پیاده سازی مدل آمایشی کشاورزی با استفاده از سیستم استنتاج فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردی؛ شهرستان مرودشت

دریافت مقاله: ۹۰/۱۱/۱۰ پذیرش نهایی: ۹۱/۴/۲۱
صفحات: ۲۱۸-۱۹۵

مجتبی قدیری معصوم: استاد گروه جغرافیای انسانی دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران
Email:mghadiri@ut.ac.ir
حسین نصیری: دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی روستایی دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران
Email: nasirih@ut.ac.ir
یوسف رفیعی: دانشجوی دکتری برنامه ریزی محیط زیست دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران[۱]
Email: yusefrafii@ut.ac.ir

چکیده

بهره‌برداری بهینه و اصولی از منابع طبیعی سرزمین و ساماندهی کاربری اراضی بر اساس توان طبیعی اکولوژیکی آن، نقش مهمی در مدیریت محیط زیست و جلوگیری از تخریب آن در راستای توسعه پایدار دارد. ارزیابی توان اکولوژیکی به عنوان هسته مطالعات زیست محیطی با پیشگیری از بحران‌های محتمل، بستر مناسبی را برای برنامه‌ریزی زیست محیطی فراهم می‌آورد. از آنجا که تعیین مقدار دقیق توان هر عرصه از سرزمین برای کاربری های مختلف تقریباً غیرعملی است، با بکارگیری منطق فازی به عنوان منطق مدل‌سازی می‌توان بستری را برای مدل‌سازی در شرایط عدم اطمینان فراهم ساخت. از اینرو، در این پژوهش برای پیاده‌سازی بهتر مدل ارزیابی توان اکولوژیکی کشاورزی از روش سیستم استنتاج فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی بهره گرفته شد. نتایج بدست آمده از منطقه مرودشت، نشان می‌دهد که با استفاده از این سیستم می‌توان ارزیابی توان اکولوژیکی سرزمین را نزدیکتر به واقعیت مدلسازی نمود. سیستم های استنتاج فازی از عبارت های زبانی برای ارائه ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌های مشاهده‌ای یک سامانه استفاده می‌نمایند. لذا با توجه به منطق این روش، اعتمادپذیری به این روش نسبت به دیگر روش‌ها بیشتر است. نتایج آنالیز حساسیت پارامترها در روش بکارگرفته، نمایانگر کارایی روش FIS جهت مطالعات آمایش سرزمین بویژه در مطالعات ارزیابی توان اکولوژیکی می‌باشد که

---

[۱]. نویسنده مسئول: تهران- خیابان قدس- دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

عمده‌ترین دلایل آن می‌تواند پیکسل پایه بودن روش در ارزیابی توان اکولوژیکی و در نظر گرفتن بحث عدم قطعیت در داده‌های ورودی (فازی‌سازی داده‌های ورودی) باشد.

کلید واژگان: آمایش سرزمین، ساماندهی کاربری اراضی، توان اکولوژیکی، سیستم استنتاج فازی، سامانه اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

استفاده غیرمنطقی انسان از سرزمین در بسیاری از نقاط دنیا منجر به نابودی پتانسیل های طبیعی و منابع موجود در آن شده است به طوری که جای شکی باقی نمی‌ماند که نائل شدن به توسعه پایدار مستلزم اجرای انواع طرح های توسعه و بهره برداری از منابع طبیعی کشور براساس توان بالقوه منابع و ظرفیت قابل تحمل محیط زیست است (وزارت نیرو، ۱۳۸۹). تعیین توان بالقوه و تخصیص کاربری های متناسب با توان سرزمین، روشی است که می تواند میان توان طبیعی محیط، نیاز جوامع، کاربری ها و فعالیت های انسان در فضا یک رابطه منطقی و سازگاری پایدار به وجود آورد.

ارزیابی توان اکولوژیکی سرزمین، مرحله میانی فرآیند آمایش سرزمین و وقت‌گیرترین و مشکل‌ترین مرحله آمایش سرزمین است (بازینسکی، ۱۹۸۵ ص۶۲). در واقع ارزیابی توان یک استراتژی اساسی برای استفاده از سرزمین تلقی می‌شود چرا که با شناسایی و ارزیابی خصوصیات اکولوژیکی منطقه، توسعه‌ای همگام با طبیعت حاصل می‌شود. لذا آگاهی از استعدادها و تعیین پتانسیل ها می تواند راه گشای تهیه و اجرای طرح های کاربردی و عملی به منظور نیل به اهداف اقتصادی، حمایتی و حفاظتی باشد (امیری، ۱۳۸۸ ص۱۱۱).

سامانه اطلاعات جغرافیایی ابزار مهمی در برنامه ریزی مکانی است (Brail, 2001). سامانه اطلاعات جغرافیایی با داشتن خصوصیاتی مانند قابلیت اخذ و تبادل از منابع مختلف، سازماندهی، دریافت و نمایش به هنگام اطلاعات، تجزیه و تحلیل داده‌های گوناگون و امکان ارائه خدمات چند منظوره، به عنوان ابزاری کارآمد در برنامه‌ریزی‌های زیست محیطی به ویژه ارزیابی‌های چند عامله مطرح است (کرم، ۱۳۸۴ ص۹۵).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

برنامه‌ریزی مکانی شامل فنون تصمیم گیری است که از انواع MCE[1] وMCDA[2] مشتق می شود و ترکیب سامانه اطلاعات جغرافیایی با روش‌های MCDA یک ابزار قوی برای برنامه ریزی مکانی، پدید می آورد (Malczewski, 2006 ; Jankowski, 1955).

عدم قطعیت در تفسیر داده‌های جغرافیایی عمدتاً بدلیل طبقه‌بندی داده‌ها صورت می‌گیرد (Stefanakis et al., 1995). در فرایند طبقه‌بندی مجموعه‌ای از ارزش‌ها در یک گروه قرار می گیرند و به آنها یک امتیاز اختصاص داده می شود (Aronoff, 1989). چنین حقیقتی در مورد مدل‌های آمایشی دکتر مخدوم از جمله مدل آمایشی «کشاورزی و مرتعداری که دارای هفت طبقه است و هر طبقه بر اساس تعدادی از پارامترها تعیین می‌شود که مرز مشخصی دارند، نیز صدق می‌کند.

ترکیب سامانه اطلاعات جغرافیایی با منطق فازی رهیافت نسبتاً جدیدی را برای ارزیابی تناسب اراضی ارائه می‌کند (Badenko, 2004). منطق فازی به عنوان منطق مدل‌سازی ریاضی فرایندهای غیردقیق و مبهم، عدم قطعیت در مورد داده‌ها و عدم دقت مرتبط با آگاهی تصمیم‌گیرنده در اختصاص دادن وزن دقیق به معیارها را در نظر می گیرد و از اینرو بستری را برای مدل‌سازی در شرایط عدم اطمینان فراهم می‌سازد (Baja et al, 2002., Badenko and kurtener, 2004). بعنوان مثال داده‌های مربوط به ارتفاع در مدل مخدوم در ۴ طبقه (۰-۱۰۰، ۱۰۰- ۴۰۰ ، ۴۰۰-۱۰۰۰، و بالای ۱۰۰۰) قرار می گیرند. این نوع از طبقه‌بندی داده‌ها بر اساس منطق کلاسیک منجر به حذف حجم بالایی از اطلاعات شده و عدم قطعیتی ایجاد می-کند که جای بحث را باز می‌کند. حال بایستی توجه کرد که هیچ چیز در طبیعت از قطعیت کامل برخوردار نیست و پدیده ها به صورت تدریجی تغییر می‌کنند.

یکی از مهمترین نکاتی که در برنامه‌ریزی کلان نباید از آن غفلت شود، اهمیت کشاورزی است؛ چرا که اگر قرار است توسعه‌ای انجام گیرد و خود مستمر باشد، باید بطور اخص از بخش کشاورزی آغاز شود (آسایش، ۱۳۸۲، ۳۰؛ قدیری معصوم و فیروز جایی، ۱۳۸۲، ۱۱۶). از اینرو، در این پژوهش، شهرستان مرودشت که دارای شرایط مساعد کشاورزی است مورد ارزیابی و مطالعه قرار گرفته است. کشاورزی در این منطقه همواره براساس تجربه کشاورزان انجام می‌شده و تقریباً استعداد و توان واقعی منطقه تاکنون مورد مطالعه و بررسی جدی قرار نگرفته است. لذا

[1] - Multi Criteria Evaluation
[2] - Multi Criteria Decision Analysis

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

ضرورت تعیین کاربری اراضی براساس توان اکولوژیک را در این منطقه بیش از پیش مطرح می‌نماید.

