کاربرد روش‌های مبتنی بر ارزیابی چند معیاره فازی (Fuzzy MCE) جهت توسعه کاربری‌های کشاورزی و مرتع‌داری درحوزه آبخیز سد قشلاق

فضل الله احمدی میرقائد[1*]
بابک سوری[2]
مهتاب پیر باوقار[3]

۱. دانشگاه کردستان، دانشکده منابع طبیعی، دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، سنندج، ایران
۲. دانشگاه کردستان، دانشکده منابع طبیعی، استادیار گروه محیط زیست، سنندج، ایران
۳. دانشگاه کردستان، دانشکده منابع طبیعی، استادیار گروه جنگلداری، سنندج، ایران

[*]نویسنده مسئول مکاتبات
f.ahmadi.m@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۱۹

چکیده

استفاده از روش‌های مناسب برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در ارزیابی سرزمین جهت بهینه سازی فعالیت‌های انسان اهمیت ویژه‌ای دارد. این پژوهش با هدف استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاری فازی در ارزیابی تناسب اراضی برای توسعه کاربری‌های کشاورزی و مرتع‌داری در پارسل A حوزه آبخیز سد قشلاق واقع در استان کردستان (در سال ۱۳۹۰) به منظور ارزش‌گذاری معیارها و تعیین کاربری اراضی انجام پذیرفته است. پس از آماده‌سازی اطلاعات زیست‌محیطی آبخیز مطالعاتی و ارزش‌گذاری معیارهای مؤثر در ارزیابی تناسب اراضی برای توسعه کاربری‌های فاریاب، دیم‌کاری و مرتع‌داری بر اساس توابع فازی، با استفاده از روش وزندهی جمعی فازی (FSAW) تجزیه و تحلیل و تلفیق نقشه‌ها جهت تهیه نقشه ارزیابی توان اراضی برای توسعه کاربری‌های مذکور و طبقه‌بندی آن‌ها انجام پذیرفت. سپس با تلفیق نقشه‌های بدست آمده اولویت‌بندی کاربری‌ها بر اساس روش کمی تعیین اولویت صورت گرفت. نتایج نشان داد که با کاربرد منطق فازی در ارزیابی سرزمین ارزش‌گذاری معیارهای تصمیم‌گیری و پهنه‌بندی سرزمین از دیدگاه اکولوژیک می‌تواند با سهولت و دقت بیشتری انجام پذیرد. علاوه بر این معلوم گردید که برای توسعه کاربری‌های فاریاب، دیم‌کاری و مرتع‌داری به ترتیب ۳/۱، ۱۴/۸ و ۲۸/۵ درصد از کل مساحت آبخیز اختصاص می‌یابد و بقیه قسمت‌های منطقه (۵۳/۶ درصد) برای توسعه کاربری‌های مذکور نامناسب می‌باشند.

واژگان کلیدی: ارزیابی تناسب اراضی، تئوری فازی، وزندهی جمعی فازی، GIS.

مقدمه

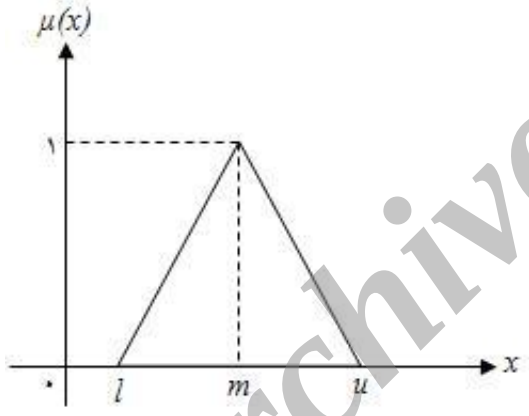
کاهش مشکلات زیست‌محیطی موجود در جهان و تأمین نیازهای نسل کنونی و آینده نیازمند بهره‌برداری مناسب از سرزمین بر اساس قابلیت‌ها و ظرفیت توسعه‌پذیری خاص آن می‌باشد. این عمل نیازمند برنامه‌ریزی اصولی است تا زمینه استفاده از روش‌های تحلیلی انعطاف‌پذیر در امر آمایش سرزمین فراهم آید (مخدوم، ۱۳۸۴). از یک سو حجم زیاد و گستردگی داده‌های مورد استفاده در فرایند ارزیابی سرزمین باعث شده است که مدیران و برنامه‌ریزان در امر تصمیم‌گیری با مشکل روبرو شوند (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۳) و از سوی دیگر عدم قطعیت و ناسازگاری معیارهای زیست‌محیطی در سرزمین بر این مشکلات اثر مضاعفی می‌گذارند لذا بکارگیری روش‌های مطلوب از جمله مدل‌های تصمیم‌گیری فازی و چند معیاری مکانی در فرآیند آمایش سرزمین به افزایش دقت و صحّت تصمیمات اتخاذی از سوی طراحان کمک خواهد کرد (جلالیان و ایوبی، ۱۳۸۵؛ Riveira *et al*., 2008).

مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاری مکانی امکان تحلیل همزمان معیارهای متعارض و ناسازگار، ترکیب داده‌های متعدد، انعطاف‌پذیری و ایجاد راه‌حل‌های قابل قبول در تصمیم‌گیری را فراهم می‌سازند. با توجه به عدم توانایی این روش‌ها در تعیین عدم قطعیت معیارها تلفیق آن‌ها با روش‌های فازی در امر تصمیم‌گیری مطلوب به نظر می‌رسد (Balteiro and Romero, 2008; Shih, 2008; Anada and

Archive of SID
www.SID.ir

Herath, 2008). مجموعه تئوری فازی که تکمیل کننده تئوری کلاسیک (بولین) می‌باشد در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی زاده ارائه گردید. بر اساس این تئوری اعضای یک مجموعه یا یک کلاس می‌توانند دامنه‌ای از کامل (۱) تا ناقص (۰) داشته باشند در حالیکه در تئوری کلاسیک (بولین)، اعضا در یک مجموعه فقط به صورت کامل (۱) یا ناقص (۰) تعریف شده‌اند. در تفکر فازی تعیین مرزی مشخص مشکل و تعلق عناصر مختلف نسبی است لذا چنین تفکری با محیط پیرامونی انسان بسیار سازگار می‌باشد. در دو دهه گذشته تئوری فازی جهت ایجاد سهولت، برآورد عدم قطعیت و رفع ابهام معیارهای زیست‌محیطی در زمینه مدیریت سرزمین مورد توجه قرار گرفته است (Chou *et al*., 2007; Chang *et al*., 2008; Tuzkaya *et al*., 2009; Lotfi *et al*., 2009; Chen and Chen, 2010; Sadiq *et al*., 2010).

