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه تبریز، ۲۰۹-۲۰۱.
۱۸. منصوری خسروی، ف.، جباری، ا.، و علیمحمدی، س. (۱۳۸۵). رتبه بندی بهینه طرح های فاضلاب با استفاده از مدل های برنامه ریزی چندمعیاره. هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران: تهران.
۱۹. والمحمدی، چ. و نگین، ف.، (۱۳۸۹). ارزیابی عملکرد سازمان با استفاده از تکنیک BSC، نشریه پژوهشگر مدیریت، ۷۰(۱۸): ۷۲-۸۷.

20. Al-Fugara, A., Mabdeh, A. N., Ahmadi, M., Pourghasemi, H. R., Al-Adamat, R., Pradhan, B., & Al-Shabeeb, A. R. (2021). Wildland Fire Susceptibility Mapping Using Support Vector Regression and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System-Based Whale Optimization Algorithm and Simulated Annealing. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(6): 382.

21. An, H., Gan, J., & Cho, S. J. (2015). Assessing climate change impacts on wildfire risk in the United States. *Forests*, 6(9): 3197-3211.

22. Ariapour, A. and Mohammad Shariff, A.R.B. 2014. Rangeland Fire Risk Zonation Using Remote Sensing and Geographical Information System Technologies in Boroujerd Rangelands, Lorestan Province, Iran. *Ecopersia*, 2(4): 805-818.

23. Bengtsson, J., Nilsson, S. G., Franc, A., & Menozzi, P. (2000). Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. *Forest ecology and management*, 132(1): 39-50.

24. Castillo, E., Fernández, A., Fuentes Robles, R., & Ojeda, C. G. (2021). Data-based wildfire risk model for Mediterranean ecosystems—case study of the Concepción metropolitan area in central Chile. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(12): 3663-3678.

25. Enoh, M. A., Okeke, U. C., & Narinua, N. Y. (2021). Identification and modelling of forest fire severity and risk zones in the Cross-Niger transition forest with remotely sensed satellite data. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2021.09.002>

26. Figueira, J., S., Greco, M., Ehrgott., 2005. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the art surveys, Springer Book, 22:1-5.

27. Foody G, M., 2020. Explaining the unsuitability of the kappa coefficient in the assessment and comparison of the accuracy of thematic maps obtained by image classification. *Remote Sensing of Environment*. 239: 1-11.

28. Gai, C., Weng, W., & Yuan, H. (2011). GIS-based forest fire risk assessment and mapping. In 2011 Fourth International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization (pp. 1240–1244). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CSO.2011.140>

29. Gandhi, K. J., Spence, J. R., Langor, D. W., & Morgantini, L. E. (2001). Fire residuals as habitat reserves for epigeic beetles (Coleoptera: Carabidae and Staphylinidae). *Biological Conservation*, 102(2): 131-141.

30. Govindan, K., Jepsen, M.B. 2016. ELECTRE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*. 25(1): 1-29.

31. Healey, S. P., Urbanski, S. P., Patterson, P. L., & Garrard, C. (2014). A framework for simulating map error in ecosystem models. *Remote sensing of environment*, 150: 207-217.

32. Hong, H., Tsangaratos, P., Ilija, I., Liu, J., Zhu, A. X., & Xu, C. (2018). Applying genetic algorithms to set the optimal combination of forest fire related

variables and model forest fire susceptibility based on data mining models. The case of Dayu County, China. *Science of the total environment*, 630: 1044-1056.

33. Jaiswal, R. K., Mukherjee, S., Raju, K. D., & Saxena, R. (2002). Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 4(1): 1-10.

34. Pandey, K., & Ghosh, S. K. (2018). Modelling of Parameters for Forest Fire Risk Zone Mapping. *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII, 5: 299-304.

35. Parajuli, A., Gautam, A. P., Sharma, S. P., Bhujel, K. B., Sharma, G., Thapa, P. B., ... & Poudel, S. (2020). Forest fire risk mapping using GIS and remote sensing in two major landscapes of Nepal. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1): 2569-2586.

36. Peprah, M. S., Kumi-Boateng, B., & Larbi, E. K. (2021). Prioritization of forest fire hazard risk simulation using Hybrid Grey Relativity Analysis (HGRA) and Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) coupled with multicriteria decision analysis (MCDA) techniques—a comparative study analysis. *Geodesy and Cartography*, 47(3): 147-161.

37. Sevkli, M., 2010. [An application of the fuzzy ELECTRE method for supplier selection](#), 48(12): 3393-3405.

38. Sorensen, R.; Zinko, U. and Seibert, J. 2006. On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. *Journal of Hydrology and Earth System Sciences*, 10 (1): 101-112.