در این پژوهش برای پیاده سازی بهتر مدل آمایشی«کشاورزی و مرتعداری» دکتر مخدوم در منطقه مرودشت، سعی شده است تا با بکارگیری سیستم استنتاج فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در یک رویکرد تلفیقی، توان اکولوژیک منطقه برای کاربری کشاورزی تعیین شود و از این طریق از بروز مشکلاتی چون تخریب اراضی، تخریب پوشش گیاهی، فرسایش خاک و ... جلوگیری به عمل آید.

به طور کلی اهداف تحقیق در موارد زیر خلاصه می‌شود :

- پیاده سازی روش سیستم استنتاج فازی[1] (FIS) جهت مطالعات آمایش کشاورزی،
- پهنه‌بندی توان اکولوژیک منطقه مورد مطالعه به منظور برنامه‌ریزی راهبردی استفاده از سرزمین برای توسعه طرح های کشاورزی،
- تحلیل حساسیت روش مذکور در امر ارزیابی توان اکولوژیک کشاورزی،
- غنا بخشیدن به مطالعات موجود در زمینه ارزیابی توان اکولوژیکی.

پیشینه تحقیق

مطالعات آمایشی به صورت بسیاری هم در گذشته انجام شده و هم در حال حاضر در حال انجام هستند که البته این مطالعات نیز اکثراً روش‌هایی غیر از منطق فازی (بویژه سیستم استنتاج فازی) دارند و به طور عمده از دیدگاه‌های و مدل‌های پیشنهادی مخدوم استفاده گردیده است که از جمله آنها می توان به مطالعات مخدوم (۱۳۷۸،۱۳۸۳) و جعفری و همکاران (۱۳۸۴)، نجمی زاده و همکاران (۱۳۸۴) و بابایی و همکاران (۱۳۸۵) اشاره نمود.

مینایی (۱۳۸۸)، مدل آمایشی کشاورزی را با استفاده از منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در منطقه فریدون شهر پیاده سازی نمود. در این مطالعه با توجه به اطلاعات شیب، بافت خاک، ساختمان خاک، عمق خاک و ... مناطق مساعد را بر حسب درجه توان آنها برای کشاورزی شناسایی نمود. نتایج حاصل از بکارگیری منطق فازی در مطالعات آمایشی نسبت به سایر مدل‌های استفاده شده در تحقیق حاکی از این بود که منطق فازی نتایج دقیق-تری نسبت به سایر روش‌های متداول ارزیابی توان ارائه می‌دهد.

[1]. Fuzzy Inference System

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

Qiao (۲۰۰۸) در مطالعه‌ی، منطقه‌ی فینگ کوان از توابع شهر زینیانگ چین، مدل مناسبی برای توسعه توریسم در مناطق حومه شهری ارائه داد. در این تحقیق از مدل AHP استفاده شد، که در سطح اول هدف پروژه که شامل ایجاد گسترش گردشگری در منطقه فینگ کوان شهر زینیانگ و در سطح دوم ۴ معیار که شامل اهمیت اکولوژیکی، اهمیت اقتصادی، اهمیت چشم انداز، اهمیت اجتماعی بود. در نهایت به این نتیجه رسیدند که منطقه با مقیاس ۸۹ درصد برای توسعه توریسم مناسب است.

Reshmidevi و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ی خود با بکارگیری سیستم استنتاج فازی در یک رویکرد تلفیقی با GIS به ارزیابی توان کشاورزی حوضه آبخیز بنگال غربی پرداخت. در این تحقیق جهت ارزیابی توان کشاورزی از دو روش ترکیب خطی وزنی و روش ترکیبی یاگر استفاده گردید. در منطقه مورد مطالعه روش ترکیبی یاگر مناسب‌تر از روش ترکیب خطی وزنی نتیجه داد. نتایج حاصل از ادغام سیستم استنتاج فازی با GIS حاکی از توانایی این روش در بررسی مقدار زیادی از اطلاعات و همچنین مفید بودن جهت ارزیابی توان اکولوژیکی کشاورزی است.

مواد و روش‌ها

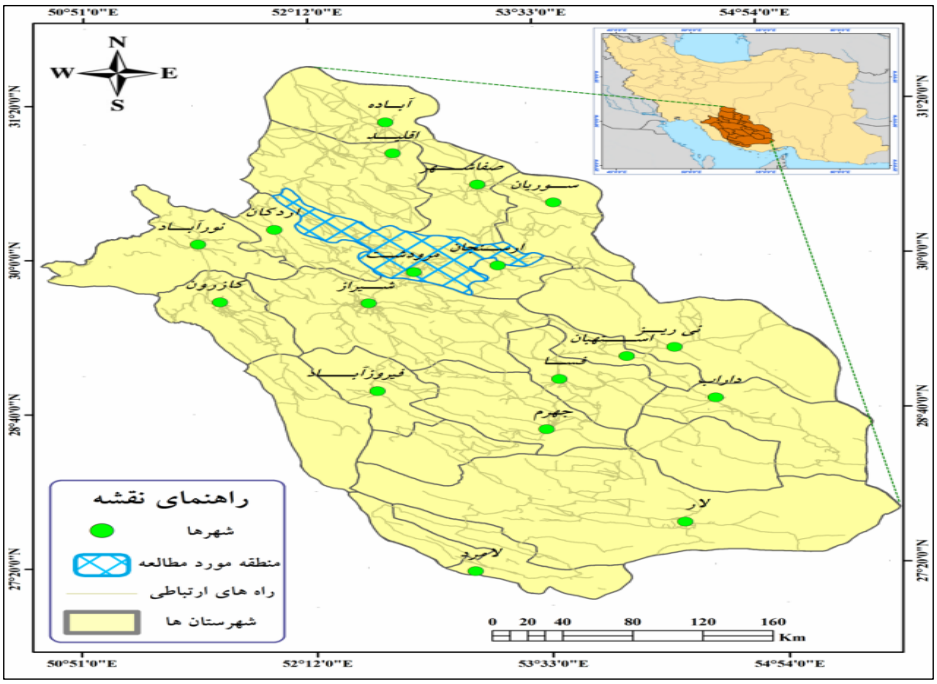
برای ارزیابی و تعیین توان اکولوژیک کشاورزی و مرتعداری تعداد زیادی از متغیرهای محیط زیستی مطرح هستند. مدل اکولوژیکی کاربری‌های کشاورزی و مرتعداری، شامل هفت طبقه می باشد که برای نشان دادن توان و درجه مرغوبیت سرزمین برای کاربری کشاورزی و مرتعداری است.

برای پیاده‌سازی روش مورد نظر، ابتدا شناسایی و مطالعه فاکتورهای اکولوژیکی اعم از عوامل فیزیکی و همچنین عوامل زیستی صورت پذیرفت. برخی از مهمترین معیارهای مؤثر به کار رفته در این تحقیق شامل ارتفاع، شیب، تراکم پوشش گیاهی، بافت خاک، عمق خاک و فرسایش پذیری خاک می باشند که اقدام به رقومی سازی اطلاعات مکانی و توصیفی آنها شد. تهیه نقشه تراکم پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره ای سال ۲۰۱۰ سنجنده TM انجام پذیرفت.

شهرستان مرودشت بین ۵۱ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۳۰ دقیقه طول جغرافیایی شرقی و ۲۹ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۵۹ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی در استان فارس قرار دارد و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۶۲۰ متر است. از نظر تقسیمات سیاسی بین شهرستان‌های ارسنجان، بوانات، شیراز، سپیدان و نیریز واقع شده است. شهر مرودشت،

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

مرکز شهرستان، در ۴۵ کیلومتری شمال شرقی شیراز بر روی دشت وسیع و حاصلخیز مرودشت با مساحت ۴۶۴۹ کیلومتر مربع حدود ۳ درصد مساحت استان فارس را به خود اختصاص داده است(شکل (۱).



شکل(۱) نقشه موقعیت شهرستان مرودشت در استان فارس

روش شناسی

- سیستم استنتاج فازی (FIS)

سیستم استنتاج فازی بر اساس قواعد اگر- آن گاه بنا نهاده شده است، به طوری که با استفاده از قواعد مزبور می‌توان ارتباط بین تعدادی متغیر ورودی و خروجی را به دست آورد. بنابراین از FIS می توان به عنوان یک مدل پیش بینی برای شرایطی که داده‌های ورودی و / یا خروجی دارای عدم قطبیت بالائی باشند استفاده نمود، چرا که در چنین شرایطی روش‌های کلاسیک پیش بینی نظیر رگرسیون نمی توانند به خوبی عدم قطعیت‌های موجود در داده‌ها را

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

در نظر بگیرید (کوره‌پزان دزفولی، ۱۳۸۷ص ۱۱۲). بطور کلی گام های ساختن یک سیستم استنتاج فازی را می توان به صورت زیر بیان نمود:

- تعیین یک سیستم قاعده- بنیاد فازی بر اساس داده‌های مشاهده‌ای
- فازی سازی بخش مقدم و تالی با استفاده از توابع عضویت فازی
- ترکیب قسمت‌های مختلف بخش مقدم هر یک از قواعد و به دنبال آن تعیین شدت و میزان تاثیر قاعده مزبور در خروجی نهایی سیستم
- ترکیب بخش تالی قواعد، جهت به دست آوردن خروجی نهایی سیستم در قالب یک مجموعه فازی
- تبدیل خروجی نهایی سیستم به یک عدد کلاسیک با استفاده از روش های غیر فازی ساز (در صورتی که نیاز باشد خروجی سیستم در قالب یک عدد کلاسیک بیان گردد).

برای توسعه سیستم استنتاج فازی از عملگرهای استلزام فازی و ترکیب روابط فازی استفاده می گردد که در ادامه به چگونگی استفاده از آنها پرداخته می شود (کوره‌پزان دزفولی، ۱۳۸۷ص ۱۱۴).

-عملگرهای استلزام فازی

عملگرهای استلزام، روابطی هستند که برای به دست آوردن رابطه فازی $\tilde{\mathbf{R}}$ بر اساس یک قاعده به صورت "اگر $\tilde{\mathbf{A}}$ آنگاه $\tilde{\mathbf{B}}$" مورد استفاده قرار می‌گیرند. روابط مزبور برای همه مقادیر $x \in X$ و $y \in Y$ صادق می باشد. از این عملگرها برای به دست آوردن مقادیر تابع عضویت رابطه فازی $\tilde{\mathbf{R}}$ که بر روی فضای ضرب دکارتی $X \in Y$ تعریف می شود، استفاده می گردد. در واقع

این عملگرها، تعمیمی از استلزام کلاسیک که به صورت $A \Rightarrow B$ نشان داده می شود، می

باشند. در مجموعه روابط شماره ۱ تعدادی از رایج ترین عملگرهای استلزام فازی ارائه گردیده است.

روابط(۱)

$$\mu_R(x,y) = \min(\mu_A(x), \mu_B(y))$$
$$\mu_R(x,y) = \mu_A(x) \,.\, \mu_B(y)$$

روش‌های فوق، که به ترتیب به روابط استلزام ممدانی و ماکزیمم- ضرب معروف می باشند. در بخش بعد برای ساختن سیستم استنتاج فازی از رابطه استلزام ممدانی استفاده خواهد شد (Ross,T.J,1995).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

-استفاده از ترکیب روابط فازی در ساختن FIS

برای توسعه سیستم استنتاج فازی، از روش‌های ترکیب روابط فازی استفاده می گردد. در واقع ترکیب دو رابطه فازی به صورت $\tilde{B} = \tilde{A} \circ \tilde{R}$ بوده که در آن $\tilde{A}$ و $\tilde{B}$ به ترتیب بخش مقدم (فرض) و تالی (نتیجه) سیستم می‌باشند که بر روی مجموعه های مرجع X و Y تعریف گردیده اند و $\tilde{R}$ یک رابطه فازی می باشد که بوسیله آن ارتباط بین ورودی ها (x) و خروجی ها (y) سیستم مشخص می گردد. رایج‌ترین روش های ترکیب روابط فازی روش های ماکزیمم- مینیمم و ماکزیمم- ضرب می باشند (مجموعه روابط شماره ۲).

مجموعه روابط (۲)

$$\mu_B(y) = \max_{x \in X} \{\min[\mu_A(x), (\mu_R(x,y)]\})$$
$$\mu_B(y) = \max_{x \in X}[\mu_A(x) \cdot \mu_R(x,y)]$$

حال برای بررسی چنین سیستمی برای شرایطی که دارای دو قاعده می باشد، دو حالت کلی می توان در نظر گرفت. در حالت اول ورودی های سیستم به صورت اعداد غیر فازی و در حالت دوم بصورت اعداد فازی در نظر گرفته می شوند. با توجه به اینکه دو روش ماکزیمم- مینیمم و ماکزیمم- ضرب رایج ترین روش های ترکیب روابط فازی به شمار می آیند، از این روش ها در سیستم های ارائه شده استفاده خواهد شد (Kusan et al, 2010; Lopez et al, 2008). در این پژوهش با توجه به قواعد تعریف شده در سیستم قاعده-بنیاد فازی مورد استفاده به تشریح نحوه استفاده از روش استلزام ممدانی برای ورودی های غیر فازی در مطالعات ارزیابی توان کشاورزی پرداخته خواهد شد.

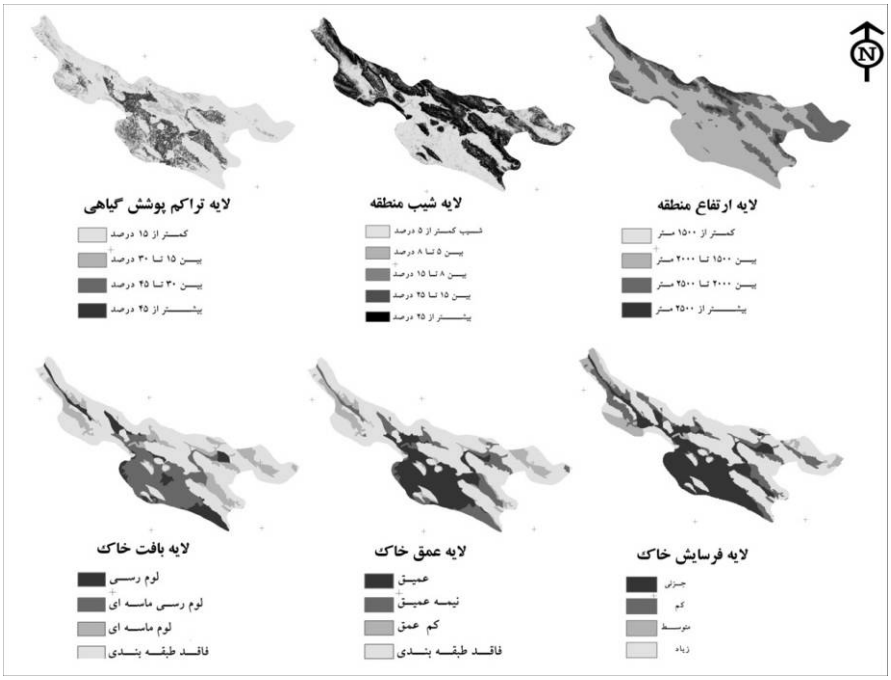
نتایج

-بکارگیری سیستم استنتاج فازی در مطالعات مکانی

به کارگیری منطق فازی در هر فرایند شامل سه مرحله فازی‌سازی، استنتاج فازی و قطعی سازی خروجی‌هاست. با تبدیل متغیرهای حقیقی به متغیرهای زبانی، مرحله فازی‌سازی داده ها انجام می‌گیرد. به عنوان نمونه در فازی‌سازی معیار شیب می‌توان از عبارت های زبانی شیب کاملاً مناسب، مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب استفاده کرد. برای تبدیل متغیرهای حقیقی به متغیرهای زبانی معمولاً از توابع عضویت استفاده می شود. قبل از فازی سازی داده‌ها، بایستی با تغییر دامنه متغیرهای مختلف به دامنه [۱، ۰]، نرمال‌سازی داده ها انجام گیرد. این امر تبدیل داده‌ها را به صورت بدون واحد و استاندارد میسر می‌سازد. در این تحقیق از لایه‌های اطلاعاتی چون ارتفاع، شیب، تراکم پوشش گیاهی، بافت خاک، عمق خاک و فرسایش پذیری

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

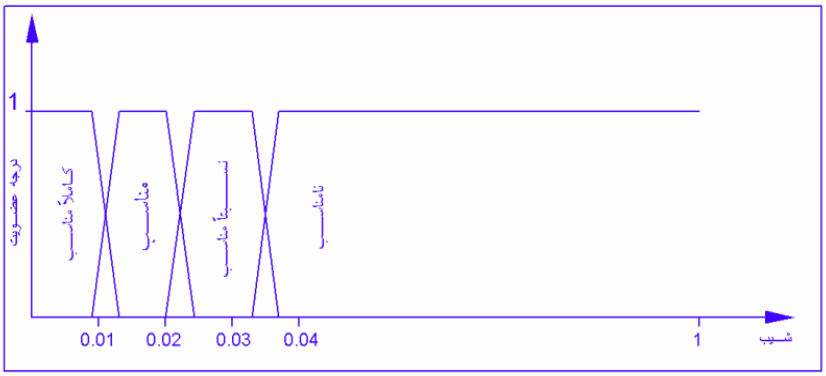
خاک جهت پیاده‌سازی مدل آمایشی کساورزی به کمک روش استنتاج فازی استفاده گردید. شکل ۲ نقشه های هر یک از پارامترهای ورودی را نشان می دهد.



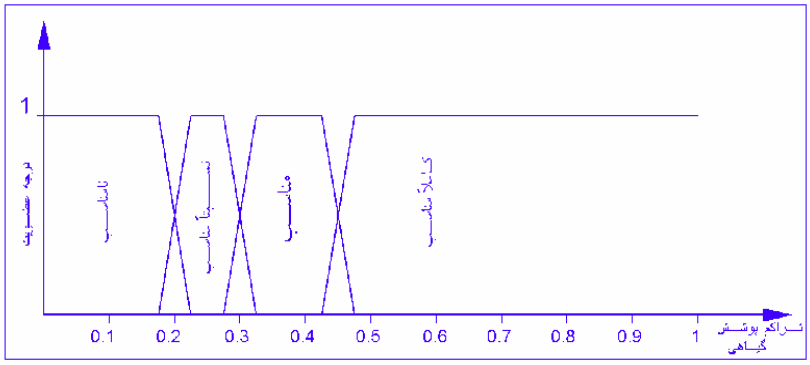
شکل (۲) نقشه های مربوط به هر یک از پارامترهای ورودی

به عنوان نمونه، می توان لایه شیب، تراکم پوشش گیاهی و ارتفاع را که پس از نرمال‌سازی در بازه [۱، ۰] قرار گرفته، مطابق با شکل‌های ۳، ۴ و ۵ با عبارت های زبانی زیر نمایش داد. براساس نمودارهای هر یک از لایه‌های مذکور شامل چهار متغیر زبانی- و به تبع آن، چهار عدد فازی- است. اعداد فازی مورد استفاده بایستی دو ویژگی نرمال بودن و تحدب را داشته باشند (Menhaj, 2008; Yalpir, and Ozkan, 2011). معمولاً در تعریف تابع عضویت از اعداد فازی مثلثی و ذوزنقه ای استفاده می شود که این اعداد را می توان به ترتیب به صورت یک چهار تائی M=(a,b,c,d) و یک سه تائی M=(a,b,c) در نظر گرفت.

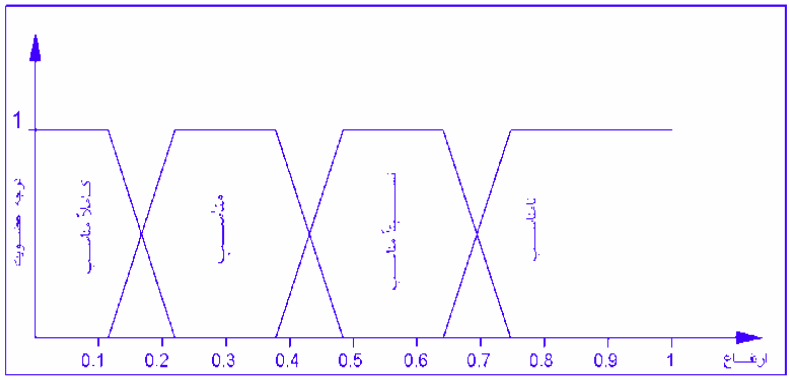
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]



شکل(۳) نمودار تابع عضویت شیب



شکل(۴) نمودار تابع عضویت تراکم پوشش گیاهی



شکل(۵) نمودار تابع عضویت ارتفاع

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

به عنوان نمونه به ارائه توابع عضویت مربوط به هر متغیر زبانی در لایه شیب که به شرح زیر است بسنده شده است.

توابع عضویت مربوط به لایه ی شیب:

کاملاً مناسب

$$\mu(x)=\begin{cases}1 & x\le 0.009\\ -250x+3.25 & 0.009\le x\le 0.013\\ 0 & 0.013\le x\end{cases}$$

مناسب

$$\mu(x)=\begin{cases}0 & x\le 0.009\\ 250x-2.25 & 0.009\le x\le 0.013\\ 1 & 0.013\le x\le 0.0201\\ -250x+6.02 & 0.0201\le x\le 0.0243\\ 0 & 0.0243\le x\end{cases}$$

نسبتاً مناسب

$$\mu(x)=\begin{cases}0 & x\le 0.0201\\ 250x-5.02 & 0.0201\le x\le 0.0243\\ 1 & 0.0243\le x\le 0.033\\ -250x+9.25 & 0.033\le x\le 0.037\\ 0 & 0.037\le x\end{cases}$$

نامناسب

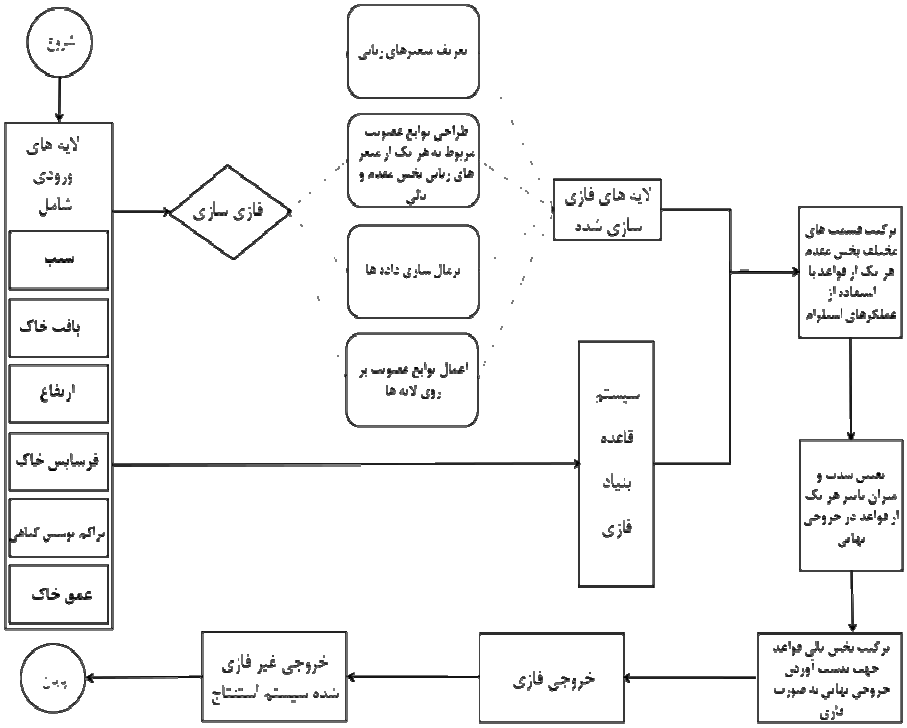
$$\mu(x)=\begin{cases}0 & x\le 0.033\\ 250x-8.25 & 0.033\le x\le 0.037\\ 1 & 0.037\le x\end{cases}$$

مرحله دوم در سیستم‌های استنتاج‌گرهای فازی، تلفیق داده‌های فازی است که با به کارگیری موتور استنتاج فازی انجام می گیرد. در این مرحله تلفیق داده‌ها با ایجاد پایگاه قواعد «اگر-آنگاه» فازی و به کارگیری مدل تصمیم‌گیری انجام می پذیرد. از مدل ممدانی می‌توان به عنوان مدل تصمیم‌گیری متداول در این مرحله نام برد (Janssen et al, 2010; Menhaj, 2008; Giordano et al, 2010). در این تحقیق سعی شده است که کارایی این روش در تلفیق داده های مکانی، با تأکید بر ارزیابی توان اکولوژیک مورد بررسی قرار گیرد شکل ۶ مراحل مدل-سازی با استفاده از سیستم استنتاج فازی را نشان می‌دهد.

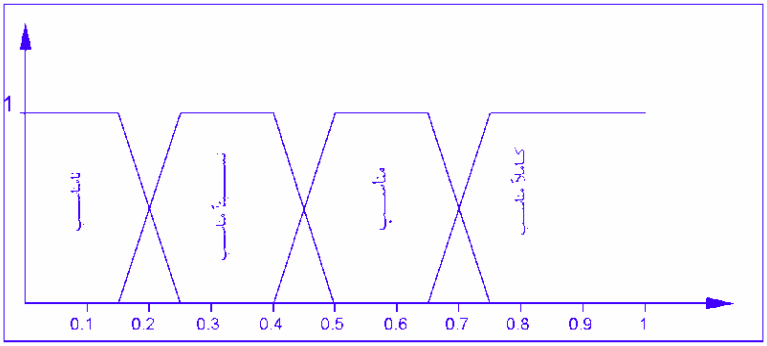
جهت بیان بخش تالی قواعد (که بیانگر میزان تناسب بخش مقدم برای کاربری مورد نظر است) نیاز به تعریف توابع عضویت خروجی می‌باشدکه در شکل (۷) نمایش داده شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

به منظور تلفیق داده‌های فازی با استفاده از قواعد استنتاج فازی، ابتدا یک پایگاه قواعد «اگر-آنگاه» فازی جهت ارزیابی توان اکولوژیکی ایجاد می‌گردد. در این مطالعه با استفاده از دانش کارشناسی، توابع عضویت فازی و پایگاه قواعد «اگر-آنگاه» فازی مورد نظر تعریف گردید.



شکل (۶) روند مدل‌سازی با استفاده از سیستم استنتاج فازی



شکل (۷) توابع عضویت خروجی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

از آنجا که ارزیابی توان اکولوژیکی با کمک قواعد زبانی مزیت قابل توجهی در فهم بهتر و تفسیر آسانتر سیستم دارد، با این وجود افزایش تعداد قواعد از مزیت سیستم استنتاج کاسته است. در این پژوهش سعی شده است با توجه به آنکه تعداد قواعد فازی بستگی مستقیمی به تعداد مجموعه‌های فازی و تعداد معیارها دارد، به طور قطع یکی از راه‌های موثر جهت کاهش قواعد، بکارگیری معیارهای کمتر و تعداد کمتری مجموعه فازی با تشکیل ساده‌ترین مجموعه ممکن می‌باشد. از اینرو، از ۶ لایه اطلاعاتی شیب، ارتفاع، بافت خاک، عمق خاک، تراکم پوشش گیاهی و فرسایش خاک استفاده گردید و ۷ طبقه مدل اکولوژیکی کشاورزی و مرتعداری مخدوم را در ۴ مجموعه فازی که به ترتیب در زیر آمده است، قرار دادیم:

طبقه یک و دو را در مجموعه فازی کاملاًمناسب، طبقه سه در مجموعه فازی مناسب، طبقه چهار و پنج را در مجموعه فازی نسبتاً مناسب و طبقه شش و هفت را در مجموعه فازی نامناسب. به عنوان مثال، اگر در یک واحد سرزمین، شیب کاملاً مناسب، ارتفاع مناسب ، بافت خاک کاملاً مناسب و تراکم پوشش گیاهی کاملاً مناسب و فرسایش خاک مناسب باشد، آنگاه تناسب آن واحد برای کشاورزی کاملاً مناسب است. برای پیاده‌سازی مدل آمایشی کشاورزی حود ۴۶۳ قاعده استفاده گردید، در جدول ۱ تعدادی از قواعد مربوط به تناسب اراضی جهت کشاورزی و مرتعداری آمده است، در این جدول جهت بیان قواعد از حروف اختصاری زیر استفاده شد:

M.S: کاملاً مناسب (Most Suitable)، S: مناسب (Suitable)، M.D: نسبتاً مناسب (Moderate Suitable)، U.S: نامناسب (Unsuitable)، L.S: کاملاً نامناسب (Least Suitable)

تلفیق داده‌های فازی با استفاده از قواعد «اگر- آنگاه» فازی مستلزم به کارگیری یک مدل تصمیم گیری است لذا در این تحقیق روش حداقل حداکثر ممدانی به دلیل ساختار ساده و موثر آن، و هم چنین کاربرد گسترده آن در مسائل علمی مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه با ارائه مثالی عددی، فرایند تصمیم گیری با استفاده از این روش به صورت واضح تر تشریح می-گردد.

اگر در تعیین تناسب یک پیکسل جهت کشاورزی درجه ۱، شیب ۸/۹ درصد، بافت خاک لومی _ رسی و تراکم پوشش گیاهی ۰/۴۲ باشد، آن گاه درجه تناسب این پیکسل با داشتن این سه ورودی چقدر خواهد بود؟

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

جدول (۱) نمونه‌هایی از قواعد موجود در پایگاه دانش جهت تعیین توان اکولوژیکی کشاورزی و مرتعداری

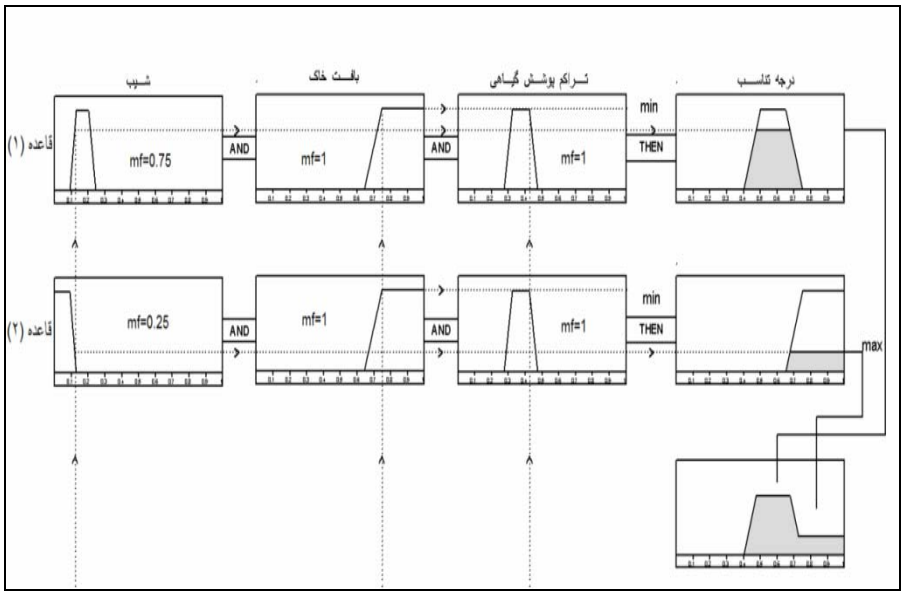
	شیب	عملگر	بافت خاک	عملگر	ارتفاع	عملگر	عمق خاک	عملگر	تراکم پوشش گیاهی	عملگر	فرسایش		درجه تناسب پیکسل
IF	M.S	AND	M.S	AND	M.S	AND	M.S	AND	M.S	AND	M.S	Then	M.S
IF	M.S	AND	M.S	AND	S	AND	M.S	AND	M.S	AND	M.S	Then	M.S
IF	M.S	AND	M.S	AND	M.S	AND	M.S	AND	M.S	AND	S	Then	M.S
IF	S	AND	M.S	AND	M.S	AND	M.S	AND	M.S	AND	M.S	Then	M.S
IF	M.S	AND	S	AND	M.S	AND	M.S	AND	S	AND	M.S	Then	M.S
IF	M.S	AND	M.S	AND	S	AND	S	AND	S	AND	S	Then	M.S
IF	M.S	AND	S	AND	S	AND	M.D	AND	M.D	AND	M.S	Then	M.S
IF	S	AND	M.S	AND	M.D	AND	S	AND	M.S	AND	S	Then	M.S
IF	M.S	AND	S	AND	M.D	AND	M.D	AND	M.D	AND	M.S	Then	M.S
IF	S	AND	M.S	AND	S	AND	M.S	AND	M.S	AND	M.S	Then	M.S
IF	M.S	AND	S	AND	S	AND	S	AND	S	AND	S	Then	M.S
IF	M.S	AND	S	AND	M.D	AND	M.D	AND	M.D	AND	S	Then	M.S
IF	M.S	AND	M.S	AND	M.D	AND	S	AND	M.S	AND	M.D	Then	M.S
IF	M.S	AND	S	AND	M.S	AND	M.D	AND	M.D	AND	M.S	Then	M.S
IF	M.S	AND	S	AND	S	AND	S	AND	M.D	AND	M.D	Then	M.S

میزان شیب ۸/۹ درصد بعد از نرمال‌سازی، معادل ۰/۰۱۲ است که با توجه به نمودار تابع عضویت آن در حالت نرمال، شکل (۳) به کلاس‌های کاملاً مناسب و مناسب با درجه عضویت ۰/۲۵ و ۰/۷۵ تعلق دارد، بافت خاک لومی-رسی بعد از کمی‌سازی معادل ۰/۷۵ است که به کلاس کاملاً مناسب با درجه عضویت ۱ تعلق دارد و تراکم پوشش گیاهی ۰/۴۲ با توجه به شکل (۴) فقط به کلاس مناسب با درجه عضویت ۱ تعلق دارد.

در این قسمت بایستی در پایگاه قواعد موجود، تمام قواعدی که میزان شیب آنها کاملاً مناسب و مناسب، بافت خاک آنها کاملاً مناسب و تراکم پوشش گیاهی آنها مناسب باشد، انتخاب گردند. در این حالت دو قاعده که در شکل(۸) نمایش داده شده‌اند، وجود دارد. در مرحله بعد با توجه به درجات عضویت فازی پیکسل به توابع عضویت ورودی، درجه عضویت پیکسل به تابع عضویت خروجی محاسبه می گردد. در مدل ممدانی برای ترکیب درجات عضویت فازی توابع ورودی، از عملگر AND ، معدل حداقل، استفاده می شود. به عنوان نمونه در قاعده اول با داشتن سه درجه عضویت ۱، ۰/۷۵ و ۱ درجه عضویت فازی این پیکسل در این قاعده برابر حداقل آنها یعنی ۰/۷۵ است.

انجام مرحله دوم مدل استنتاج ممدانی شامل تلفیق توابع عضویت فازی بخش تالی قواعد با استفاده از عملگر MAX می‌باشد. خروجی مدل تا به این مرحله بصورت یک یا چند عدد فازی می‌باشد بنابراین در مرحله بعد باید این خروجی فازی را با استفاده از یکی از روش های غیر فازی سازی به کمیت قطعی تبدیل نمود.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]



شکل (۸) نحوه‌ی تعیین تناسب یک پیکسل برای کاربری موردنظر

در این پژوهش، از آنجا که خروجی مدل ممدانی بصورت یک یا چند عدد فازی می‌باشد بنابراین بایستی این خروجی فازی را با استفاده از یکی از روش های غیر فازی سازی به کمیت قطعی تبدیل نمود. به این منظور از روش مرکز سطح استفاده گردید که خروجی آن بیانگر میزان تناسب هر پیکسل به صورت قطعی است. این روش که یکی از رایج‌ترین و دقیق ترین روش تبدیل کمیت فازی به کمیت کلاسیک می‌باشد از طریق رابطه ۳ محاسبه می‌گردد.

رابطه(۳)
$$z^* = \frac{\int \mu_{\tilde{c}}(z).z\,dz}{\int \mu_{\tilde{c}}(z)\,dz}$$

که در آن $\int$ علامت انتگرال و z بیانگر میزان تناسب پیکسل ورودی جهت کاربری مورد نظر است. خروجی آن بیانگر میزان تناسب هر پیکسل به صورت قطعی است.

$$z = \frac{\int_{0.4}^{0.472} 10.416z^2 - 4.166z\ dz + \int_{0.474}^{0.676} 0.75z\,dz + \int_{0.676}^{0.726} -10.135z^2 + 7.6z\,dz + \int_{0.726}^{1} 0.25z\,dz}{\int_{0.4}^{0.474} 10.416z\ dz + \int_{0.474}^{0.676} 0.25\,dz + \int_{0.676}^{0.726} -10.135z + 7.6\,dz + \int_{0.726}^{1} dz}$$

که در اینجا z بیانگر میزان تناسب پیکسل ورودی جهت کاربری مورد نظر است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

یافته‌های تحقیق

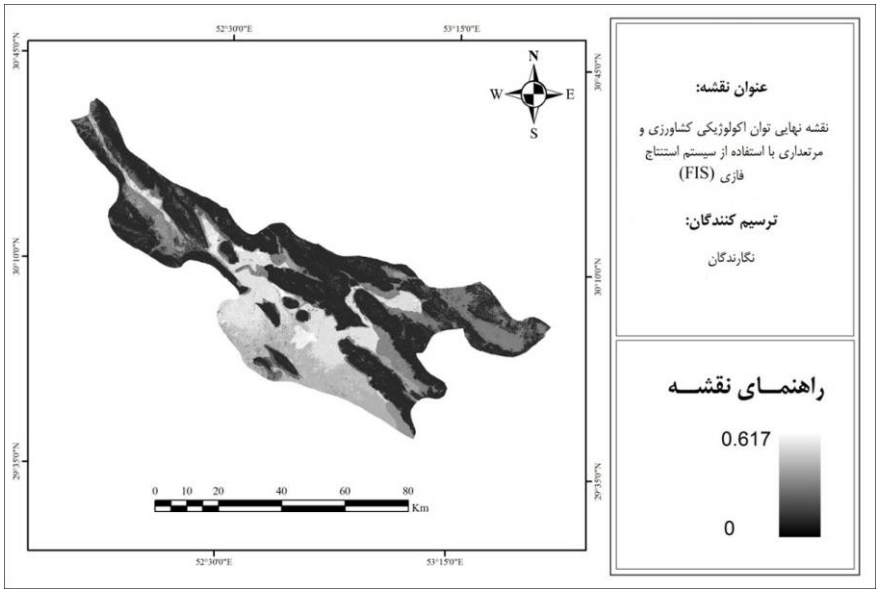
در این قسمت، با توجه ویژگی‌های اکولوژیک محیط برای کاربری کشاورزی، به تعیین عرصه‌های مناسب برای آن پرداخته می‌شود.

مدل اکولوژیک کشاورزی و مرتعداری، شامل هفت طبقه توان محیطی است. طبقات ۱، ۲ و ۳ نمایانگر اراضی با توان بالا برای فعالیت اصلی کشاورزی است، طبقه ۴ و ۵ به کشت دیم و فعالیت‌های جانبی کشاورزی و طبقه ۶ به فعالیت‌های غیرمستقیم کشاورزی اختصاص می‌یابد و طبقه ۷ برای مرتعداری و چرای حیات وحش تناسب دارد. نتایج این پژوهش نشان داد که منطقه مورد مطالعه دارای هر هفت طبقه مدل کشاورزی و مرتعداری است. علاوه بر این، نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که مناطق با توان کشاورزی یک تا سه به طور عمده از نظر شیب در شیب‌های ۸-۰ درصد و خاکهای با درجه حاصلخیزی بالا (بافت رسی لومی و شنی) و خاکهای عمیق تا نیمه عمیق و با فرسایش کم وجود دارند. در اینگونه مناطق خاک استعداد زیادی برای کشت دائم و منظم محصولات کشاورزی (غلات، دانه های روغنی، سبزیها، صیفی جات و علوفه) بدون مواجهه شدن با خسارت را دارد. نقشه نهایی ارزیابی توان اکولوژیکی از نظر کشاورزی و مرتعداری حاصل از روش سیستم استنتاج فازی به صورت پیوسته در شکل ۹ نشان داده شده است. اما جهت محاسبه مساحت‌ها حالت گسسته (طبقه‌بندی شده) آن نیز آورده شده است. شکل ۱۰ نقشه نهایی حاصل از سیستم استنتاج فازی بصورت طبقه‌بندی شده در ۴ کلاس نشان داده است.

بر پایه نقشه زون‌بندی نهایی، از مجموع کل مساحت منطقه مرودشت، حدود ۹۹۱/۸۶۱ کیلومتر مربع دارای توان درجه یک و دو، حدود ۵۷۶/۳۴۳ کیلومتر مربع دارای توان درجه سه، حدود ۸۳۵/۱۳۲ کیلومتر مربع دارای توان درجه چهار و پنج، حدود ۲۲۳۴/۷۷۴ کیلومتر مربع دارای توان درجه شش و هفت را برای کشاورزی و مرتعداری دارا می‌باشند. در جدول ۲ مساحت این کلاسها بر حسب کیلومتر مربع و درصد نشان داده شده است. نتایج حاصله از اجرای مدل آمایش سرزمین منطقه مرودشت با نقشه کاربری اراضی منطقه در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی همپوشانی و مقایسه شد. این مقایسه نشان داد که در سطح منطقه مرودشت از منابع موجود خصوصا اراضی کشاورزی به طور صحیح استفاده نمی‌شود.

بطوریکه نتایج حاصل از بررسی نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه، حاکی از رشد و گسترش شهر در اراضی کشاورزی است. بنابراین اراضی موجود در سطح منطقه برای بهبود وضعیت باید حفاظت شوند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

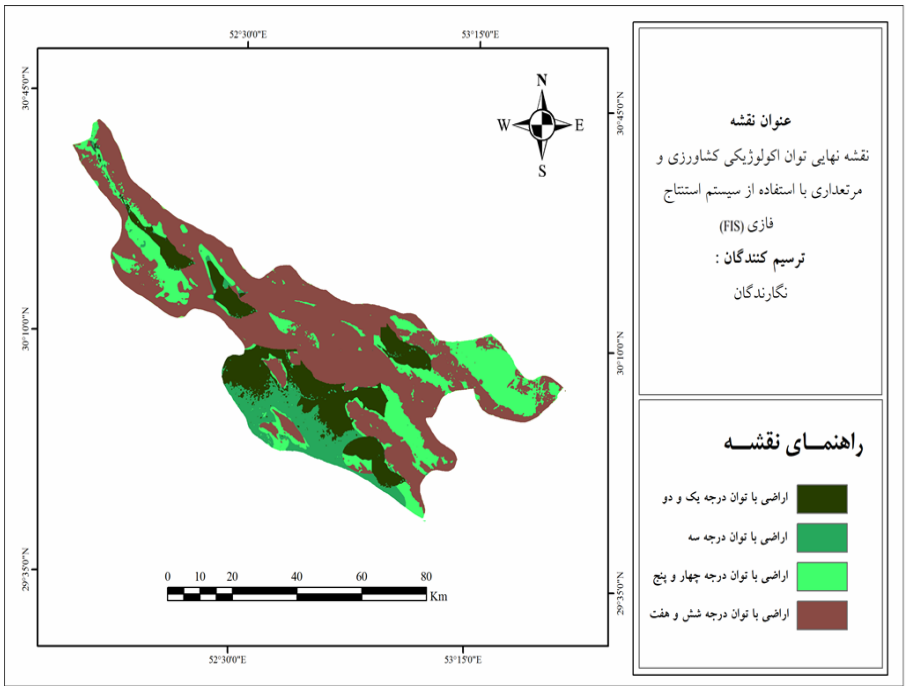


شکل (۹) نقشه توان اکولوژیکی کشاورزی و مرتعداری حاصل از روش سیستم استنتاج فازی (FIS) به صورت پیوسته

جدول (۲)جدول مساحت‌های کلاس‌های توان اراضی حاصل از روش FIS

کلاس ها	روش FIS	
	مساحت (کیلومتر مربع)	مساحت (درصد)
توان درجه یک و دو	۹۹۱/۸۶۱	۲۱/۳۸۵
توان درجه سه	۵۷۶/۳۴۳	۱۲/۴۲۶
توان درجه چهار و پنج	۸۳۵/۱۳۲	۱۸/۰۰
توان درجه شش و هفت	۲۲۳۴/۷۷۴	۴۸/۱۸۲
جمع	۴۶۳۸/۱۱	۱۰۰

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]



شکل (۱۰) نقشه طبقه بندی شده توان اکولوژیکی کشاورزی و مرتعداری حاصل از روش سیستم استنتاج فازی (FIS)

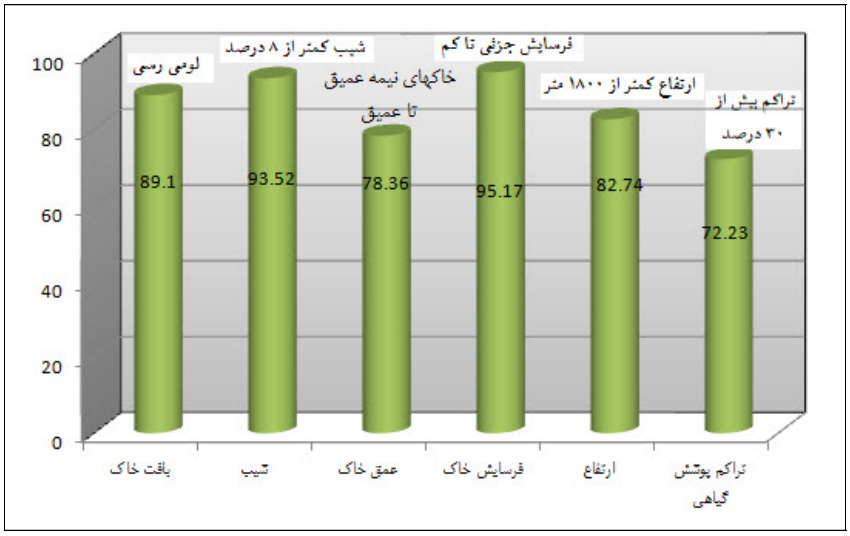
شکل ۱۱ نمودار تحلیل حساسیت هر یک از پارامترهای ورودی در مدل است. برای آنالیز حساسیت، عرصه‌های با توان یک، دو و سه تعیین شده توسط روش FIS در هر یک از پارامترها مورد بررسی قرار گرفت و میزان انطباق عرصه‌های با توان یک، دو و سه با کلاس‌های مناسب هر یک از پارامترهای ورودی محاسبه گردید.

به عنوان نمونه این نمودار بیانگر این است که ۸۹ درصد عرصه‌های با توان اکولوژیکی یک، دو و سه حاصل از روش FIS منطبق بر بافت خاک لوم رسی بوده، در پارامتر شیب ۹۳ درصد عرصه‌های با توان اکولوژیکی یک، دو و سه منطبق بر شیب ۸-۰ درصد، در پارامتر تراکم پوشش گیاهی ۷۲ درصد عرصه‌های با توان اکولوژیکی یک، دو و سه منطبق بر تراکم بر تراکم بیشتر از ۳۰ درصد بوده است. نتایج آنالیز حساسیت مدل بیانگر این مطلب است که بخش قابل توجهی از اراضی با توان اکولوژیکی یک، دو و سه نقشه نهایی منطبق بر کلاس‌های کاملاً مناسب هر یک از پارامترهای ورودی در مدل بوده است و این امر رضایت بخش بودن نتایج مدل پیشنهادی را در مطالعات ارزیابی توان اکولوژیکی نشان می‌دهد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

نتیجه گیری

محیط زیست طبیعی جهان توان اکولوژیکی محدودی برای استفاده انسان دارد. در پاره‌ای از محیط‌ها طبیعت با کمترین خسران مهیای توسعه است و در برخی دیگر کمترین توسعه در آن منجر به تخریب محیط زیست می‌شود.



شکل(۱۱) نمودار آنالیز حساسیت پارامترهای ورودی

این نکته بیانگر این است که برای انجام توسعه در محیط زیست، پیش از برنامه‌ریزی برای استفاده از آن باید به ارزیابی توان اکولوژیکی آن در قالب یک برنامه‌ریزی اصولی و منسجم پرداخت. در این تحقیق، ارزیابی توان اکولوژیکی از نظر کشاورزی و مرتعداری با نگرش همه جانبه به فاکتورهای اکولوژیک در منطقه مرودشت با استفاده از سیستم استنتاج فازی (FIS) همراه با سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین مدنظر بوده است.

در مدل اکولوژیکی کشاورزی و مرتعداری، هفت طبقه توان برای اراضی کشاورزی در نظر گرفته شده است که به تدریج از طبقه یک به سمت طبقه هفت، مرغوبیت و انعطاف‌پذیری زمین، برای این نوع از کاربری نامناسب می‌شود. به طور کلی آنچه می‌توان گفت که منطقه مورد مطالعه از نظر توان اکولوژیکی برای کاربری‌های کشاورزی و مرتعداری در حد مناسب و مطلوبی می‌باشد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

اما به منظور تخصیص سرزمین به کاربری‌های مختلف به مطالعات اقتصادی و اجتماعی و مدل‌سازی‌های بیشتر نیاز است. بطور خاص، منابع آب از جمله معیارهای مؤثر در تعیین توان اکولوژیکی به شمار می‌آیند که با توجه بررسی اطلاعات واحدهای هیدرولوژیک واقع در محدوده مطالعاتی و همچنین سدهایی چون سیوند و درودزن می‌توان گفت که این محدوده از نظر منابع آب با مشکل خاصی روبه‌رو نمی‌باشد. با توجه به گستردگی موضوع، بررسی و تحلیل وضعیت منابع آب و همچنین تلفیق مطالعات اقتصادی و اجتماعی با نتایج محاسبات توان اکولوژیکی، خود مقوله دیگری که انجام آن در این تحقیق میسر نشد.

از آنجا که تئوری مجموعه کلاسیک مرسوم مورد استفاده در نرم افزار GIS، ذاتاً دقت نادقیقی درباره اطلاعات مبهم دنیای واقعی تحمیل می‌کند. بطوری‌که در روش‌های کلاسیک، مرز بین عوارض مکانی و کلاس‌های موجود در نقشه‌ها به صورت قطعی ذخیره‌سازی می‌شود. در واقعیت تغییر پارامترهایی مانند ارتفاع، تراکم پوشش گیاهی و شیب به صورت تدریجی انجام می‌گیرد که در روش‌های متداول نمی‌توان این تغییر تدریجی را مدل‌سازی کرد (Menhaj, 2008). سیستم استنتاج فازی (FIS) قادر است بسیاری از مفاهیم و سیستم‌هایی را که غیردقیق و مبهم‌اند، صورت‌بندی ریاضی ببخشد و زمینه‌ها را برای تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد.

نتایج حاصل از سیستم استنتاج فازی حاکی از کارایی این روش جهت مطالعات آمایش سرزمین بویژه در مطالعات ارزیابی توان اکولوژیکی است. نتایج آنالیز حساسیت پارامترها در روش بکارگرفته، حاکی از دقت بالای نتایج سیستم استنتاج فازی می‌باشد که عمده‌ترین دلایل آن می‌تواند پیکسل پایه بودن روش در امر ارزیابی توان اکولوژیکی و در نظر گرفتن بحث عدم قطعیت در داده‌های ورودی (فازی‌سازی داده‌های ورودی) در روش FIS باشد. نتایج حاصل از FIS در منطقه مرودشت، نشان می‌دهد که با استفاده از سیستم استنتاج فازی می‌توان ارزیابی توان اکولوژیکی سرزمین را بویژه در اطراف مرز عوارض و طبقات تشکیل دهنده نقشه‌های پایه نزدیکتر به واقعیت مدلسازی نمود و لذا با توجه به منطق به کار رفته در این روش، به نظر می‌رسد که اعتمادپذیری این روش نسبت به سایر روشها بیشتر باشد.

جهت برنامه‌ریزی مطلوب و بهینه از جنبه‌های محیط زیستی و همچنین از لحاظ مسایل مربوط به کاربری‌ها با توجه به کلیه مطالعات و بررسی‌های انجام شده، پیشنهادهایی به شرح ذیل ارایه می گردد:

- سعی شود که از روش‌های پیکسل پایه جهت مطالعات ارزیابی توان و سایر کارهای مکانیابی استفاده گردد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

• روش پیشنهادی (سیستم استنتاج فازی) در این تحقیق مستقل از تعداد کاربری‌ها و معیارها ارائه شده است و می‌توان آن را با تغییرات لازم برای سایر مناطق و همچنین دیگر کارهای مکانیابی مورد استفاده قرار داد.

• به دلیل واقع شدن و نزدیکی حواشی عرصه‌های کشاورزی به قسمت شهری، از مسئولان ذیربط تقاضا می‌گردد تا از گسترش افقی و نفوذ شهر در قسمت‌های کشاورزی جلوگیری نمایند.

• با به کارگیری استنتاج‌گرهای فازی می‌توان ارزیابی توان اکولوژیکی را، به خصوص در اطراف مرز عوارض و کلاس‌های تشکیل دهنده نقشه های منابع اکولوژیکی، نزدیک‌تر به واقعیت انجام داد.

منابع و ماخذ

۱. امیری، محمدجواد؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ جلالی، سید غلامعلی؛ حسینی، سیدمحسن؛ آذری دهکردی، فرود (۱۳۸۸) **مقایسه روش سیستمی ادغام نقشه ها و ترکیب منطق بولین -فازی در ارزیابی توان اکولوژیک جنگل های حوضه های آبخیز ۳۳ و ۳۴ شمال ایران**، مجله علوم محیطی، شماره ۲، ۱۲۴-۱۰۹.

۲. کرم، عبدالامیر (۱۳۸۴) **تحلیل تناسب زمین برای توسعه کالبدی در محور شمال غرب شیراز با استفاده از رویکرد چند معیاری MCE در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی**، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۴، ۱۰۶-۹۴.

۳. کوره پزان دزفولی، امین (۱۳۸۷) **اصول تئوری مجموعه‌های فازی و کاربردهای آن در مدلسازی مسائل مهندسی آب**، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر،۱۱۵-۱۱۰.

۴. آسایش، حسین (۱۳۸۲) **اصول و روشهای برنامه ریزی ناحیه ای**، انتشارات پیام نور، ص ۳۰.

۵. قدیری معصوم، مجتبی؛ علیقلی فیروزجایی، ناصر (۱۳۸۲) **جایگاه روستا و کشاورزی در برنامه‌های عمرانی قبل از پیروزی انقلاب اسلامی ایران**، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۶، ۱۳۰-۱۱۵.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

۶. مخدوم، مجید (۱۳۸۳) **آمایش حوزه آبخیز کارون ۳، ارزیابی و برنامه ریزی محیط زیست با سامانه های اطلاعات جغرافیایی**، انتشارات دانشگاه تهران .شماره ۲۵۴۳.

۷. مخدوم، مجید (۱۳۸۴) **شالوده آمایش سرزمین**، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ششم،۹۶-۸۷.

۸. میرداودی، حمیدرضا، زاهدی پور، حجت اله، مرادی، حمیدرضا، گودرزی، غلامرضا (۱۳۸۶) **بررسی و تعیین توان اکولوژیک استان مرکزی از نظر کشاورزی و مرتع داری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)**، فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۵، ۲، ۲۵۵-۲۴۲.

۹. مینائی، مسعود (۱۳۸۸) **پیاده سازی مدل آمایشی کشاورزی با استفاده از منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS): (منطقه مورد مطالعه فریدون شهر)**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ۱۴۶.

۱۰. نجمی زاده، سعیده و یاوری احمدرضا (۱۳۸۴) **ارزیابی توان محیط زیستی پارک ملی خبر بر ای زون بندی و برنامه ریزی به کمک GIS**، مجله محیط شناسی شماره ۳۸.

۱۱. سرهنگ زاده، جلیل و مخدوم مجید (۱۳۸۱) **آمایش سرزمین منطقه حفاظت شده ارسباران**، مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی، فرسایش خاک و توسعه پایدار (اراک)صفحه ۱۵۵-۱۴۳.

۱۲. بابایی، علیرضا و اونق مجید (۱۳۸۵) **ارزیابی توان توسعه و آمایش حوضه آبخیز پشتکوه**، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال سیزدهم، شماره ۱.

۱۳. جعفری، حمیدرضا و کریمی، سعید (۱۳۸۴) **مکانیابی عرصه های مناسب احداث صنعت در استان قم با استفاده از GIS**، مجله محیط شناسی، شماره ۳۸.

۱۴. وزارت نیرو (۱۳۸۹) **راهنمای پهنه بندی توان اکولوژیک سرزمین برای استقرار طرح های توسعه منابع آب**، نشریه شماره ۳۵۱.

Malczewski, j. (1999) ***GIS and multi criteria decision analysis***. New York: John Wiley and Sons, 392p.

Malczewski, j. (2006) ***Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS- based multi criteria evaluation for land- use suitability analysis.*** International of applied earth observation and geo information, 8:270-277.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

Brail, R. and R. klosterman (2001) ***Planning support systems: integrating Geographic Information systems, models, and visualization tools***. USA: ESRI- press.

Jankowski, p. (1995) ***Integrating geographical information systems and multi criteria decision making method.*** International journal of geographical information systems, 9:251-273.

Aronoff, S., (1989) ***Geographical information systems: A management perspective.*** Ottawa, Ontario, Canada, WDL Publication.

Badenko, v., and kurtener, D., (2004) ***Fuzzy modeling in GIS environment to support sustainable land use planning. The AGILE conference on geographic information science.*** 29 April-1may. Hera lion, Greece, parallel session a.1- "geographic knowledge discovery.

Baja, S., Chapman, D.M., and Dragovich, D., (2002) ***Fuzzy modeling of environmental suitability index for rural land use systems: an assessment using GIS.*** Environment and Planning B: Planning and Design, 29:3–20.

Basinski, J.J., (1985) ***Land Evaluation, some general considerations, In Environment Planning and management*** Ed (J.J. Basinski and K.D. Cocks) Csiro Canberra: 59-65.

Karimi, M., Menhaj, M.B., Mesgari, M.S., (2008) ***PREPARING MINERAL POTENTIAL MAP USING FUZZY LOGIC IN GIS ENVIRONMENT,*** The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B8. Beijing.

Qiao, L., (2008) ***a model for suitability evaluation of tourism development for the suburban mining wasteland and its empirical research***. Ecological Economy, 4:338-345.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

Reshmidevi, T.V., T.L Eldho and R. Jana., (2009) ***A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds,*** Agricultural Systems, 101: 101–109.
Ross, T.J., 1995**, Fuzzy Logic with Engineering Applications**, McGraw-Hill, Inc., USA

Stefanakis, E., Kavouras, M., (1995) ***the Determination of the Optimum Path in Space.*** Proceedings of the European Conference on Spatial Information Theory COSIT95.

Kusan, H., Aytekin, O., Ozdemir, I., (2010) ***The Use Of Fuzzy Logic In Predicting House Selling Price, Expert Syst***. Appl., 37: 1808-1813.

Janssen, J.A.E.B., Krol, M.S., Schielen, R.M.J., Hoekstra, A.Y., De Kok, J.L., (2010) ***Assessment of uncertainties in expert knowledge, illustrated in fuzzy rule-based models, Ecological Modelling,*** Volume 221, Issue 9, pp. 1245-1251.

Giordano, R., Liersch, S., Vurro, M., Hirsch, D., (2010) ***Integrating local and technical knowledge to supp ort soil salinity monitoring in the Amudarya river basin,*** Journal of Environmental Management, Volume 91, Issue 8, pp.1718-1729.

López, E.M., García, M., Schuhmacher, M., L.Domingo, J., (2008) ***A fuzzy expert system for soil characterization,*** Environment International, Volume 34, Issue 7, pp. 950-958.

Yalpir, S., and Ozkan, G., (2011) ***Fuzzy logic methodology and multiple regressions for residential real-estates valuation in urban areas,*** Scientific Research and Essays Vol. 6(12), pp. 2431-2436.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]