با توجه به اینکه انجام محاسبات با اعداد فازی به دلیل ساختار خاص آن‌ها بسیار زمان‌بر و پیچیده می‌باشد لذا برای تسهیل و کاربردی نمودن اعداد فازی، اعداد مخصوصی در محاسبات بکار گرفته می‌شوند. این اعداد خاص به صورت اعداد زنگوله‌ای، مثلثی، ذوزنقه‌ای، L-R ذوزنقه‌ای و L-R مثلثی هستند. یک عدد فازی مثلثی را می‌توان با سه تایی مرتب (l, m, u) نشان داد که u و l حدود بالا و پایین و m مقدار میانه می‌باشد (شکل ۱) و تابع عضویت فازی مربوط به آن نیز مطابق با رابطه ۱ تعریف می‌شود (اصغر پور، ۱۳۸۸؛ جلالیان و ایوبی، ۱۳۸۶؛ پرهیزگار و غفاری گیلانده، ۱۳۸۵).



شکل ۱: تابع مثلثی اعداد فازی.

$$\gamma(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} & l < x < m \\ 1 & x = m \\ \frac{u-x}{u-m} & m < x < u \\ 0 & \text{و در غیر اینصورت} \end{cases}$$

رابطه (۱)

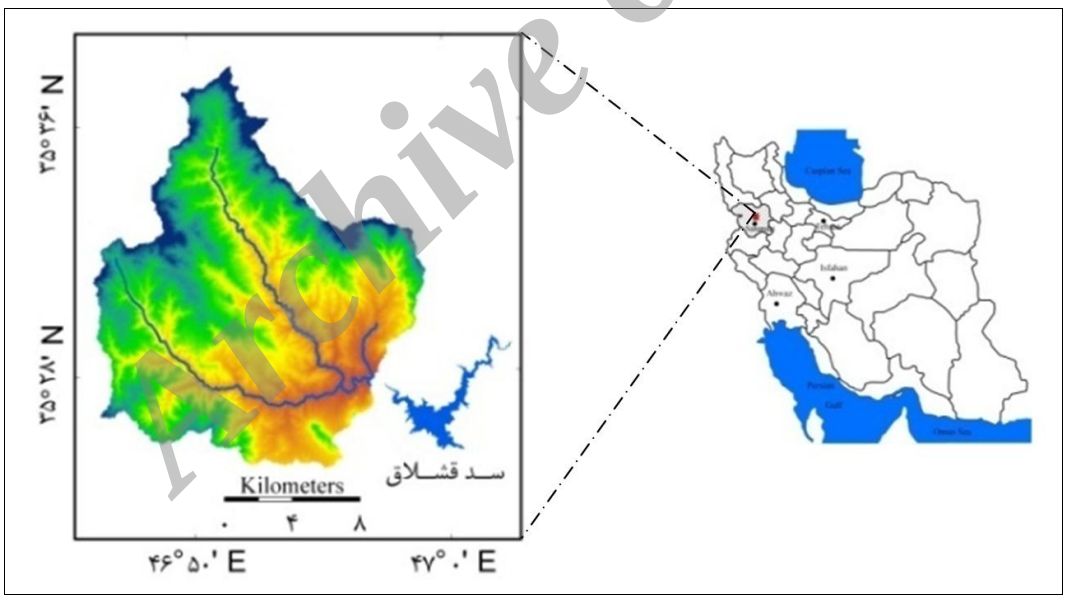
مدل‌های تصمیم‌گیری فازی و چند معیاری در زمینه‌های مختلف مطالعاتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که از آن جمله می‌توان به کاربرد آن‌ها در برآورد میزان آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی (Dixon, 2005)، مدل‌سازی مدیریت جنگل و منابع طبیعی (Mendoza and Martins, 2006)، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش (مرادی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Neaupane and Piantanakulchia, 2006)، مکانیابی دفن زباله (Chang *et al*., 2008)، ارزیابی فواید عملیات احیای جنگل برای کنترل فرسایش (Lina *et al*., 2008)، ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و طرح‌ریزی محیطی (Qin *et al*., 2008)، مدل‌سازی در آمایش سرزمین (Mohaddes *et al*., 2008)، مدل‌سازی توسعه فیزیکی شهر (Lotfi *et al*., 2009)، مدیریت منابع آبی (Chung and Lee, 2009)، ارزیابی زیست‌محیطی برای توسعه کان‌کنی (Si *et al*., 2010)، ارزیابی توان اکولوژیک جنگل (امیری و همکاران، ۱۳۹۰) و پهنه‌بندی حفاظتی مناطق حفاظت شده (قدیمی و همکاران، ۱۳۹۱) اشاره کرد.

Archive of SID
www.SID.ir

نظر به اینکه در سطح پارسل A حوزه آبخیز سد قشلاق کاربری‌های کشاورزی و مرتع‌داری فعالیت‌های عمده ساکنین محلی را تشکیل می‌دهند و انجام اینگونه فعالیت‌ها بصورت غیر منطقی باعث تخریب اکوسیستم‌های آبخیز، افزایش فرسایش خاک، جابه‌جایی رسوبات و ورود آن‌ها به یک اکوسیستم آبی همچون سد قشلاق و افزایش آلودگی آب و خاک در این مکان شده است لذا این مطالعه با هدف استفاده از روش وزندهی جمعی فازی (FSAW) جهت تصمیم‌گیری در فرآیند ارزیابی تناسب اراضی سرزمین به منظور پهنه‌بندی این آبخیز برای توسعه کاربری‌های کشاورزی و مرتع‌داری صورت پذیرفته است. حوزه مذکور از نظر منابع آبی دارای تعداد زیادی چشمه و دو رودخانه دائمی می‌باشد که از شمال و غرب منطقه سرچشمه گرفته و به جنوب شرقی آن ختم می‌شوند. متوسط بارش سالیانه منطقه ۴۶۴/۲ میلی‌متر و بر اساس روش دمارتن اقلیم منطقه در رده نیمه خشک قرار می‌گیرد (احمدی میرقائد، ۱۳۸۹؛ خوشنامود و همکاران، ۱۳۹۰).