39. Vasilakos, C., Kalabokidis, K., Hatzopoulos, J., & Matsinos, I. (2009). Identifying wildland fire ignition factors through sensitivity analysis of a neural network. *Natural hazards*, 50(1): 125-143.

40. Wang, K., Li, L. & Singh, S.N. (2010). A fuzzy comprehensive evaluation and entropy weight decision-making based method for power network structure assessment. *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 2(5):92-99.

41. Wang, T.C. & Lee, H.D. (2009). "Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights", *Journal of Expert Systems with Applications*, 36(3):8980–8985.

42. Wu, J., Sun, J., Liang, L. & Zha, Y. (2011). "Determination of weights for ultimate cross efficiency using Shannon entropy", *Journal of Expert Systems with Applications*, 38: 5162–5165.

43. Wu, J.Z. & Zhang, Q. (2011). "Multicriteria decision making method based on intuitionistic fuzzy weighted entropy", *Journal of Expert Systems with Applications*, 38(4): 916–922.

44. Yang, X., Jin, X., & Zhou, Y. (2021). Wildfire Risk Assessment and Zoning by Integrating Maxent and GIS in Hunan Province, China. *Forests*, 12(10): 1299.

45. Zhang, H., Gu, C.L., Gu, L.W. & Zhang, Y. (2010). "The evaluation of tourism destination competitiveness by TOPSIS & information entropy – A case in the Yangtze River Delta of China", *Journal of Tourism Management*, 32(2): 443-451.

46. Zhao, X., Qi, Q. & Li, R. (2010). "The establishment and application of fuzzy comprehensive model with weight based on entropy technology for air quality assessment", *Symposium on Security Detection and Information Processing*, 7(1):217–222.

47. Zhi-hong, Z, Y. Yi, S. Jing-nan. (2006). "Entropy method for determination of weight of evaluating in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment", *Journal of environmental science*, Vol. 18 No. 5:1020-1023.

## Determining fire-prone areas in watershed basin of Shourdareh, Golestan province, based on the ELECTRE III method

Amirreza Mesbah<sup>۱</sup>, Seyedeh Khadijeh Mahdavi<sup>۲\*</sup>, Mahshid Souri<sup>۳</sup>, Mouhammadreza Javadi<sup>۴</sup>

### Abstract

Decision makers in fire management and planning are faced with a large number of options and criteria. In order to efficiently manage and make correct decisions in the field of fire occurrence, various criteria including technical, economic, social and environmental criteria should be considered together. Management operations to prevent and control the occurrence of fires in forests and rangelands are effective when fire-prone areas are identified and corrective and management measures are focused on these areas. Therefore, the current research was carried out with the aim of identifying fire-prone areas in order to properly management and plan these areas and with the help of the ELECTRE III multilevel decision-making method in the Abkhiz area of Shordera, Golestan province. In this research, various environmental and social criteria were used to determine areas prone to fire in Shurdara region of Golestan province, and then a map related to each factor was prepared to determine high risk areas of fire. Shannon's entropy method was used to weight the criteria in this research. Then, according to the weight and value of each criterion for each sub-area, the data related to the sub-areas were analyzed using the Electr III technique. In this way, the implementation of the Electr method included: making a decision matrix, weighting the criteria, making a normal matrix, distillation process (determining favorable and unfavorable criteria), calculating the indicators of harmony and inconsistency, and finally ranking the options completely. According to the results of the research, sub-areas 3 and 8 are areas with high potential for fire. Also, the results of the current research showed that sub-areas 1 and 2 were classified and identified as sub-areas with low potential for fire. To evaluate the final map, the map of fire-prone areas resulting from the method used in this research was compared with the map of fire areas prepared by the General Department of Natural Resources of Golestan province. The result showed that based on the kappa coefficient obtained which is equal to 0.82, the map has good and acceptable accuracy. Therefore, the proposed method is proposed as a reliable screening method to identify areas at risk of fire, which can help the authorities to guide preventive measures.

**Key words:** Fire, Extra-level techniques, ELECTRE III, Shurdara, Golestan province.

---

<sup>1</sup> PhD Graduated, Dept. Natural Resource, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran,

<sup>2</sup> Assistant Prof., Dept. Natural Resource, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran.\*

Corresponding author: kh\_mahdavi@yahoo.com

<sup>3</sup> Assistant Prof., Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

<sup>4</sup> Assistant Prof., Dept. Natural Resource, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran,