

پیاده سازی مدل سنجش تناسب اراضی برای کشت کلزا با استفاده از سیستم استنتاج فازی (مطالعه موردی: استان آذربایجان غربی)

محمد سعید نجفی*، دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تبریز
علی اکبر رسولی، استاد دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز
غدیر عشورنژاد، کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه تهران
کامل آذرم، دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تبریز

چکیده

امروزه دانه‌های روغنی پس از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل داده و کلزا سومین منبع تأمین روغن نباتی در جهان بشمار می‌رود. به دلیل دخالت عوامل و فراسنج های متعدد، تعیین مقدار دقیق تناسب هر عرصه از سرزمین برای کشت این محصول دارای پیچیدگی زیادی است. در این تحقیق، سیستم اطلاعات جغرافیایی مبتنی بر منطق فازی، که قابلیت های متعدد آن ها در حل مسائل پیچیده مکانی به اثبات رسیده است، به منظور تصمیم‌گیری در زمینه این مساله بکار گرفته شده است. از این رو با جمع آوری کلیه نیازهای رویشی این محصول شامل فراسنج های اقلیمی مربوط به آمار ایستگاه‌های همدید و باران سنجی در سطح استان آذربایجان غربی از بدو تأسیس تا سال ۱۳۸۸ و داده های زمینی شامل مدل رقومی ارتفاع، کاربری اراضی و عمق خاک و روقومی سازی آن، به تعیین مناطق مستعد کشت کلزا در استان آذربایجان غربی در قالب یک سیستم استنتاج فازی پرداخته شد. نتایج پیاده سازی مدل در استان آذربایجان غربی نشان می‌دهد که حدود ۲/۴۱ درصد از مساحت کل استان، دارای توان بسیار مناسب، ۳۵/۶۶ درصد دارای توان مناسب، ۴۸/۷ درصد دارای توان تا حدودی مناسب و حدود ۱۳/۲ درصد دارای کلاس نامناسب برای کشت کلزا می‌باشد. همچنین شهرستان‌های سردشت و چالدران، به ترتیب دارای مناسب ترین و نامناسب ترین شرایط کشت کلزا می باشند. در نهایت نتایج تجزیه و تحلیل فراسنج‌ها در روش استفاده شده، نشان دهنده کارایی روش سیستم استنتاج فازی جهت مطالعات ارزیابی تناسب اراضی برای کشت محصولات زراعی مطلوب می‌باشد.

واژگان کلیدی

ارزیابی تناسب اراضی، کلزا، سیستم استنتاج فازی، GIS، آذربایجان غربی.

۱. مقدمه

۱-۱. طرح مسئله

بدون شک کاهش بیش از اندازه منابع طبیعی یکی از بزرگترین چالش های پیش روی انسان قرن ۲۱ است که به همراه پاره ای دیگر از عوامل همچون رشد فزاینده جمعیت، افزایش آلودگی ها، توزیع نامتعادل منابع و ... در آینده سبب ایجاد یک بحران جهانی خواهد شد (میر محمدی، ۱۳۸۶، ۸۶). محیط طبیعی با ویژگی های متنوع از نظر شرایط آب و هوایی، فیزیوگرافی، منابع آب و خاک امکانات متفاوتی را برای کشت محصولات زراعی در نواحی مختلف فراهم کرده است. در هر منطقه می توان با توجه به شرایط اقلیمی و محیطی آن، به ارزیابی توان بازدهی در زمینه ی کاشت و تولید محصولات خاص زراعی اقدام کرد. از آنجاکه هر یک از محصولات کشاورزی، شرایط اقلیمی خاصی را می طلبد و در محدوده ی معینی امکان رشد و نمو دارند، چنانچه آن دسته از محصولاتی که با شرایط موجود منطقه سازگاری دارند، به عنوان الگوی کشت انتخاب شوند، نه تنها امکان برخورداری از بالاترین بهره وری و بازدهی را برای زارعان فراهم می آورد، بلکه در درازمدت کمترین آسیب را به منابع کشتا ورزی آن منطقه وارد می کند (لشکری و رضایی، ۱۳۹۰، ۳۰). تعیین توان بالقوه و تخصیص کاربری های متناسب با توان سرزمین، در نظر گرفتن فاکتورهای اکولوژیک و در شرایطی انسانی ضروری است (فرجزاده و همکاران، ۲۰۰۷، ۳۵۹) و در چنین شرایطی است که میان بین توان طبیعی محیط، نیاز جوامع، کاربری ها و فعالیت های انسان در فضا یک رابطه منطقی و سازگاری پایدار بوجود آورد.

از سوی دیگر، امروزه همگام با افزایش جمعیت در کشور، میزان تقاضا برای محصولات کشاورزی نیز افزایش پیدا کرده است. دانه های روغنی پس از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل داده که کلزا پس از سویا و نخل روغنی، سومین منبع تأمین روغن نباتی در سطح جهان بشمار می رود (شریعتی و قاضی، ۱۳۷۹، ۵۷). با توجه به اقلیم خشک اغلب مناطق کشور و محدودیت آب برای توسعه گیاهان روغنی تابستانه همچون سویا، ذرت و آفتابگردان و لزوم بهره گیری از نزولات جوی، ترویج و توسعه کلزا گزینه ای بی بدیل برای تحقیق خودکفایی در تأمین روغن نباتی کشور محسوب می شود (مظهری و پارساپور، ۱۳۹۰، ۴۱۱). لذا با شناخت عوامل مؤثر در میزان بهره وری این محصول، می توان برنامه ریزی ها را با شناختی جامعتر انجام داد و متناسب با توان های محیطی در مناطق مستعد، امکان بهره برداری بیشتر و مناسب تر را فراهم نمود. بنابراین مدل سازی فضایی از مهمترین راهکارهایی است که می تواند با روشی علمی، شرایط بهتری را در زمینه ی سنجش تناسب اراضی برای کشت این محصول بوجود آورد.

۲-۱. مبانی نظری و ادبیات موضوع

بسیاری از مدل سازی های فضایی عمدتاً در سامانه اطلاعات جغرافیایی و با استفاده از مدل های تصمیم گیری چند معیاره (MCE, MCDA) صورت گرفته می شود (مالزفسکی، ۲۰۰۶، ۲۷۳). اما با توجه به عدم قطعیت در تفسیر داده های جغرافیایی و هم ارزشی برخی گروه ها که دلیل نوع طبقه بندی داده ها صورت می گیرد، باید مدلی ارائه شود که این اشکالات را به حداقل برساند. از جمله این مدل ها بکارگیری روش هایی مانند ارزیابی چند معیاره WLC (ستور، ۲۰۰۹؛ سارنسانگ و همکاران، ۲۰۰۷؛ لیو و همکاران، ۲۰۰۷)، برنامه ریزی خطی (فلاح شمسی و همکاران، ۱۳۸۴)، برنامه ریزی آرمانی فازی (بیسواس و پال، ۲۰۰۵) در ارزیابی توان اکولوژیک نام برد. جاکک (۲۰۰۴) تحلیل های ارزیابی تناسب اراضی در سامانه اطلاعات جغرافیایی را به سه دسته تقسیم بندی می کند: که شامل همپوشانی ساده نقشه ها، استفاده از روش های

تصمیم‌گیری چند معیاره و سوم استفاده از روش‌های هوش مصنوعی مانند منطق فازی، شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک می‌باشد.

از این رو ترکیب سامانه اطلاعات جغرافیایی با هوش مصنوعی، از جمله آن منطق فازی، رهیافت نسبتاً جدیدی را برای ارزیابی تناسب اراضی ارائه می‌کند (بادنکو، ۲۰۰۴). منطق فازی به عنوان منطق مدلسازی ریاضی فرآیندهای غیر دقیق و مبهم، عدم قطعیت در مورد داده‌ها و عدم دقت مرتبط با آگاهی‌های تصمیم‌گیرنده در اختصاص دادن وزن دقیق به معیارها را در نظر می‌گیرد و از این رو بستری را برای مدلسازی در شرایط عدم اطمینان فراهم می‌سازد (بادنکو و کارتتر، ۲۰۰۴، باجا و همکاران، ۲۰۰۲). برای مثال رشمیدو و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه خود با استفاده از سیستم استنتاج فازی و با یک رویکرد تلفیقی با استفاده از GIS به ارزیابی توان کشاورزی حوضه آبخیز بنگال پرداختند. نتایج حاصل از ادغام سیستم استنتاج فازی با سامانه اطلاعات جغرافیایی نشان می‌دهد که این روش در بررسی ارزیابی توان اکولوژیک برای کشاورزی مفید می‌باشد. بطور کلی در ارتباط با پژوهش‌های انجام شده در کشور در ارتباط با کشت دانه‌های روغنی می‌توان به مطالعات خواجه پور و سیدی (۱۳۸۰)، خوشحال دستجردی و همکاران (۱۳۸۸)، مظهری و پارساپور (۱۳۹۰) حسینی و همکاران، (۱۳۹۱) اشاره کرد که در همه آن‌ها تنها به بررسی نیازهای اقلیمی دانه‌های روغنی پرداخته شده است.

در این پژوهش برای پیاده‌سازی مدل سنجش تناسب اراضی برای کشت کلزا در استان آذربایجان غربی، از سیستم استنتاج فازی^۱ و سیستم اطلاعات جغرافیایی در یک رویکرد تلفیقی، توان محیطی این استان برای کشت کلزا به منظور بهره‌برداری متناسب و متوازن با قابلیت‌های محیط و جلوگیری از تخریب اراضی، کاهش هزینه‌ها با جلوگیری از خروج ارز از کشور، رشد و شکوفایی اقتصادی با توسعه‌ی واحدهای کشت و صنعت در مناطق مستعد کشت کلزا، استفاده شد.

بنابراین اهداف این پژوهش عبارتند از:

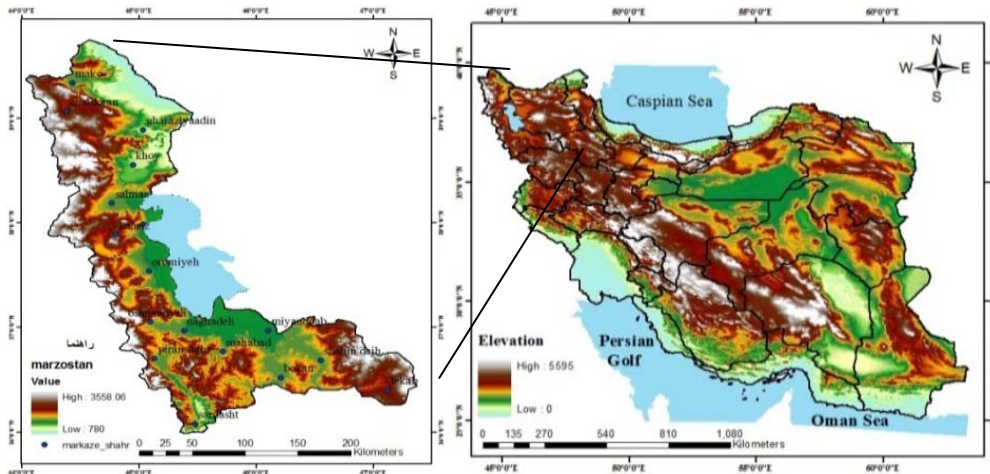
- پیاده‌سازی روش سیستم استنتاج فازی جهت مطالعات ارزیابی تناسب اراضی برای کشت کلزا
- طبقه‌بندی استان آذربایجان غربی برای کشت کلزا جهت شناخت مناطق مستعد کشت کلزا
- تحلیل توانمندی روش استنتاج فازی در ارزیابی تناسب اراضی برای کشت کلزا

۲. محدوده مورد مطالعه

استان آذربایجان غربی بین ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. این استان دارای وسعت ۳۷۱۱۳/۴ کیلومتر مربع بوده که بدون احتساب دریاچه ارومیه ۲/۲۵ درصد از مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. این استان یکی از مستعدترین مناطق کشاورزی در ایران است. با وجود اینکه تنها ۲/۶ درصد از مساحت ایران را در بر می‌گیرد، اما زمین‌های کشاورزی آن بیش از ۶ درصد از کل اراضی کشاورزی کشور را در بر می‌گیرد. مهمترین دلیل مستعد بودن این منطقه برای کشاورزی خصوصیات طبیعی و اقلیمی این استان است. گندم و جو و محصولات و باغی همچون سیب و انگور از جمله مهمترین تولیدات کشاورزی استان آذربایجان غربی

^۱ - Fuzzy Inference system

است. با توجه به ویژگی های اقلیمی این منطقه، استان آذربایجان غربی یکی از مستعدترین مناطق برای کشت دانه های روغنی، از جمله کلزا است (آذر، ۱۳۸۹).



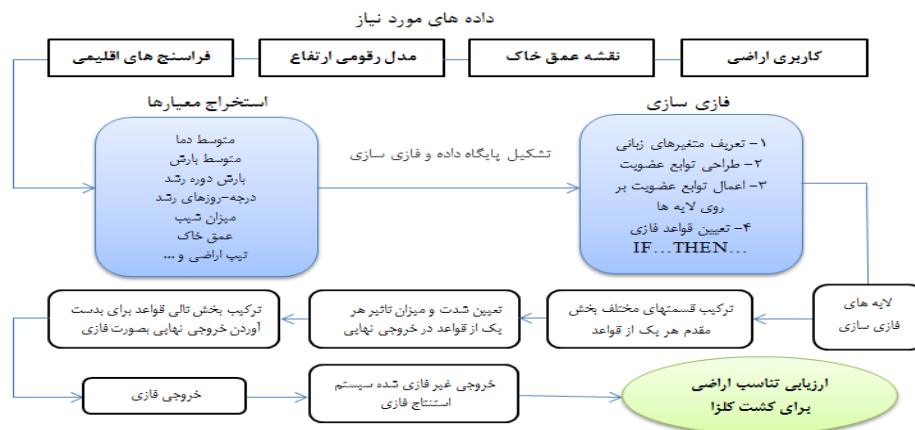
شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

۳. داده ها و روش ها

جهت تعیین تناسب اراضی برای کشت کلزا، فراسنج های اکولوژیک بسیاری مورد نیاز است، که در این تحقیق برای پیاده سازی روش مورد نظر ابتدا به مطالعه و شناسایی فاکتورهای اکولوژیکی (عوامل فیزیکی و زیستی) پرداخته شد. معیارهای بکارگرفته شده در این پژوهش جهت ارزیابی تناسب اراضی برای کشت کلزا شامل دو پایگاه داده های اقلیمی و پایگاه اطلاعات منابع زمینی می باشد. پایگاه داده های اقلیمی شامل دما، بارش، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، درجه - روز رشد و تعداد روزهای یخبندان می باشند که از آمار و اطلاعات روزانه ۶۷ ایستگاه همدید، کلیماتولوژی و باران سنجی واقع در سطح استان آذربایجان غربی، از بدو تأسیس تا سال ۱۳۸۸ جمع آوری گردید. پایگاه اطلاعات زمینی نیز شامل مدل رقومی ارتفاع (DEM)، نقشه مطالعات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی، نقشه کاربری اراضی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، تولید شده در سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی، نقشه عمق خاک با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، تولید شده در موسسه تحقیقات آب و خاک، می باشد.

۳-۱. تعیین تناسب اراضی

به منظور تعیین تناسب اراضی برای کشت کلزا ابتدا به جمع آوری نیازهای رویشی گیاه اقدام و نقش هریک از فراسنج ها در کشت کلزا مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۱). سپس با استفاده از سیستم استنتاج فازی به تعیین تناسب اراضی برای کشت کلزا در استان آذربایجان غربی پرداخته شد. شکل ۲ روش پیشنهادی را برای کشت کلزا نمایش می دهد.



شکل ۲: روند نمای پژوهش.

جدول ۱: نیازهای رویشی مورد نیاز کشت کلزا.

منبع	نامناسب	تاحدودی مناسب	مناسب	بسیار مناسب	فراسنج
عبیری، ۱۳۸۶	۱۱ < یا < ۱۵	۱۱-۱۲ ۱۴-۱۵	۱۲-۱۲/۵ ۱۳/۵-۱۴	۱۲/۵-۱۳/۵	متوسط دما (Cg)
عبیری، ۱۳۸۶	۲۱ < یا < ۱۶	۱۶-۱۷ ۲۰-۲۱	۱۷-۱۸ ۱۹-۲۰	۱۸-۱۹	متوسط بیشینه دما (Cg)
عبیری، ۱۳۸۶	۸ < یا < ۴	۴-۵ ۷/۵-۸	۵-۶ ۷-۷/۵	۶-۷	متوسط کمینه دما (Cg)
کافی و همکاران، ۱۳۷۹	< ۱۰	۱۰-۱۵	۱۶-۲۰	۲۰-۲۵	دمای جوانه زنی (Cg)
کافی و همکاران، ۱۳۷۹	۱۰ >	۱۰-۱۵	۱۵-۲۰	۲۰-۲۲	دمای گلدهی (Cg)
عبیری، ۱۳۸۶	< ۳۰۰	۳۰۰-۴۰۰	۴۰۰-۵۰۰	> ۵۰۰	بارش دوره رشد (mm)
کافی و همکاران، ۱۳۷۹	< ۴۰	۴۰-۵۰	۵۰-۸۰ ۱۰۰ <	۸۰-۱۰۰	بارندگی پاییز (mm)
کافی و همکاران، ۱۳۷۹	< ۶۰	۶۰-۸۰	۸۰-۱۱۰	> ۱۱۰	بارندگی زمستان (mm)
کافی و همکاران، ۱۳۷۹	< ۸۰	۸۰-۱۰۰	۱۰۰-۱۲۰ ۱۵۰ <	۱۲۰-۱۵۰	بارندگی گلدهی و رشد ساقه (mm)
کافی و همکاران، ۱۳۷۹	< ۴۰	۴۰-۶۰	۶۰-۷۰	> ۷۰	بارندگی رسیدن (mm)
عبیری، ۱۳۸۶	۹۰ < یا < ۳۰	۳۰-۴۰ ۷۰-۹۰	۴۰-۵۰ ۶۰-۷۰	۵۰-۶۰	تعداد روزهای یخبندان
عبیری، ۱۳۸۶	۸۰ < یا < ۵۵	۵۵-۶۵	۶۵-۷۰	۷۰-۸۰	رطوبت نسبی (%)
عبیری، ۱۳۸۶	< ۱۰۰۰	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰	> ۲۰۰۰	ساعات آفتابی
قاسمی و گل پرور، ۲۰۰۸	۱۵۰۰ >	> ۲۵۰۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۲۵۰۰	درجه - روز رشد
قاسمی و گل پرور، ۲۰۰۸	۲۵۰۰ <	۲۰۰۰-۲۵۰۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰	< ۱۵۰۰	طبقات ارتفاعی
قاسمی و همکاران، ۱۳۸۲	NNW , NNE	WNW , ENE	WSW , ESE	SSE , SSW	جهت شیب
قاسمی و گل پرور، ۲۰۰۸	۷/۵ <	۵-۷/۵	۲/۵-۵	۰-۲/۵	میزان شیب (%)
عبیری، ۱۳۸۶	۸۰ >	۸۰-۱۰۰	۱۰۰-۱۵۰	> ۱۵۰	عمق خاک
آذرم، ۱۳۸۹	اراضی پست و شور	دشت‌های سیلابی	واریزه‌ها و آبرفت‌های بادبزی	دشت‌های دامنه‌ای و آبرفتی رودخانه‌ای	تیپ اراضی
عبیری، ۱۳۸۶	سایر موارد	مراتع	زراعت دیم	زراعت آبی	کاربری اراضی