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی در این پژوهش پارسل A حوزه آبخیز سد قشلاق می‌باشد که با مساحتی در حدود ۲۷ هزار هکتار در استان کردستان و شمال شرقی شهر سنندج واقع شده است. محدوده مختصات جغرافیایی این حوزه "۱۱ '۴۶ °۴۶ تا "۱۵ '۵۹ °۴۶ طول شرقی و "۵۹ '۲۴ °۳۵ تا "۵۳ '۳۷ °۳۵ عرض شمالی می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی.

در این مطالعه برای تجزیه و تحلیل اطلاعات روش وزندهی جمعی فازی (Fuzzy simple additive weighting) مورد توجه قرار گرفت. وجود دو پیش فرض قوی در مورد روش وزندهی جمعی فازی (FSAW) مشتمل بر خطی بودن مطلوبیت معیارها در سطوح

Archive of SID
www.SID.ir

مختلف تصمیم‌گیری و جمع‌پذیری آن‌ها و همچنین سهولت تعیین اوزان معیارها در این روش نسبت به دیگر روش‌های فازی از جمله دلایل انتخاب آن در این پژوهش می‌باشد. در روش وزندهی جمعی فازی ورودی‌های ماتریس تصمیم‌گیری و اوزان معیارها بر حسب اعداد فازی مثلثی مشخص می‌شوند. همچنین تجزیه و تحلیل اوزان معیارها بر اساس عملیات حسابی فازی انجام می‌پذیرد. در این پژوهش مقیاس ارزشگذاری معیارهای ارزیابی بر اساس متغیرهای زبانی در هفت کلاس و اعداد هفتگانه مثلثی فازی تعریف گردید (جدول ۱). بر اساس ارزش‌های زبانی تعریف شده وزن فازی هر معیار بر اساس اعداد هفتگانه مثلثی فازی مطابق با شکل ۳ تعیین شد که هر عدد فازی شامل سه حد بالا (u)، میانه (m) و پائین (l) می‌باشد. تصمیم‌گیری بر اساس روش وزندهی جمعی فازی در محیط GIS شامل مراحل ذیل می‌باشد:

۱) تعیین مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی و گزینه‌های ممکن در قالب لایه‌های اطلاعاتی.

۲) وزندهی معیارها بر اساس اعداد مثلثی فازی.

۳) تعمیم اوزان طبقات هر معیار به لایه‌های اطلاعاتی مربوطه و تهیه نقشه‌های معیار.

۴) ضرب مؤلفه‌های اوزان فازی هر معیار در نقشه‌های استاندارد معیار.

۵) تلفیق نقشه‌ها و تجمیع ارزش‌های فازی مترتب بر همه معیارها در رابطه با هر مؤلفه از اوزان فازی معیارها.

۶) فازی‌زدائی.

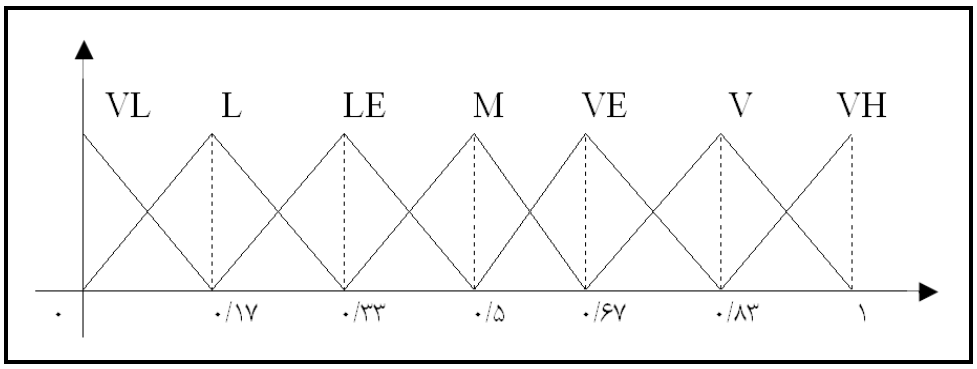
نظر به اینکه تصمیم‌گیری در محیط فازی به علت نسبی بودن ارزش‌های آن مشکل می‌باشد لذا تبدیل ارزش‌های فازی به اعداد قطعی ضروری است. از جمله روش‌های فازی‌زدائی روش رتبه‌بندی اعداد فازی (Best Non-Fuzzy Performance Value) است که مطابق با رابطه ۲ تعریف می‌شود. همچنین استانداردسازی اوزان قطعی بر حسب روش مبتنی بر ارزش حداکثر بر طبق رابطه ۳ صورت می‌پذیرد (اصغر پور، ۱۳۸۸؛ پرهیزگار و غفاری گیلانده، ۱۳۸۵؛ karimi *et al.*, 2011).

جدول ۱: طبقه‌بندی اوزان معیارها و مقیاس فازی مربوط به هر طبقه.

کد	متغیر زبانی	ارزش فازی			کد	متغیر زبانی	ارزش فازی		
		u	m	l			u	m	l
VH	خیلی زیاد	۱	۱	۰/۸۳	LE	نسبتاً کم	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷
H	زیاد	۱	۰/۸۳	۰/۶۷	L	کم	۰/۳۳	۰/۱۷	۰
HE	نسبتاً زیاد	۰/۸۳	۰/۶۷	۰/۵	VL	خیلی کم	۰/۱۷	۰	۰
M	متوسط	۰/۶۷	۰/۵	۰/۳۳	....	.....	.....	.....	.....

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۳: مقیاس هفتگانه توابع مثلثی فازی (Herrera and Martinez, 2000).

$$BNP = \frac{l + m + u}{3} \qquad (۲)$$

$$X' = \frac{X_i}{X_{max}} \qquad (۳)$$

l = *حد پائین*

m = *حد میانه*

u = *حد بالا*

X' = *ارزش استاندارد شده برای هر گزینه*

X_i = *ارزش خام هر گزینه*

X_{max} = *ارزش حداکثر در بین کلیه گزینه‌ها*

پس از انتخاب منطقه مطالعاتی معیارهای مؤثر در ارزیابی توان اراضی سرزمین برای توسعه کاربری‌های کشاورزی فاریاب، دیم‌کاری و مرتع‌داری مطابق با نظرات کارشناسان و منابع کتابخانه‌ای در ۱۴ گروه شامل خصوصیات شکل زمین (Lf)، خاکشناسی (So)، زمین شناسی (Ge)، هیدرولوژی (Hy)، اقلیم و آب‌وهوا (Cl)، فرسایش خاک (Es)، پوشش گیاهی (Lc)، خصوصیات اراضی (Lu)، منابع انرژی (Er)، منابع سودرسانی (Br)، زیرساخت‌ها (Is)، جمعیت (Po)، میزان اشتغال (En) و آگاهی (Kn) طبقه‌بندی و تنظیم گردیدند. سپس طی عملیات میدانی و با استفاده از اطلاعات قبلی (طرح جامع – تفصیلی آبخیزداری پارسل A حوزه آبخیز سد قشلاق) داده‌های مورد نظر تهیه و در محیط GIS (نرم افزارArc GIS 9.3) در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ نقشه‌سازی شدند. پس از آن وزندهی معیارها با استفاده از مقیاس هفتگانه اعداد مثلثی فازی صورت پذیرفت. جهت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی بر اساس روش FSAW ابتدا با ارزش‌گذاری کلیه طبقات لایه‌های اطلاعاتی بر اساس اوزان فازی بدست آمده نقشه‌های معیار تهیه و سپس اوزان فازی هر معیار در نقشه متناظر با آن ضرب گردید. در مرحله بعد با استفاده از روش همپوشی نقشه‌های معیار با همدیگر تلفیق و ارزش‌های فازی مترتب بر همه معیارها در رابطه با هر مؤلفه مربوط به اعداد مثلثی فازی با همدیگر تجمیع و بر اساس روش رتبه‌بندی اعداد فازی (BNP) ارزش‌های فازی نهائی به اعداد قطعی تبدیل گردیدند. در نهایت با توجه به روش مبتنی بر ارزش حداکثر (رابطه ۳) استانداردسازی ارزش‌های قطعی صورت پذیرفت که بر اساس نتایج آن مقدار ارزش‌های نهایی استاندارد شده پهنه‌ها بین ۰ و ۱ قرار می‌گیرند. با طبقه‌بندی یگان‌های نهایی بر اساس اوزان استاندارد شده در چهارکلاس تناسب زیاد، متوسط، کم و نامناسب نقشه ارزیابی توان اراضی آبخیز برای هر یک از کاربری‌های مورد نظر بدست آمد. ضمن استانداردسازی ارزش‌های نهایی لایه‌های توان اراضی بر اساس رابطه ۳ عدم هم مقیاس بودن آن‌ها جهت تلفیق و اولویت‌بندی

Archive of SID
www.SID.ir

کاربری‌ها نیز کاهش می‌یابد. اولویت‌بندی کاربری‌ها بر مبنای روش کمّی تعیین اولویت (مخدوم، ۱۳۸۴) صورت پذیرفت. بدین منظور برای تعیین بهترین گزینه در یک یگان زیست‌محیطی از لحاظ سیاسی و تکنیکی و همچنین دستیابی به دو هدف اساسی در راستای تعیین اولویت بین کاربری‌ها شامل تأمین نیازهای منطقی انسان و حفاظت محیط‌زیست چهار سناریو بر حسب اطلاعات اکولوژیکی و اقتصادی اجتماعی آبخیز مطابق با جدول ۲ تنظیم گردید. در هر سناریو به گزینه موجود در جایگاه اول ارزش ۱۰ اختصاص می‌یابد و در ازای نقصان موقعیت جایگاه آن گزینه در سناریو از ارزش وزنی آن یک امتیاز کسر می‌گردد. همچنین به ازای نقصان طبقه توان هر کاربری یک امتیاز دیگر نیز از ارزش اختصاص یافته به آن کاسته می‌شود. پس از جمع‌بندی امتیازات رده‌بندی گزینه‌های پیشنهادی برای هر یگان صورت گرفت. روند کلی انجام تحقیق در شکل ۴ نشان داده شده است (نگارندگان، ۱۳۹۰).

جدول ۲: تنظیم سناریوها بر حسب اطلاعات اکولوژیکی و اقتصادی اجتماعی آبخیز.

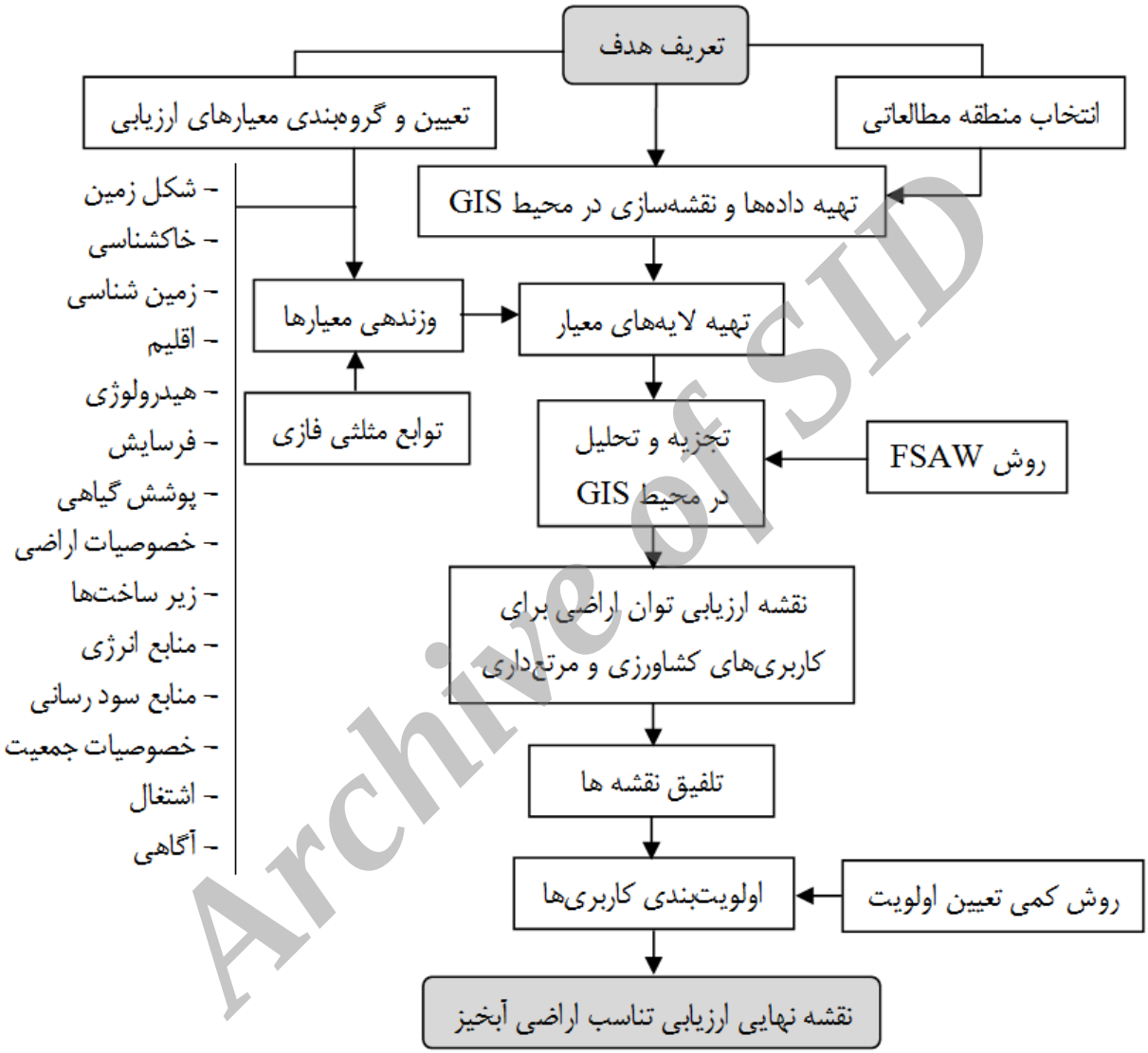
سناریو	ویژگی‌های آبخیز	اولویت‌بندی گزینه‌ها
اول	وسعت کاربری‌های فعلی	فاریاب < دیم‌کاری < مرتع‌داری
دوم	نیازهای اقتصادی	مرتع‌داری < دیم‌کاری < فاریاب
سوم	نیازهای اجتماعی	مرتع‌داری < فاریاب < دیم‌کاری
چهارم	نیازهای اکولوژیک	فاریاب < دیم‌کاری < مرتع‌داری

نتایج

پس از وزندهی معیارهای تعیین شده در ارزیابی توان سرزمین برای کاربری‌های کشاورزی فاریاب، دیم‌کاری و مرتع‌داری بر اساس اعداد مثلثی فازی نتایج آن‌ها مطابق با جدول ۳ بدست آمد. با تجزیه و تحلیل اوزان معیارها و همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی نقشه‌های ارزیابی توان سرزمین برای توسعه کاربری‌های مذکور با استفاده از روش وزندهی جمعی ساده فازی (FSAW) تهیه گردید (شکل ۵) و با طبقه‌بندی آن‌ها در چهار کلاس توان زیاد (۱)، متوسط (۲)، کم (۳) و نامناسب (۴) مشخص گردید که مساحت اندکی از منطقه برای توسعه کاربری‌های مورد نظر دارای توان مطلوب می‌باشد و قسمت اعظم پهنه‌های آبخیز در این زمینه توان نامطلوب از خود نشان داده‌اند. مساحت طبقات توان اراضی آبخیز برای کاربری‌های مذکور در جدول ۴ مشخص شده است. با همپوشانی نقشه‌های طبقه‌بندی شده و اولویت‌بندی کاربری‌ها بر اساس روش کمی تعیین اولویت، نقشه نهایی ارزیابی تناسب اراضی آبخیز برای توسعه کاربری‌های مذکور بدست آمد (شکل ۶) که مطابق با آن معلوم گردید توسعه کاربری‌های کشاورزی فاریاب، دیم‌کاری و مرتع‌داری به ترتیب در ۳/۱، ۱۴/۸ و ۲۸/۵ درصد از کل مساحت منطقه امکان‌پذیر است و پهنه‌های دیگر منطقه (۵۳/۶ درصد) برای توسعه چنین کاربری‌هایی نامناسب می‌باشند که باید مورد حفاظت و مدیریت مناسب واقع گردند. مساحت اختصاص یافته به هر یک از کاربری‌ها برای توسعه در کل سطح آبخیز در جدول ۵ مشخص شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٤: روند انجام پژوهش.

Archive of SID

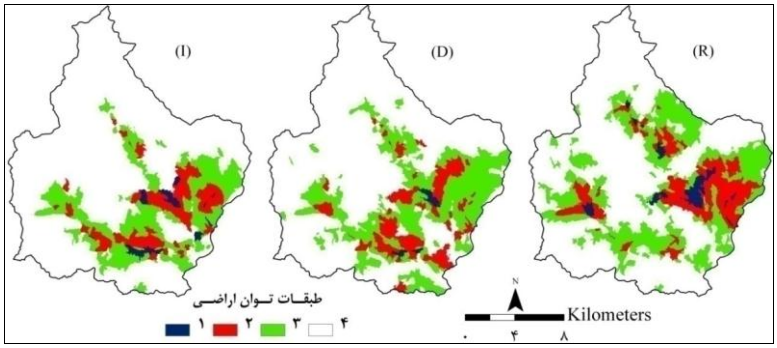
www.SID.ir

جدول ۳: اوزان بدست آمده برای معیارهای تصمیم‌گیری بر اساس اعداد مثلثی فازی.

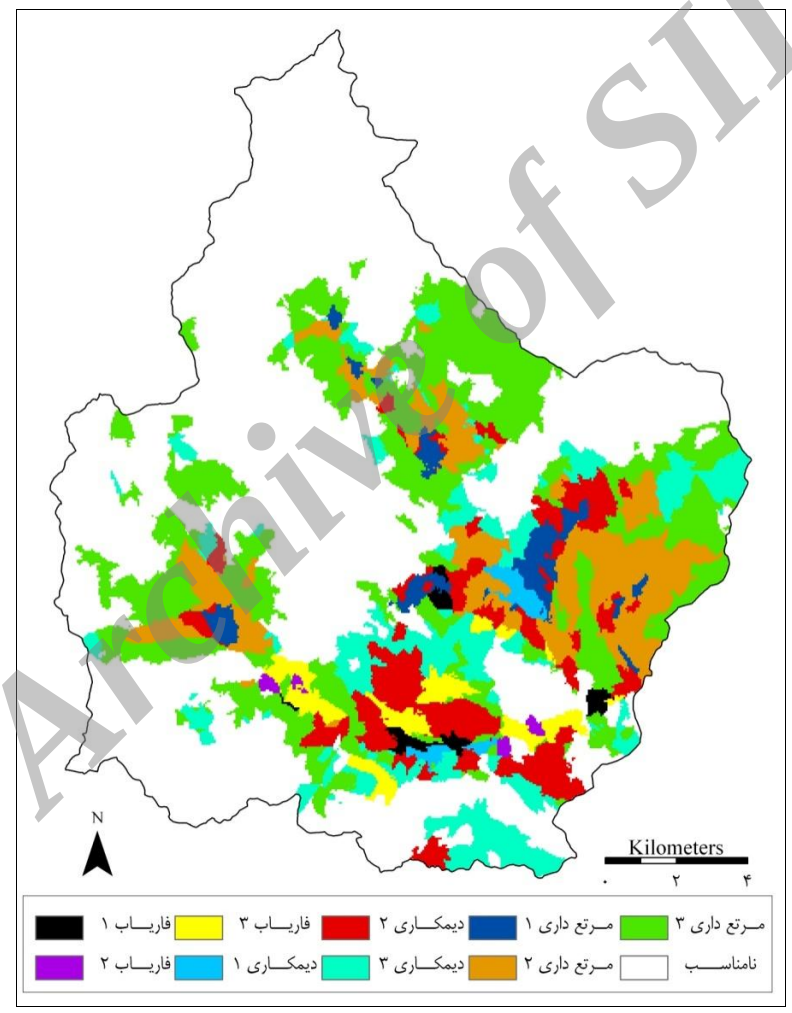
کد ویژگی	معیار	فاریاب			دیم‌کاری			مرتع‌داری		
		u	m	l	u	m	l	u	m	l
Lf	ارتفاع	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۳۳	۰/۱۷	۰	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷
	شیب	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳
	جهت شیب	۰/۳۳	۰/۱۷	۰	۰/۶۷	۰/۵	۰/۳۳	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷
So	بافت خاک	۰/۸۳	۰/۶۷	۰/۵	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳
	عمق خاک	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳	۰/۶۷	۰/۵	۰/۳۳
	رطوبت خاک	۰/۳۳	۰/۱۷	۰	۰/۶۷	۰/۵	۰/۳۳	۰/۸۳	۰/۶۷	۰/۵
	گروه‌های هیدرولوژیکی خاک	۰/۳۳	۰/۱۷	۰	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۶۷	۰/۵	۰/۳۳
	نوع سنگ بستر	۰/۳۳	۰/۱۷	۰	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷
Ge	حساسیت سنگ‌ها به فرسایش	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۱	۱	۰/۸۳	۱	۰/۸۳	۰/۶۷
	زمین لغزش	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳
Hy	میانگین بارندگی سالیانه	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳
	میانگین دمای سالیانه	۰/۳۳	۰/۱۷	۰	۰/۳۳	۰/۱۷	۰	۰/۳۳	۰/۱۷	۰
	نوع اقلیم	۱	۱	۰/۸۳	۰/۶۷	۰/۵	۰/۳۳	۰/۶۷	۰/۵	۰/۳۳
Cl	میزان دبی	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳
	میزان گل آلودگی	۰/۳۳	۰/۱۷	۰	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷
Es	نوع فرسایش	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳
	شدت فرسایش	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۶۷	۰/۵	۰/۳۳
Lc	تیپ گیاهی	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۸۳	۰/۶۷	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰
	تراکم گیاهی	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳
	وضعیت مراتع	۰/۳۳	۰/۱۷	۰	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۶۷	۰/۵	۰/۳۳
	گرایش مراتع	۰/۳۳	۰/۱۷	۰	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۶۷	۰/۵	۰/۳۳
	زاد آوری گونه‌های مرتعی	۰/۳۳	۰/۱۷	۰	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷
Lu	کاربری فعلی اراضی	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳
	تیپ اراضی	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۶۷	۰/۵	۰/۳۳
Er	حریم راه‌ها	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳
	حریم اماکن مسکونی	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۶۷	۰/۵	۰/۳۳
Br	حریم منابع آبی	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳
	دسترسی به امکانات رفاهی	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۱	۱	۰/۸۳	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷
Is	میزان درآمد	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳
	پراکندگی دام	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷
Po	تراکم جمعیت انسانی	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷
	گروه سنی ۱۵ تا ۶۵ سال	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳
En	تعداد شاغلین	۰/۶۷	۰/۵	۰/۳۳	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷
	نرخ بیکاری	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳
Kn	میزان باسوادی	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳	۱	۱	۰/۸۳
	میزان بیسوادی	۰/۳۳	۰/۱۷	۰	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۵	۰/۳۳	۰/۱۷

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵: نقشه ارزیابی توان اراضی منطقه مطالعاتی برای کاربری‌های کشاورزی فاریاب (I)، دیم‌کاری (D) و مرتع‌داری (R).



شکل ٦: نقشه نهایی ارزیابی تناسب اراضی منطقه مطالعاتی برای توسعه کاربری‌های کشاورزی فاریاب، دیم‌کاری، مرتع‌داری.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ٤: مساحت اختصاص یافته به طبقات توان اراضی برای هر کاربری از کل سطح آبخیز.

طبقات توان اراضی	فاریاب		دیم‌کاری		مرتع‌داری	
	ha	%	ha	%	ha	%
۱	۴۱۱	۱/۵	۱۷۳	۰/۶	۶۰۳	۲/۲
۲	۲۱۸۳	۸/۱	۲۳۰۱	۸/۵	۲۹۵۷	۱۱
۳	۴۸۹۴	۱۸/۲	۶۴۳۷	۲۴	۶۹۰۸	۲۵/۶
۴	۱۹۴۶۸	۷۲/۲	۱۸۰۴۵	۶۶/۹	۱۶۴۸۸	۶۱/۲
مجموع	۲۶۹۵۶	۱۰۰	۲۶۹۵۶	۱۰۰	۲۶۹۵۶	۱۰۰

جدول ٥: مساحت اختصاص یافته به هر یک از کاربری‌ها برای توسعه در سطح آبخیز.

طبقات توان اراضی	فاریاب		دیم‌کاری		مرتع‌داری		اراضی نامناسب	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
۱	۱۶۳	۰/۶	۱۷۳	۰/۶	۵۰۶	۱/۹	۱۴۴۳۷	۵۳/۶
۲	۷۲	۰/۳	۱۶۹۶	۶/۳	۲۱۳۶	۷/۹		
۳	۵۹۲	۲/۲	۲۱۴۳	۷/۹	۵۰۳۸	۱۸/۷		
مجموع	۸۲۷	۳/۱	۴۰۱۲	۱۴/۸	۷۶۸۰	۲۸/۵		