۳-۲. سیستم استنتاج گر فازی

یکی از قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی، توان مدلسازی آن است. بیشتر ابزارهای مرسوم در مدلسازی، استدلال و محاسبه، ماهیت قطعی دارند و از نقطه نظر ساختار، صریح و دقیق هستند. به عبارت

دیگر، فرض بر این است که پارامترهای یک مدل به طور دقیق بیانگر ادراک ما از پدیده یا مشخصات سیستم واقعی مدل سازی شده بوده و هیچگونه ابهامی در آن وجود ندارد. لیکن موقعیت‌های واقعی در اغلب موارد دارای ابهام و یا عدم قطعیت بوده و وضعیت آتی سیستم نیز به دلیل فقدان آگاهی و اطلاعات، ممکن است به طور کامل شناخته شده نباشد. در مواجهه با این عدم قطعیت‌ها، بر اساس ماهیت مساله، مدل‌های متعددی بر مبنای تئوری احتمال، منطق غیر یکنواخت، نظریه بازه‌ها و تئوری مجموعه‌های فازی مطرح گردیده است که هر یک از این مدل‌ها، برای نوع خاصی از عدم قطعیت در پدیده‌ها مناسب می‌باشد (صمدزادگان و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۷۴). در روند ارائه شده در این پژوهش، از منطق فازی که یکی از شیوه‌های مدل سازی عدم قطعیت از نوع ابهام کارایی بالایی داشته است استفاده گردیده است. تئوری فازی، عضویت یک عنصر به یک مجموعه را به صورت درجه بندی شده در نظر می‌گیرد و این درجه عضویت را با عددی بین صفر و یک بیان می‌کند (عفتی و رجبی، ۱۳۹۰: ۵). در این تئوری به هر عنصر این اجازه داده می‌شود که درجه‌ای از تعلق را به یک مجموعه داشته باشد و درجه عضویت در یک مجموعه فازی میزان قطعیت (یا عدم قطعیت) را بیان می‌کند (اینگلبرجت، ۲۰۰۷).

به کارگیری منطق فازی در هر فرآیند شامل سه مرحله فازی سازی داده‌ها، استنتاج فازی و قطعی سازی خروجی است (کریمی و همکاران، ۱۳۸۸: ۲۲). در استنتاج فازی، ایده اصلی، مشابه عملکرد انسان در بیان فکر و دانش خود، بصورت متغیرهای زبانی است (منهاج و نساجی، ۱۳۷۹: ۳۲). هر متغیر زبانی می‌تواند مقادیر مختلفی را اختیار کند که به آن مقادیر زبانی می‌گویند. در این مطالعه متغیرهای زبانی به مجموعه {نامناسب، تاحدودی مناسب، مناسب و بسیار مناسب} دسته بندی شده اند. از آنجا که تئوری فازی قصد شبیه سازی نحوه استنتاج انسان را دارد؛ لذا از توابع عضویت فازی استفاده می‌شود. هدف از تعیین توابع عضویت برای فاکتورها، وزن دهی تدریجی و پیوسته به آن فاکتورها است. در این حالت وزن هر پیکسل بر اساس مقدار تابع عضویت آن پیکسل در مجموعه فازی و مناسب فاکتور مورد نظر بدست می‌آید. معمولاً در تعریف توابع عضویت از اعداد فازی مثلثی و دوزنقه ای استفاده می‌شود. در این مطالعه با توجه به تعداد بازه های مورد نیاز برای هر فاکتور جهت ارزیابی تناسب اراضی برای کشت کلزا، از توابع عضویت دوزنقه ای استفاده شد که بیشترین مقدار آنها ۱ و کمترین مقدار آن ۰ است و بیان ریاضی آن مطابق با رابطه ۳ می‌باشد.

در جدول ۱، معیارها و محدوده های مورد نیاز در ارزیابی تناسب اراضی برای کشت کلزا بر اساس نظر کارشناسان و عملکرد محصول، نشان داده شده است. چهار کلاس نیز به متغیر خروجی نسبت داده شده است که عبارتند از بسیار مناسب، مناسب، تاحدودی مناسب و نامناسب.

مرحله دوم در سیستم استنتاج گره‌های فازی، تلفیق داده های فازی است. در این مرحله تلفیق داده ها با ایجاد پایگاه قواعد (اگر - آنگاه) فازی و بکارگیری مدل تصمیم گیری انجام می‌گیرد که این مدل های متداول در این بخش شامل مدل های ممدانی و تاکی سوگو می‌توان به عنوان مدل های تصمیم گیری متداول در این مرحله نام برد (منهاج، ۱۳۸۶؛ طاهری، ۱۳۷۷). برای توسعه سیستم استنتاج فازی از عملگرهای استلزام فازی و ترکیب روابط فازی استفاده می‌شود که در ادامه به چگونگی استفاده از آن ها پرداخته می‌شود (کوره پزان دزفولی، ۱۳۸۷: ۱۱).

عملگرهای استلزام، روابطی هستند که برای به دست آوردن رابطه فازی \tilde{R} بر اساس یک قاعده به صورت "اگر A - آنگاه B " مورد استفاده قرار می گیرند. روابط مزبور برای همه مقادیر X صادق می باشد. از این عملگرها برای به دست آوردن مقادیر تابع عضویت رابطه فازی \tilde{R} که بر روی فضای ضرب دکارتی $X \times Y$ تعریف می شود، استفاده می گردد. در واقع این عملگرها، تعمیمی از استلزام کلاسیک که به صورت $A \rightarrow B$ نشان داده می شود و در رابطه (۱) عملگر استلزام فازی مددانی که در این مطالعه استفاده شده است، ارائه شده است:

$$\mu_R(X, Y) = \min(\mu_A(X), \mu_B(Y)) \quad \text{رابطه (۱)}$$

همانطور که اشاره شد، برای توسعه سیستم استنتاج فازی، از روش تلفیق روابط فازی نیز استفاده می شود. رایج ترین روش های تلفیق روابط فازی روش های ماکزیمم-مینیمم (رابطه ۲) و ماکزیمم-ضرب (رابطه ۲) است که از این روش ها در مدل ارائه شده استفاده خواهد شد (قدیری معصوم و همکاران، ۱۳۹۱، ۲۰۲؛ لویز و همکاران، ۲۰۰۸)

$$\mu_B(y) = \max_{x \in X} \{ \min[\mu_A(x), (\mu_R(x, y))] \} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\mu_B(y) = \max_{x \in X} [\mu_A(x), (\mu_R(x, y))] \quad \text{رابطه (۳)}$$

خروجی مرحله استنتاج فازی معمولاً شامل یک یا چندین عدد فازی است که بایستی به یک عدد حقیقی تبدیل گردد. این مرحله، قطعی سازی داده ها نام دارد (کریمی و همکاران، ۱۳۸۸: ۲۳). برای این مرحله معمولاً از روش های مرکز ثقل و مرکز بازه ماکزیمم استفاده می شود.

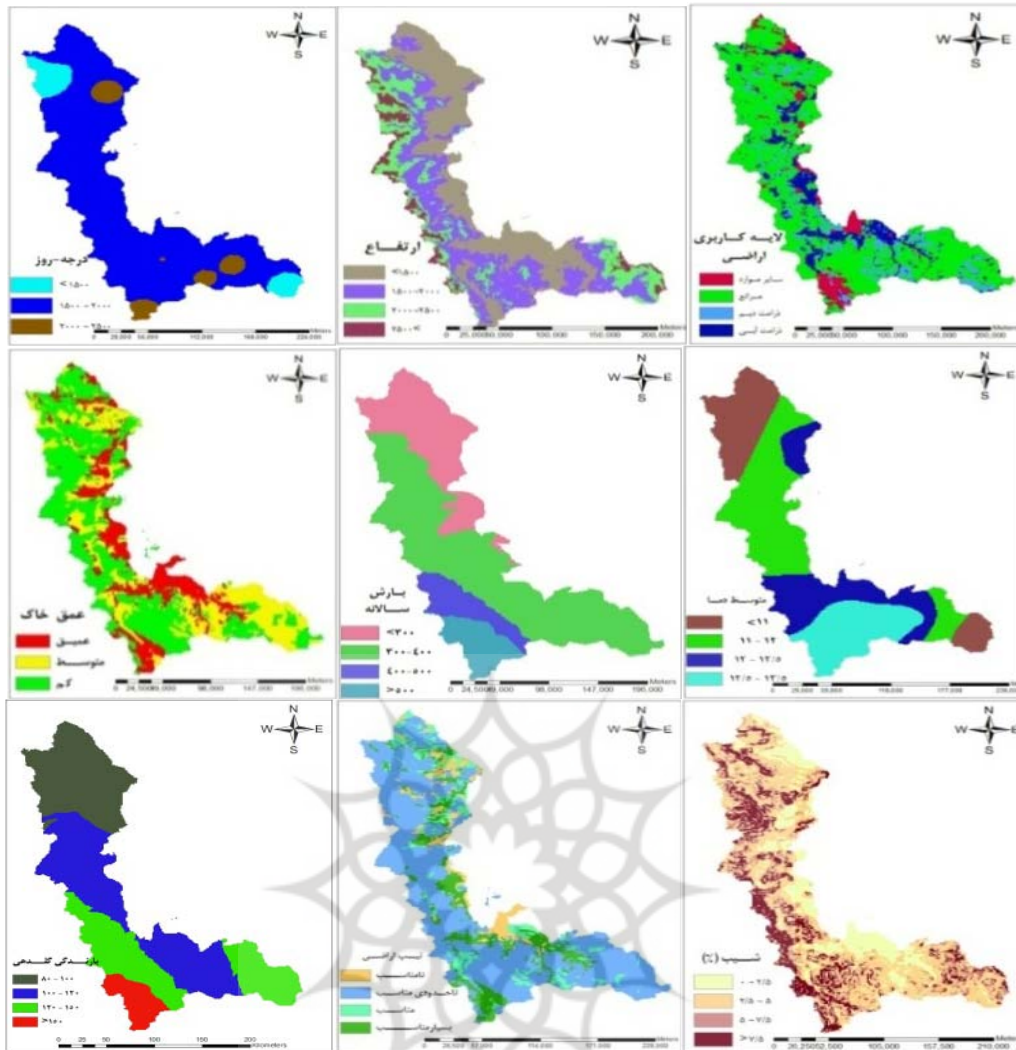
بنابراین بطور کلی گام های ساختن یک سیستم استنتاج فازی را می توان بصورت زیر بیان نمود (قدیری معصوم و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۰۱):

- تعیین یک سیستم قاعده بنیاد فازی بر اساس داده های مشاهده ای؛
- فازی سازی بخش مقدم و تالی با استفاده از توابع عضویت فازی؛
- ترکیب قسمت های مختلف بخش مقدم هریک از قواعد و بدنبال آن تعیین شدت و میزان تأثیر 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.

۴. بحث و نتایج

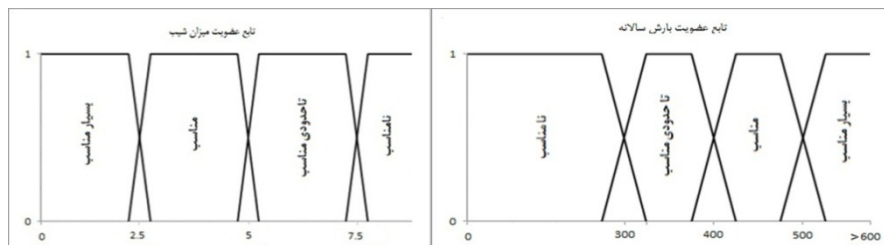
۴-۱. بکارگیری سیستم استنتاج فازی در ارزیابی تناسب اراضی برای کشت کلزا

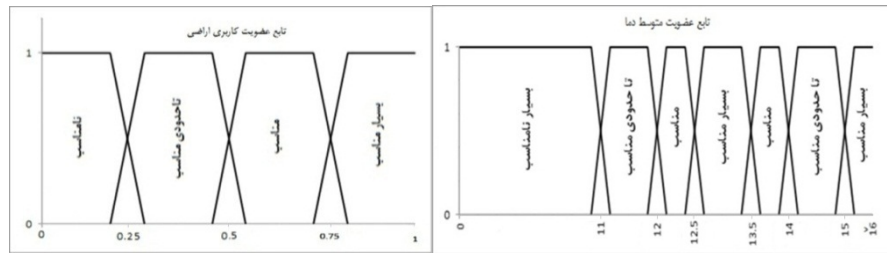
مرحله فازی سازی با تبدیل متغیرهای حقیقی به زبانی انجام می شود و لایه های اطلاعاتی فراسنج هایی همچون ارتفاع، شیب، اقلیم، کاربری اراضی، عمق خاک به ۴ کلاس "بسیارمناسب، مناسب، تاحدودی مناسب و نامناسب" دسته بندی گردیدند که برخی از لایه های مورد استفاده در این پژوهش در (شکل ۳) آورده شده است.



شکل ۳: برخی از لایه های اطلاعاتی مورد استفاده در این مطالعه

پس از تعیین محدوده های معیارها، مطابق با جدول ۱، توابع عضویت هر معیار تعریف می گردد، که در اینجا با توجه به گستردگی معیارها و بالطبع توابع، به نمودار تعداد محدودی از توابع بسنده شده است (شکل ۴). در این نمودارها محور X تغییرات مقدار فاکتور در محدوده مطالعاتی بر حسب واحد مربوطه و محور Y مقدار عضویت آن مقدار در مجموعه فازی (که بین ۰ و ۱ می باشد) را نشان می دهد.





شکل ۴: برخی از توابع عضویت مورد استفاده در این مطالعه.

بر اساس تابع عضویت ذوزنقه ای، عدد فازی را می توان به صورت یک رابطه سه تایی در نظر گرفت. برای مثال تابع عضویت فازی لایه شیب، به این صورت محاسبه شده است (رابطه ۴):

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & x < 2.3 \\ (2.7 - x) / 0.4 & 2.3 \leq x < 2.7 \\ 0 & x > 2.7 \end{cases} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x < 2.7 \\ (x - 2.3) / 0.4 & 2.3 \leq x < 2.7 \\ 1 & 2.7 \leq x < 4.8 \\ (5.2 - x) / 0.4 & 4.8 \leq x < 5.2 \\ 0 & x > 5.2 \end{cases}$$

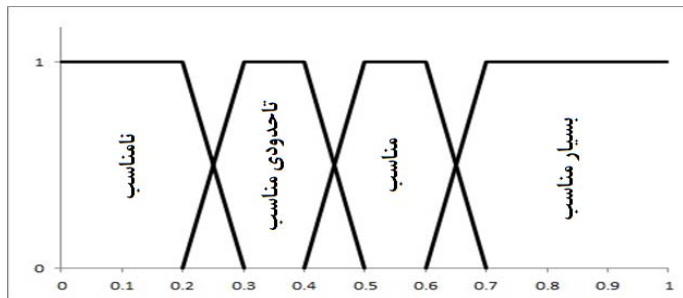
$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x < 5.2 \\ (x - 4.8) / 0.4 & 4.8 \leq x < 5.2 \\ 1 & 5.2 \leq x < 7.3 \\ (7.7 - x) / 0.4 & 7.3 \leq x < 7.7 \\ 0 & x > 7.7 \end{cases}$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x < 7.7 \\ (x - 7.3) / 0.4 & 7.3 \leq x < 7.7 \\ 1 & x > 7.7 \end{cases}$$

پس از تعریف فراسنج های ورودی و خروجی و طراحی توابع عضویت، برای تلفیق داده های فازی، نیاز به تعریف و اعمال مجموعه ای از قواعد فازی خواهد بود. از آنجا که ارزیابی تناسب اراضی با کمک قواعد زبانی، مزیت قابل توجهی در فهم بهتر و تفسیر آسانتر سیستم دارد، با این وجود افزایش تعداد قواعد سبب افت مزیت سیستم استنتاج شده است، زیرا تعداد قواعد بستگی مستقیمی به تعداد مجموعه های فازی و تعداد معیارها دارد (نصیری و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۱۴). با این حال جهت ارزیابی مناسب و بهینه از توان منطقه، استفاده از بیشترین منابع موجود و مرتبط با هدف مورد نظر، سبب افزایش اعتبار و دقت مطالعه خواهد شد. در این مطالعه با استفاده از دانش کارشناسی، پایگاه قواعد فازی مورد نظر تعریف گردید، که در جدول ۲، تعدادی از این قواعد در ارتباط با تعیین تناسب اراضی برای کشت کلزا، آورده شده است. در این مطالعه تعداد قواعد تعریف شده برای هدف مورد نظر ۲۸۲۱ قاعده می باشد. برای بیان این قواعد از حروف اختصاری M.S (کاملاً مناسب؛ Most Suitable)، S (مناسب؛ Suitable)، M.D (ناحدودی مناسب؛ Moderate Suitable) و U.S (نامناسب؛ Unsuitable) استفاده شده است.

در نهایت خروجی مرحله استنتاج فازی معمولاً شامل یک یا چند عدد فازی است. بنابراین تلفیق داده ها با استفاده از قواعد (اگر- آنگاه) فازی مستلزم به کار گیری یک مدل تصمیم گیری است، که در این

مطالعه از روش حداقل - حداکثر ممدانی، به دلیل ساختار ساده و مؤثر آن و همچنین کاربرد گسترده آن در مسائل علمی (منهاج، ۲۰۰۸)، استفاده می شود. در این مدل برای ترکیب درجات عضویت توابع ورودی، از عملگر AND، معادل حداقل، استفاده می شود. انجام مرحله دوم مدل استنتاج ممدانی شامل تلفیق توابع عضویت فازی بخش تالی قواعد با استفاده از عملگر OR، معادل حداکثر می باشد.



شکل ۵: توابع عضویت خروجی.

جدول ۲: برخی از قواعد فازی مورد استفاده در این مطالعه.

ردیف	قاعده
۱	اگر متوسط دما MS و بیشینه دما MS و کمینه دما MS و دمای جوانه زنی MS و دمای گلدهی MS و بارش دوره رشد MS و بارش پاییزه MS و بارندگی زمستان MS و بارندگی دوره گلدهی MS و بارندگی دوره رشد ساقه MS و بارش خرداد MS و تعداد روزهای یخبندان MS و رطوبت نسبی MS و ساعات آفتابی MS و درجه - روز رشد S و ارتفاع MS و میزان شیب MS و جهت شیب S و عمق خاک MS و تیپ اراضی MS و کاربری اراضی MS باشد، آنگاه درجه تناسب پیکسل بسیار مناسب (MS) است.
۲	اگر متوسط دما MS و بیشینه دما MS و کمینه دما S و دمای جوانه زنی MS و دمای گلدهی MS و بارش دوره رشد MS و بارش پاییزه MS و بارندگی زمستان S و بارندگی دوره گلدهی MS و بارندگی دوره رشد ساقه MS و بارش خرداد MS و تعداد روزهای یخبندان S و رطوبت نسبی MS و ساعات آفتابی MS و درجه - روز رشد S و ارتفاع MS و میزان شیب MS و جهت شیب MD و عمق خاک MS و تیپ اراضی MS و کاربری اراضی MS باشد، آنگاه درجه تناسب پیکسل بسیار مناسب (MS) است.
۳	اگر متوسط دما S و بیشینه دما MS و کمینه دما S و دمای جوانه زنی S و دمای گلدهی S و بارش دوره رشد S و بارش پاییزه S و بارندگی زمستان S و بارندگی دوره گلدهی S و بارندگی دوره رشد ساقه S و بارش خرداد S و تعداد روزهای یخبندان S و رطوبت نسبی MD و ساعات آفتابی S و درجه - روز رشد S و ارتفاع S و میزان شیب S و جهت شیب MD و عمق خاک MS و تیپ اراضی S و کاربری اراضی S باشد، آنگاه درجه تناسب پیکسل مناسب (S) است.
۴	اگر متوسط دما S و بیشینه دما S و کمینه دما MS و دمای جوانه زنی S و دمای گلدهی S و بارش دوره رشد S و بارش پاییزه S و بارندگی زمستان MS و بارندگی دوره گلدهی S و بارندگی دوره رشد ساقه S و بارش خرداد S و تعداد روزهای یخبندان S و رطوبت نسبی S و ساعات آفتابی S و درجه - روز رشد S و ارتفاع S و میزان شیب S و جهت شیب MD و عمق خاک S و تیپ اراضی S و کاربری اراضی MS باشد، آنگاه درجه تناسب پیکسل مناسب (S) است.
۵	اگر متوسط دما MD و بیشینه دما MD و کمینه دما MD و دمای جوانه زنی MD و دمای گلدهی MD و بارش دوره رشد MD و بارش پاییزه MD و بارندگی زمستان MS و بارندگی دوره گلدهی MD و بارندگی دوره رشد ساقه MD و بارش خرداد MD و تعداد روزهای یخبندان MD و رطوبت نسبی S و ساعات آفتابی MD و درجه - روز رشد MD و ارتفاع MS و میزان شیب MD و جهت شیب US و عمق خاک MD و تیپ اراضی MD و کاربری اراضی S باشد، آنگاه درجه تناسب پیکسل تأخوری مناسب (MD) است.
۶	اگر متوسط دما MD و بیشینه دما MD و کمینه دما MD و دمای جوانه زنی S و دمای گلدهی MD و بارش دوره رشد MD و بارش پاییزه MD و بارندگی زمستان S و بارندگی دوره گلدهی MD و بارندگی دوره

ردیف	قاعده
	رشد ساقه MD و بارش خرداد S و تعداد روزهای یخبندان MD و رطوبت نسبی MD و ساعات آفتابی MD و درجه - روز رشد MD و ارتفاع S و میزان شیب S و جهت شیب US و عمق خاک MD و تیپ اراضی MD و کاربری اراضی MS باشد، آنگاه درجه تناسب پیکسل تاحدودی مناسب (MD) است.
۷	اگر متوسط دما US و بیشینه دما MD و کمینه دما US و دمای جوانه زنی US و دمای گلدهی US و بارش دوره رشد US و بارش پاییزه US و بارندگی زمستان S و بارندگی دوره گلدهی US و بارندگی دوره رشد ساقه US و بارش خرداد MD و تعداد روزهای یخبندان US و رطوبت نسبی S و ساعات آفتابی S و درجه - روز رشد US و ارتفاع S و میزان شیب US و جهت شیب MS و عمق خاک US و تیپ اراضی US و کاربری اراضی MD باشد، آنگاه درجه تناسب پیکسل نامناسب (US) است.

برای مثال اگر در تعیین درجه تناسب یک پیکسل جهت کشت کلزا، میزان شیب ۴ درصد، متوسط دما، ۱۲/۲، بارش سالانه ۳۷۵ میلیمتر، و کاربری اراضی نیز از نوع آبی باشد، آنگاه درجه تناسب پیکسل با این چهار ورودی چقدر خواهد بود؟

با توجه به نمودارهای توابع عضویت (شکل ۴)، در چنین شرایطی میزان شیب به کلاس مناسب و با درجه عضویت ۰/۷۵، متوسط دما با کلاس مناسب و درجه عضویت ۰/۷۵، بارش دوره رشد به کلاس تاحدودی مناسب و درجه عضویت ۰/۵ و کاربری اراضی نیز به کلاس بسیار مناسب و درجه عضویت ۱ تعلق دارند. در چنین شرایطی باید کلیه قواعدی که میزان شیب و دمای آنها مناسب، بارش تاحدودی مناسب و کاربری اراضی آنها بسیار مناسب است، انتخاب شوند. در مرحله بعد با توجه به درجات عضویت فازی پیکسل به توابع عضویت ورودی، درجه عضویت پیکسل به تابع عضویت خروجی محاسبه می شود. از آنجا که در این مطالعه برای تلفیق درجات عضویت توابع ورودی، از تابع حداقل استفاده می شود، درجه عضویت فازی در مثال بالا ۰/۵ خواهد بود. در مرحله بعد و با تلفیق کلیه لایه ها، تابع عضویت حداکثر انتخاب می شود. خروجی مدل تا به اینجا، چند عدد فازی است که باید با استفاده از روش های غیر فازی ساز، به یک کمیت قطعی تبدیل شوند. برای انجام این مرحله از روش مرکز ثقل و بر اساس رابطه (۵) انجام شد.

$$\text{Suitabilit } y = \frac{\sum_j a_j \mu(s_j)}{\sum_j j \mu(s_j)} \quad \text{رابطه (۵)}$$

در رابطه (۵) منظور از $\mu(S_j)$ درجه عضویت فازی مقادیر j است که j بیانگر تغییر درجه عضویت فازی در خروجی مرحله استنتاج فازی است.

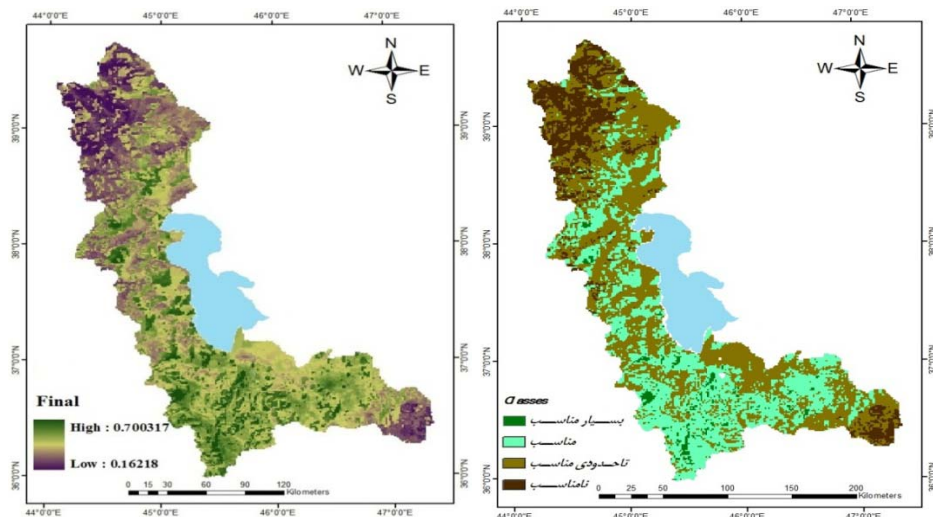
۲-۴. یافته ها

جهت انجام فرآیند پیشنهادی تحقیق برای تعیین مناطق مناسب کشت کلزا با استفاده از یک سیستم استنتاج فازی و بر مبنای تجزیه و اطلاعات کارشناسان کلیه فراسنج های مؤثر بر کشت کلزا در یک منطقه شناسایی (جدول ۱) و بصورت رستری در محیط GIS آماده شدند و تحلیل های مکانی اولیه بر روی آنها صورت گرفت. در ادامه بمنظور در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در روش برای هریک از فراسنج های ورودی یک تابع عضویت تعریف گردید. سپس مقادیر پیسکل های مجموعه داده های رستری مرتبط با معیارهای ارزیابی تناسب اراضی برای کشت کلزا استخراج و در ۴ کلاس جداگانه در پایگاه داده ذخیره شدند.

در نهایت با استفاده از این توابع عضویت، مجموعه ای از قوانین جهت کلاسه بندی مناطق مستعد تعریف و در نهایت مناطق مستعد کشت کلزا در استان ارومیه تعیین گردید.

نتایج نشان می دهد که ۴ کلاس تعریف شده برای کشت کلزا در سطح استان آذربایجان غربی وجود دارد. بر پایه نقشه منطقه بندی نهایی (شکل ۶) حدود ۵۵۳ کیلومتر مربع، معادل ۲.۴۱٪ درصد از مساحت کل، دارای توان بسیار مناسب، حدود ۸۱۶۱ کیلومتر مربع، معادل ۳۵.۶۶ درصد دارای توان مناسب، ۱۱۱۴۶ کیلومتر مربع، معادل ۴۸/۷ درصد از مساحت کل استان دارای توان تاحدودی مناسب و حدود ۳۰۲۳ کیلومتر مربع، معادل ۱۳/۲ درصد از سطح استان دارای کلاس نامناسب برای کشت کلزا است. بطور کلی نتایج نشان می دهد که ۳۸ درصد از سطح مساحت استان آذربایجان غربی دارای توان مناسب برای کشت کلزا بوده و می توان برای کشت این محصول در سطح گسترده در این مناطق از استان برنامه ریزی کرد.

بطور کلی نقشه پهنه بندی نشان می دهد که مناطق مناسب و بسیار مناسب، پیکسل هایی هستند که فراسنج های دما، بارش، کاربری اراضی، شیب و عمق خاک مناسب دارند. بطوری که مناطق شمالی استان بدلیل ارتفاع بالا، متوسط دمای پایین، بارش پایین تر از ۳۰۰ میلیمتر و خاکهای با عمق کم، دارای توان نامناسب برای کشت کلزا هستند. این شرایط برای منتهی الیه جنوب شرقی استان نیز صادق است، گرچه میزان بارش این منطقه در محدوده ی تاحدودی مناسب قرار دارد. در مقابل در قسمت جنوب غرب استان به دلیل میزان بارش بسیار مناسب، دمای سالانه مطلوب، خاک های با عمق مناسب و میزان شیب مناسب برای فعالیت کشاورزی، دارای تناسب پیکسل بسیار مناسب و مناسب می باشد. همچنین مشاهده می شود که نواحی اطراف دریاچه ارومیه به علت خاک نامناسب و بارش کم، علی رقم داشتن شرایط ارتفاعی و شیب مطلوب، عمدتاً دارای کلاس تاحدودی مناسب می باشد که در برخی پیکسل ها که عمق خاک و کاربری ها مناسب باشد، ارزش حاصله برای منطقه مناسب است. باید اضافه کرد که در مناطق مرتفع غرب استان که میزان ارتفاع و شیب به عنوان یک عامل محدود کننده برای کشت کلزا و بطور کلی کشاورزی در منطقه محسوب می شود، مناطقی وجود دارد که دارای کلاس بسیار مناسب و مناسب می باشد که دلیل آن را می توان شیب و جهت بسیار مناسب، کاربری و عمق خاک بسیار مناسب دارای کلاس بسیار مناسب و مناسب می باشد. گرچه متوسط بارش و دمای ثبت شده برای غرب استان در کلاس تاحدودی مناسب قرار دارد، اما با توجه به اینکه در معیارها جهت شیب لحاظ شده است و جهت شیب مطلوب، شیب های آفتابگیر تعیین شده اند، کمی دما با افزایش تابش جبران شده است و برای کلاس بارش نیز اراضی با کشت آبی در سیستم استنتاج لحاظ شده است، کلاس این مناطق به مناسب و بسیار مناسب تغییر کرده است. بنابراین همانطور که ملاحظه می شود پیاده سازی فرآیند استنتاج فازی برای تعیین تناسب اراضی دارای قابلیت بالایی است.



شکل ۶: نقشه نهایی فازی (A) و طبقه‌بندی (B) پتانسیل کشت کلزا در استان آذربایجان غربی.

برای بررسی بهتر پتانسیل کشت کلزا در استان آذربایجان غربی، وضعیت شهرستان‌های استان ندر میزان تعلق به هر یک از کلاس‌ها (از ۱ معادل بسیار مناسب تا ۴، معادل نامناسب) محاسبه گردید (جدول ۳).

جدول ۳: وضعیت شهرستان‌های استان آذربایجان غربی در میزان تعلق به هر یک از کلاس‌ها (۱ معادل بسیار مناسب تا ۴، معادل نامناسب).

کلاس	ارومیه	اشنویه	پلدشت	پیرانشهر	تکاب	خوی	سلماس	شاهین دژ	شوط
۱	۱/۲۳	۳/۲۷	۰	۵/۷۸	۰	۰/۱۰۶	۱/۲۱	۲/۳۷	۰
۲	۴۰/۱۹	۳۵/۵۲	۱۳/۸	۶۰/۶۸	۱۲/۶	۱۹/۹۹	۴۰/۲۱	۴۹/۲	۱۲/۵۲
۳	۵۵/۴۱	۶۱/۲	۷۴/۹۴	۳۳/۵۳	۵۲/۶	۵۹/۳۴	۵۳/۵۱	۴۸/۲۲	۵۷/۲۶
۴	۳/۱۶۷	۰	۱۱/۲۴	۰	۳۴/۸	۲۰/۵۵	۵/۰۵	۰/۲	۳۰/۲۱

کلاس	ماکو	مهاباد	میاندوآب	نقده	بوکان	سردشت	چالدران	چاپاره	کل استان
۱	۰	۹/۶۹	۰/۱۶	۵/۰۴	۲/۴۵	۱۴	۰	۰	۲/۴۱
۲	۳/۸۵	۶۶/۰۶	۲۳/۹۱	۵۸/۹۳	۵۶/۳۶	۷۸	۰/۸۲	۱۸	۳۵/۶۶
۳	۴۰/۳۶	۲۴/۲۵	۷۵/۹۲	۳۶/۰۲	۴۱/۱۸	۷/۹	۳۲/۶۷	۶۶/۱۱	۴۸/۷
۴	۵۵/۷۸	۰	۰	۰	۰	۰	۶۶/۵	۱۵/۸	۱۳/۲۱

نتایج نشان می‌دهد که شهرستان‌های سردشت، مهاباد و پیرانشهر به ترتیب با ۱۴، ۵/۷۸ و ۵/۰۴ درصد از سطح استان دارای بیشترین میزان نسبت کلاس ۱ هستند و این کلاس در شهرستان‌های پلدشت، تکاب، شوط، ماکو، چالدران و چاپاره وجود ندارد. در محدوده کلاس ۲، شهرستان‌های سردشت، مهاباد و پیرانشهر به ترتیب ۷۸، ۶۶/۰۶ و ۶۰/۶۸ درصد از مساحت کل شهرستان، دارای بیشترین میزان نسبت کلاس ۱ هستند. در این کلاس شهرستان‌های چالدران، تکاب و پلدشت به ترتیب با ۰/۸۲، ۱۲/۶ و ۱۳/۸ درصد از سطح مساحت شهرستان دارای کمترین مساحت برای کشت کلزا در کلاس مناسب هستند. در کلاس ۳، که بیشترین درصد مساحت استان را به خود اختصاص داده است، شهرستان‌های میاندوآب، پلدشت و چاپاره به

ترتیب با ۷۵/۹۲، ۷۴/۹۴ و ۶۶/۱۱ درصد از سطح مساحت خود، دارای بیشترین مساحت برای این کلاس هستند، که در این شرایط بهتر است که برای کشت محصولی سازگار با این مناطق برنامه ریزی شود. در کلاس ۴ نیز شهرستان های چالدران، ماکو و تکاب به ترتیب با ۶۶/۵، ۵۵/۷۸ و ۳۴/۸ درصد از سطح مساحت خود، نامناسب ترین شهرستان های این استان برای کشت کلزا محسوب می شوند. شهرستان های اشنویه، پیرانشهر، مهاباد، میاندوآب، نقده، بوکان، سردشت نیز فاقد کلاس نامناسب برای کشت کلزا هستند.

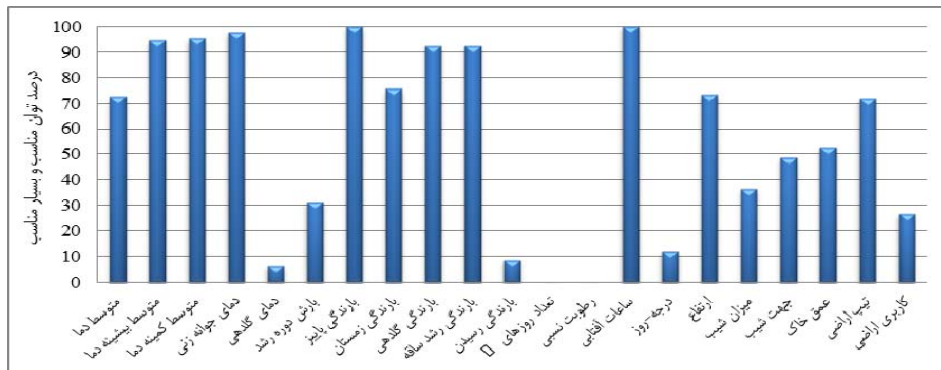
بطور کلی شهرستان های سردشت، مهاباد و پیرانشهر و نقده به ترتیب با ۹۲، ۷۶، ۶۶ و ۶۴ درصد از سطح مساحت خود در کلاس بسیار مناسب و مناسب، بهترین شهرستان های برای کشت کلزا محسوب می شوند، بطوری که در این سه شهرستان کلاس نامناسب نیز وجود ندارد. در مقابل شهرستان های چالدران، ماکو، تکاب و شوط به ترتیب با اختصاص دادن ۹۹، ۹۶، ۸۷ و ۸۷ درصد از سطح مساحت خود به کلاس های نامناسب و تاحدودی مناسب، نامناسب ترین شهرستان های برای کشت کلزا محسوب می شوند. بنابراین شهرستان سردشت مناسبترین شهرستان و شهرستان چالدران نامناسب ترین شهرستان برای کشت کلزا محسوب می شوند.

با نگاهی به پراکندگی شهرستان ها در کلاس های ۱ تا ۴ در سطح استان آذربایجان غربی، می توان به تأثیر فراسنج های دما، بارش و ارتفاع در کشت کلزا و در سایر فراسنج های مورد استفاده در این پژوهش پی برد. به گونه ای که مناطق دارای ارتفاع بیشتر دارای شیب نامناسب تر، دمای کمتر و درجه-روزهای کمتر و عمق خاک کمتر برای کشت کلزا هستند، که در کلاسه بندی کل نیز عمده‌تاً دارای پیکسل نامناسب و تاحدودی مناسب می باشند. اما در درمقابل بیشتر مناطق با کلاس مناسب و بسیار مناسب دارای بارش، میزان و جهت شیب و دمای بهینه هستند.

شکل (۷) نمودار تحلیل حساسیت هریک از فراسنج های ورودی در مدل می باشد. برای تجزیه و تحلیل حساسیت، اراضی با توان بسیار مناسب و مناسب که توسط روش استنتاج فازی تعیین شد، در هریک از مشخصه ها مورد بررسی قرار گرفته شد و میزان انطباق عرصه های با توان بسیار مناسب و مناسب با کلاس های ۱ و ۲ هر یک از مشخصه های ورودی محاسبه شد.

نتایج این نمودار مبین این مطلب است که ۷۲/۶ درصد از سطوح با کلاس ۱ و ۲، منطبق بر دمای متوسط مناسب و بسیار مناسب می باشد. بنابراین، نتایج حساسیت مدل نشان می دهد که بیش از ۹۰ درصد عرصه های با توان بسیار مناسب و مناسب، منطبق با فراسنج های متوسط بیشینه و کمینه دما، دمای جوانه زنی، بارندگی پاییزه، بارندگی گلدهی و رشد ساقه و ساعات آفتابی در شرایط مناسب و بسیار مناسب بوده اند. همچنین بیش از ۷۰ درصد فراسنج های متوسط دما، بارندگی زمستانه، ارتفاع و تیپ اراضی در طبقه های مناسب و بسیار مناسب، منطبق با کلاس های ۱ و ۲ در نقشه ارزیابی کلی است. گرچه برخی از فراسنج ها نیز در نقشه ارزیابی کلی در کلاس های ۱ و ۲ فاقد ارزش بوده و علت آن را می توان ماهیت این فراسنج ها در نظر گرفت. برای مثال معیار میزان رطوبت نسبی تعداد روزهای یخبندان در منطقه مورد توجه به جدول ۱، فاقد طبقه های بسیار مناسب و مناسب در منطقه مورد مطالعه بوده بنابراین در طبقه بندی کلی در کلاس های ۱ و ۲ فاقد ارزش بوده اند، اما با توجه به گستردگی معیار ها و جبران شدن ضعف این معیار ها توسط سایرین، امکان ارزیابی مناسب و منطبق با توان های منطقه فراهم گردید. نتایج تجزیه و تحلیل حساسیت مدل نیز مبین این مطلب است که بخش زیادی از اراضی با کلاس ۱ و ۲ در نقشه نهایی، منطبق بر کلاس های

بسیار مناسب و مناسب هر یک از معیار های ورودی به مدل بوده است و این امر رضایت بخش بودن نتایج مدل پیشنهادی را در ارزیابی قابلیت اراضی برای کشت کلزا نشان می دهد.



شکل ۷: نمودار تجزیه و تحلیل حساسیت فراسنج های ورودی.

۵. نتیجه گیری

امروزه با افزایش جمعیت و نیاز جوامع به کشت محصولات استراتژیک و صنعتی، سبب شده است که کشاورزان به کشت این محولات علاقه نشان دهند. بطوری که این مسئله امروزه سبب استفاده نامناسب از زمین و منابع طبیعی شده است. از سوی دیگر محیط زیست طبیعی دارای توانی محدود برای استفاده انسان از منابع آن است. در پاره ای از محیط ها طبیعت با مناسب ترین شرایط، مهیای توسعه و استفاده بهینه است و در برخی دیگر کمترین، دخل و تصرف انسان در آن منجر به آسیب های غیر قابل جبران در محیط زیست می شود. بنابراین برای انجام هرگونه توسعه در محیط زیست، پیش از برنامه ریزی برای استفاده از آن باید به ارزیابی قابلیت منطقه در قالب برنامه ریزی اصولی و منسجم پرداخته شود. یکی از این محصولات، دانه های روغنی از جمله کلزا می باشد. در این مدل به پیاده سازی یک مدل برای ارزیابی تناسب اراضی برای کشت کلزا در استان آذربایجان پرداخته شد. برای این منظور به انتخاب فراسنج های مورد نیاز کشت کلزا به روش کارشناسی پرداخته شد. اما از آنجا که تئوری های تصمیم گیری مورد استفاده در نرم افزار GIS ذاتاً دارای دقتی مبهم هستند و علت آن را می توان در تعیین مرز معیار ها جستجو کرد. زیرا عمده روش های تصمیم گیری در تعیین مرز نواحی به صورت قطعی عمل می کنند و این در حالی است که تغییر بین کلاس ها به صورت تدریجی صورت می گیرد. سیستم استنتاج فازی قادر است بسیاری از مفاهیم مبهم و غیر دقیق را صورت بندی ریاضی ببخشد و زمینه را برای تصمیم گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم کند (کریمی و همکاران، ۱۳۸۸، ۲۵). بنابراین با به کارگیری استنتاج گره های فازی میتوان ارزیابی قابلیت اراضی را، به خصوص در اطراف مرز عوارض و کلاسه های تشکیل دهنده نقشه های منابع اکولوژیکی، نزدیکتر به واقعیت انجام داد. نتایج تحقیق نشان می دهد که سیستم استنتاج فازی دارای کارایی مناسب برای ارزیابی تناسب اراضی است. این نتایج با یافته های (قدیری معصوم و همکاران، ۱۳۹۱؛ سایسات و همکاران، ۲۰۰۵؛ بسواس و پال، ۲۰۰۵) که برای مطالعات آمایش کشاورزی انجام شد دارای مطابقت است. نتایج پیاده سازی این مدل در استان آذربایجان غربی نشان می دهد که نواحی مرکزی و مخصوصاً جنوبی استان دارای توان بالایی برای کشت کلزا است که دلیل آن را می توان منطبق بودن این نواحی با مناطق مناسب دمایی، بارشی و خاک

مناسب دانست. در مقابل نواحی شمالی استان به دلیل ارتفاع بالا و دمای نامناسب و بارش کمتر نسبت به نواحی جنوبی استان، از قابلیت مناسبی برای کشت این محصول برخوردار نمی باشند. بر پایه نقشه منطقه بندی نهایی (شکل ۶) حدود ۲/۴۱٪ در صد از مساحت کل استان، دارای توان بسیار مناسب، ۳۵/۶۶ درصد، دارای توان مناسب، ۴۸/۷ درصد، دارای توان تاحدودی مناسب و حدود ۱۳/۲ درصد از سطح استان دارای کلاس نامناسب برای کشت کلزا می باشد. بنابراین ۳۸ درصد از سطح مساحت استان آذربایجان غربی دارای توان بهینه برای کشت کلزا بوده و می توان برای کشت این محصول در سطح گسترده در این مناطق برنامه ریزی کرد. ارزیابی تناسب اراضی به تفکیک شهرستان های استان آذربایجان غربی نیز نشان می دهد که شهرستان های سردشت، مهاباد و پیرانشهر و نقده به ترتیب با ۹۲، ۷۶، ۶۶ و ۶۴ درصد از سطح مساحت خود در کلاس بسیار مناسب و مناسب، بهترین شهرستان های برای کشت کلزا محسوب می شوند. در مقابل شهرستان های چالدران، ماکو، تکاب و شوط به ترتیب با اختصاص دادن ۹۹، ۹۶، ۸۷ و ۸۷ درصد از سطح مساحت خود به کلاس های نامناسب و تاحدودی مناسب، نامناسب ترین شهرستان های برای کشت کلزا محسوب می شوند.



۶. منابع

۱. آزر، ک. (۱۳۸۹). سنجش تناسب اراضی استان آذربایجان غربی برای کشت کلزا بر اساس روش های ارزیابی تصمیم گیری چند معیاره در محیط GIS. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه محقق اردبیلی. ص ۲۸.
۲. حسینی م.، زاهدی م.، فتحی م. ح.، ولیزاده کامران خ.، پهنه بندی اگروکلیماتیک آفتابگردان در شمال دریایچه ارومیه، جغرافیا و برنامه ریزی، ش ۴۵، ۴۳-۶۵.
۳. خواجه پور، م؛ سیدی، ف.، ۱۳۸۰. اثر دما و طول روز بر مراحل نمو ارقام آفتابگردان در شرایط مزرعه، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پنجم، شماره دوم، ۹۱-۱۰۶.
۴. خوشحال دستجردی، ج؛ یساری، ط؛ نوری ح، ۱۳۸۸، بررسی نیازهای حرارتی مراحل مختلف نمو آفتابگردان در کبوتر آباد اصفهان، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۳۶ (۴): ۱-۱۶.
۵. شریعتی ش.، قاضی شهنی زاده پ. (۱۳۷۹). کلزا، اداره کل آمار و اطلاعات در امور کشاورزی. ص ۵۷.
۶. صمدزادگان ف. عباسپور ر. پهلوانی پ. (۱۳۸۶). بکارگیری سیستم های مکان اطلاعاتی GIS در مکانیابی اماکن اسکان اضطراری شهروندان در حوادث طبیعی بر مبنای نظریه فازی. مدیریت سوانح طبیعی. جلد اول: صص ۱۷۲-۱۷۸.
۷. طاهری م. (۱۳۷۷). آشنایی با نظریه مجموعه های فازی. انتشارات جهاد دانشگاهی. مشهد.
۸. عبیری ص. (۱۳۸۶). تهیه جداول نیازهای اقلیمی و خاکی برای ارزیابی تناسب اراضی کشت کلزا در شرایط ایران بر اساس روش فائو، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. ص ۲۱.
۹. عفتی م. رجبی م. (۱۳۹۰). ارائه روشی نوین جهت شناسایی نقاط حادثه خیز جاده ای با استفاده از GIS و استنتاج فازی (مطالعه موردی محور کوهین - لوشان)، علوم و فنون نقشه برداری. ش ۲: ۱-۱۵.
۱۰. فلاح شمسی س. سبحانی ه. ارسطو س. درویش صفت ع. ا. فرجی دانا ا. ۱۳۸۴. مدل برنامه ریزی خطی در تخصیص زمین به کاربری های مختلف در حوزه آبخیز کلپیر چای وسطی. ۵۸ (۳): ۵۷۹-۵۸۹.
۱۱. قدیری معصوم م. نصیری ح. رفیعی ی. (۱۳۹۱). پیاده سازی مدل آمایشی کشاورزی با استفاده از سیستم استنتاج فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردی؛ شهرستان مرودشت. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ش ۲۵، ۱۹۵-۲۱۸.
۱۲. کافی م.، گنجعلی ع. نظامی آ. شریعتمداری ف. (۱۳۷۹). آب و هوا و عملکرد گیاهان زراعی، تألیف جی پیتر، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ اول. ص ۲۳۰-۲۶۰.
۱۳. کریمی محمد. سعدی مسگری م. شریفی م. ع. (۱۳۸۸). مدل سازی توان اکولوژیک سرزمین، با استفاده از منطق فازی (منطقه مورد مطالعه: شهرستان برخوار و میمه). سنجش از دور و GIS ایران. ش ۱: ۱۷-۳۸.
۱۴. کوره پزان دزفولی ا. (۱۳۸۷). اصول تئوری مجموعه های فازی و کاربرد آن در مدلسازی مسائل مهندسی آب. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر. ۱۱۰-۱۱۵.
۱۵. لشکری ح. رضایی ع. (۱۳۹۰). مکان یابی نواحی مستعد کشت کلزا در منطقه سرپل ذهاب، پژوهش های جغرافیای طبیعی. شماره ۷۸: ۲۹-۴۸.
۱۶. مظهری م. پارساپور خ. (۱۳۹۰). بررسی عوامل مؤثر بر کشت کلزا (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی). نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی). ش ۴: صص ۴۱۰-۴۱۹.
۱۷. منهای م. ب. نساجی م. (۱۳۷۹). مبانی استدلال فازی. دانش مدیریت. ش ۵۱: ۲۴-۳۴.
۱۸. میرمحمدی س. م. (۱۳۸۷). آمایش سرزمین و ملاحظات امنیت اقتصادی. انتشارات تدبیر اقتصاد. تهران.

۱۹. نصیری ح. علوی پناه س. ک. متین فرح. ر. عزیزی ع. حمزه م. (۱۳۹۱). پیاده سازی مدل اکولوژیکی کشاورزی با رویکرد PROMETHEE II و Fuzzy AHP در محیط GIS (مطالعه موردی شهرستان مرودشت). محیط شناسی. شماره ۳۷-۳: صص ۱۰۹-۱۲۲.

20. 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.
21. 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.
22. Engelbrecht, A. P. 2007. *Computational Intelligence: An Introduction, Second Edition*, John Wiley Sons, Ltd.
23. Farajzadeh M., Adab H., Amiri R. 2007. *The preparation of the colza suitability map using statistical analysis and GIS; Case study: Sabzevar Township, Iran*. *International Journal of Botany*. 3 (4): 359-365.
24. Ghasemi pirbalouti, A., Normohammadi, Gh., A Kamali, Gh., Ayeneh Band, A., Porhemmat, J., Abdollahi, Kh., Golparvar, A.R. 2008. *Integrating Some of the Ecological Factors in Order Sustainable Canola Production Using GIS in Southwest Iran*. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci*. 41:68-71.
25. Jacek, M. 2004. *GIS based land use suitability analysis: A critical overview*. *Prog. Planing*, 62: 3-65.
26. Liu, Y., Lv, X., Qin, X., Guo, H., Yu, Y., Wang, J., Mao, G. 2007. *An Integrated GISbased Analysis System for Land-use Management of Lake Areas in Urban Fringe*. *Landscape and Urban Planning*. 82:233-246.
27. 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.
28. 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.
29. Menhaj M.B. 2008. *Fuzzy Computing: Artificial Intelligence*. The first edition. Daneh Negar publication.
30. Reshmidevi ,T.V., T.L., Eldho , R., Jana. 2009. *A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds*. *Agricultural Systems*. 101: 101 -109.
31. Saroinsong F. Harashina K., Arifin, H., Gandasasmita, K., Sakamoto, K. 2007. *Practical Application of a Land Resources Information System for Agricultural Landscape Planning*. *Landscape and Urban Planning* 79.38-52.
32. Store R. 2009. *Sustainable Locating of Different Forest Uses*. *Land Use Policy* 26. 610-618.
33. Sicat R.S., Carranza E.J.M., Nidumolu U.B. 2005, *Fuzzy Modeling of Farmers' Knowledge for Land Suitability Classification*. *Agricultural Systems* 83. 49-75.