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نقشه‌های بدست آمده از ارزیابی توان اراضی منطقه مطالعاتی برای توسعه کاربری‌های فاریاب، دیم‌کاری و مرتع‌داری (شکل ۵) مشخص گردید که بخش‌های شمالی، شمال شرق، مرکزی و حواشی جنوبی آبخیز برای توسعه کاربری‌های مذکور دارای توان نامناسب هستند که بیانگر وضعیت نامطلوب محیطزیست این پهنه‌ها می‌باشد. از جمله عواملی که این وضعیت را در این مناطق رقم زده‌اند می‌توان به وجود ارتفاعات بلند، شیب‌های تند، سطحی بودن خاک‌ها، برونزدهای سنگی، تراکم زیاد جوامع انسانی و وجود دام‌های متعدد در منطقه اشاره کرد. لذا توجه بیشتر به جنبه‌های حفاظتی این مناطق بویژه پهنه‌های شمالی و جنوب حوزه ضروری است. همچنین معلوم گردید که توسعه کاربری‌های فاریاب، دیم‌کاری و مرتع‌داری به ترتیب در ۲۷/۸، ۳۳/۱ و ۳۸/۸ درصد از کل سطح آبخیز امکان‌پذیر است که بخش اعظم این پهنه‌ها نیز در طبقات توان متوسط و کم قرار می‌گیرند و بیشتر در مناطق شرقی و حواشی دو رودخانه اصلی حوزه واقع شده‌اند. بدلیل اینکه وضعیت زیست‌محیطی اراضی این مناطق از جنبه‌های فیزیکی سرزمین همانند شیب، شرایط خاک و هیدرولوژی در سطح نسبتاً مطلوبی قرار دارد لذا جهت توسعه کاربری‌های مورد نظر دارای پتانسیل مناسبی می‌باشند. مطابق با نقشه نهایی ارزیابی تناسب اراضی آبخیز (شکل ۶) نیز معلوم گردید که برای توسعه کاربری‌های کشاورزی فاریاب، دیم‌کاری و مرتع‌داری به ترتیب ۳/۱، ۱۴/۸ و ۲۸/۵ درصد از کل سطح آبخیز اختصاص می‌یابد. بقیه مساحت منطقه (حدود ۵۳/۶ درصد) با توجه به شرایط زیست‌محیطی حاکم بر آن‌ها باید تحت حفاظت قرار گیرد. بر این اساس با توجه به پتانسیل اکولوژیک و شرایط اقتصادی اجتماعی حاکم بر منطقه توسعه کاربری‌های مکانیزه از جمله توسعه کشاورزی فاریاب با محدودیت‌های شدید روبرو می‌باشد لذا در اجرای چنین توسعه‌هایی در سطح آبخیز باید تمهیدات لازم در جهت جلوگیری از تخریب محیطزیست مدنظر قرار گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده از توابع فازی برای ارزشگذاری معیارها در این پژوهش نشان داد با توجه به اینکه برخی از فاکتورهای زیست‌محیطی از جمله ویژگی‌های خاک یا معیارهای ناپایدار سرزمین تغییرات تدریجی در محیطزیست دارند و حد و مرز مشخصی نمی‌توان برای آن‌ها تعیین کرد لذا شناخت عدم قطعیت، ابهام و تردید آن‌ها سازگار با منطق و سامانه‌های فازی است. بعبارت دیگر تغییرات این پارامترها در سرزمین با الگوهای تعریف شده در روابط و سیستم‌های فازی همخوانی دارد. مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل این گونه پدیده‌ها بر اساس الگوریتم‌های فازی توصیفات آن‌ها را به واقعیت نزدیک‌تر می‌سازد. از سوی دیگر تعیین اهمیت یک معیار با استفاده منطق فازی برای تصمیم‌گیران و کارشناسان نسبت به منطق بولین آسانتر خواهد بود بدلیل اینکه در منطق فازی قطعیت، عدم ریسک و محدود بودن دامنه انتخاب‌ها موجود در منطق بولین وجود ندارد. بنابراین با بکارگیری مدل‌ها و روابط فازی جهت تصمیم‌گیری در فرآیند ارزیابی اراضی و آمایش سرزمین می‌توان درک و فهم بهتری از مشخصات پارامترهای سرزمین کسب نمود. همچنین با توجه به اینکه مدل‌های تصمیم‌گیری فازی و چند معیاری پتانسیل لازم را در جهت تلفیق با سامانه اطلاعات جغرافیایی دارا هستند لذا با بکارگیری آن‌ها طبقه‌بندی سرزمین در دامنه‌ای از کلاس‌های تناسب اراضی ممکن می‌باشد و طی این روش‌ها پهنه‌بندی سرزمین از دیدگاه اکولوژیک مناسب‌تر است. در تحقیقاتی که امیری و همکاران (۱۳۹۰)، اعمی ازغدی و همکاران (۱۳۹۰)، کوچ و نجفی (۱۳۹۱)، Karimi و همکاران (۲۰۱۱) و Lotfi و همکاران (۲۰۰۹) انجام داده‌اند نیز به فواید مثبت استفاده از مدل‌های فازی و چند معیاری در ارتباط با ارزشگذاری معیارها و تصمیم‌گیری اشاره شده است.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله، مراتب تقدیر و تشکر خود را از مسئولین و کارشناسان ادارات منابع طبیعی و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان سنندج بخاطر مساعدت در امر تهیه و جمع‌آوری اطلاعات زیست‌محیطی منطقه مطالعاتی بعمل می‌آورند.

منابع

احمدی میرقائد، ف.، ۱۳۸۹. مقایسه ارزیابی توان زیست‌محیطی پارسل A حوزه آبخیز سد قشلاق با استفاده از روش‌های فازی و چند معیاری مکانی، پایان نامه کارشناسی ارشد محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان.

اصغرپور، م.ج.، ۱۳۸۷. تصمیم گیری‌های چند معیاره، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۹۹ ص.

اعمی ازغدی، ع.، خراسانی، ر.، مکرم، م. و معزی، ع.، ۱۳۸۹. ارزیابی حاصلخیزی خاک بر اساس فاکتورهای فسفر، پتاسیم و مواد آلی برای گندم با استفاده از تکنیک فازی – AHP و GIS، نشریه آب و خاک، جلد ۲۴ ، شماره ۵، صفحات ۹۸۴-۹۷۳.

امیری، م.، سلمان ماهینی، ع.، جلالی، س. غ.، حسینی، س. م. و آذری دهکردی، ف.، ۱۳۸۸. مقایسه روش سیستمی ادغام نقشه‌ها و ترکیب منطق بولین -فازی در ارزیابی توان اکولوژیک جنگل‌های حوضه‌های آبخیز ۳۳ و ۳۴ شمال ایران. مجله علوم محیطی، سال هفتم، شماره دوم، صفحات ۱۲۴- ۱۰۹.

پرهیزگار، ا. و غفاری گیلانده، ع.، ۱۳۸۵. سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری، چاپ اول، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت)، ۵۹۷ ص.

جلالیان، ا. و ایوبی، ش.، ۱۳۸۵، ارزیابی اراضی (کاربری کشاورزی و منابع طبیعی)، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، ۳۹۸ صص.

خوشناموند، م.، کبودوندپور، ش.، غیاثی، ف. و بهرام نژاد، ب.، ۱۳۸۹. مقایسهٔ تجمع زیستی جیوه کل در بافت عضلهٔ دو گونه ماهی کپور معمولی و کپور نقره ای سد قشلاق سنندج، مجله محیط شناسی، سال سی و ششم، شمارهٔ ۵۶ ، صفحات ۵۴-۴۷.

قدیمی، م.، حسینی، س. م.، پورقاسمی، ح. و مرادی، ح.، ۱۳۸۹. مدل‌سازی حفاظتی منطقه حفاظت شده مانشت و قلارنگ با استفاده از منطق فازی. مجله علوم محیطی، سال هشتم، شماره اول، صفحات ۱۰۶- ۸۵.

Archive of SID

www.SID.ir

کوچ، ی. و نجفی، ا.، ۱۳۹۰. ارزیابی توان اکولوژیک گروه‌های جنگلی با به کارگیری تئوری منطق فازی و تحلیل رگرسیون مشخصه‌های خاک»، مجله علوم و فناوری چوب و جنگل، جلد ۱۱، شماره ۱، صفحات ۶۰- ۴۳.

مخدوم، م.، ۱۳۸٤. شالوده آمایش سرزمین، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۸۹ ص.

مخدوم، م.، درویش صفت، ع.ا.، جعفرزاده، ه. و مخدوم، ع.، ۱۳۸۳. ارزیابی و برنامه ریزی محیط زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۴ ص.

مرادی،ح.، پورقاسمی، ح.، محمدی، م. و مهدویفر، م.، ۱۳۸۹. پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از اپراتور فازی گاما. مجله علوم محیطی، سال هفتم، شماره چهارم، صفحات ۱۴۲- ۱۲۹.

Anada, J. and Herath, G., 2008. Multi-attribute Preference Modeling and Regional Land-use Planning. Ecologic Econ, 65: 325-335.

Balteiro, L. D. and Romero, C., 2008. Making forestry decisions with multiple criteria: A review and an assessment. Forest Ecology and Management, 255: 3222–3241.

Chang, N. B., Parvathinathan, G. and Breeden J. B., 2008. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. Journal of Environmental Management, 87 (1): 139-153.

Chen, J. K. and Chen, I. S., 2010. Using a novel conjunctive MCDM approach based on DEMATEL, fuzzy ANP, and TOPSIS as an innovation support system for Taiwanese higher education. Expert Systems with Applications, 37: 1981–1990.

Chou, W. C., Lin, W. T. and Lin, C. Y., 2007. Application of fuzzy theory and PROMETHEE technique to evaluate suitable ecotechnology method: A case study in Shihmen Reservoir Watershed, Taiwan. ecological engineering, 31: 269–280.

Chung, E. S. and Lee, K. S., 2009. Prioritization of water management for sustainability using hydrologic simulation model and multi criteria decision making techniques. Journal of Environmental Management, 90: 1502–1511.

Dixon, B., 2005. Applicability of neuro-fuzzy techniques in predicting ground-water vulnerability: a GIS-based sensitivity analysis. Journal of Hydrology, 309: 17–38.

Herrera, F. and Martinez, L., 2000. An Approach for Combining Linguistic and Numerical Information Based on the 2-Tuple Fuzzy Linguistic Representation Model in Decision Making. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, 8 (5): 539-562.

Karimi, A. R., Mehrdadi, N., Hashemian, S. J., Nabi Bidhendi, G. R. and Tvakkoli-Moghaddam, R., 2011. Selection of wastewater treatment process based on the analytical hierarchy process and fuzzy analytical hierarchy process methods. Int. J. Environ. Sci. Tech., 8 (2), 267-280.

Lina, W. T., Tsaib, J. S., Linc, C. Y. and Huangd, P. H., 2008. Assessing reforestation placement and benefit for erosion control: A case study on the Chi-Jia-Wan Stream, Taiwan. Ecological Modelling, 2II:444–452.

Lotfi, S., Habibi, K. and Koohsari, M. J., 2009. An Analysis of Urban Land Development Using Multi Criteria Decision Model and Geographical Information System (A Case Study of Babolsar City). American journal of environmental sciences, 5(1): 87-93.

Mendoza, G. A. and Martins, H., 2006. Multicriteria Decision Analysis in Natural Resource Management: A Critical Review of Methods and New Modeling Paradigms. For. Ecol. Manage., 230: 1-22.

Mohaddes, S. A., Ghazali, M., Rahim, K. A., Nasir, M. and Kamaid, A. V., 2008. Fuzzy Environmental-Economic Model for Land use Planning. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 3(6): 850-854.

Neaupane, K. M. and Piantanakulchai, M., 2006. Analytic network process model for landslide hazard zonation. Engineering Geology, 85: 281–294.

Qin, X. S., Huang, G. H., Chakma, A., Nie, X. H. and Lin, Q. G., 2008. A MCDM based expert system for climate-change impact assessment and adaptation planning – A case study for the Georgia Basin, Canada. Expert Systems with Applications, 34: 2164–2179.

Riveira, I.S., Magan, M. B., Maseda, C. R. and Barros, D. M., 2008. Algorithm based on simulated annealing for land-use allocation. Computers & Geosciences, 34: 259–268.

Sadiq, R., Rodriguez, M. J. and Tesfamariam, S., 2010. Integrating indicators for performance assessment of small water utilities using ordered weighted averaging (OWA) operators. Expert Systems with Applications, 37: 4881–4891.

Shih, H. S., 2008. Incremental analysis for MCDM with an application to group TOPSIS. European Journal of Operational Research, 186: 720–734.

Si, H., Bi, H., Li, X. and Yang, C., 2010. Environmental evaluation for sustainable development of coal mining in Qijiang, Western China. International Journal of Coal Geology, 81: 163–168.

Archive of SID

www.SID.ir

Tuzkaya, G., Ozgen, A., Ozgen, D. and Tuzkaya, U. R, 2009. Environmental performance evaluation of suppliers: A hybrid fuzzy multi-criteria decision approach. Int. J. Environ. Sci. Tech., 6 (3): 477-490.

Archive of SID

www.SID.ir