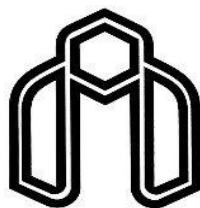


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی علوم خاک

پایان نامه کارشناسی ارشد

ارزیابی تلفیقی اراضی با روش مجموعه‌های فازی و تکنیک AHP در منطقه بسطام

امین شریفی فر

اساتید راهنما:

دکتر هادی قربانی

دکتر فریدون سرمیدیان

اساتید مشاور:

دکتر محمود رحیمی

دکتر عباس روحانی

تیر ماه ۱۳۹۲

تقدیم به،

آنان که از جان خود گذشتند تا جان ما در آسایش راه رسیدن به آرامش را بیاید، آنان که بی ادعا بودند و هستند. آنان که در راه حقیقت به مقام فنا رسیدند و معنای حقیقی انسانیت را تعلیم دادند. هم آنان که با اهدای خون خود نه تنها از بین نرفتند، بلکه جاودانه گشتند و جاودانه زیستن را باید از آنان آموخت. آنان که به ما آموختند که حقیقت را بیاموزیم. تقدیم به شهدای راه حق که موجبات پیودن راه حقیقت را برای ما فراهم نمودند.

تقدیر و تشکر

از همه ی معلمان دلسوزم از اولین مقاطع تحصیلی تا این مقطع حاضر تقدیر و تشکر میکنم و از خداوند متعال عاقبت به خیری را در این دنیا و در جهان عقبی را برایشان خواستارم.

از پدر و مادر زحمت کشم که همیشه در زندگی پشتیبانم بوده اند و اعضای خانواده ام که از بهترین لحظاتی که میتوانستم در کنار آنان سپری کنم را صرف تحقیق و پیگیری کارهای علمی نمودم،

از همه ی اساتید گران قدم در مقطع کارشناسی و کارشناسی ارشد، به خصوص اساتید راهنمایم جناب آقایان دکتر قربانی و دکتر سرمیدیان که با راهنمایی های دلسوزانه و صمیمانه موجب تحرک و پویایی در من شدند،

از همه سپاسگزارم و امیدوارم رحمت و برکت الهی همیشه قرین راهتان باشد.

چکیده

برای بهره برداری بهینه از اراضی و حفاظت معقول از منابع طبیعی و همچنین اختصاص دادن زمین ها به کاربری متناسب با آنها، انجام ارزیابی قابلیت و تناسب اراضی کاملاً ضروری می باشد. در تحقیق حاضر که در منطقه بسطام واقع در شمال شاهرود بین مختصات جغرافیایی $39^{\circ} 54'$ تا $20^{\circ} 55'$ طول شرقی و $26^{\circ} 36'$ تا $45^{\circ} 36'$ عرض شمالی انجام شد، پس از ارزیابی قابلیت کلی اراضی، روش های مختلف ارزیابی تناسب اراضی شامل روش های استوری، ریشه دوم، حداکثر محدودیت و روش مجموعه های فازی برای محصولات مختلف مورد آزمون قرار گرفت. شاخص های اراضی به دست آمده از روش های مختلف، با عملکرد واقعی محصولات در واحدهای مختلف اراضی مقایسه شد و روش فازی به عنوان بهترین روش با بالاترین ضریب همبستگی با عملکرد واقعی محصولات، تعیین شد. نتایج ارزیابی تناسب فیزیکی گندم، گوجه فرنگی، سیب زمینی و سیب به روش فازی نشان داد که گندم با نمره ی $61/25$ دارای بالاترین تناسب در واحد زمین مورد مطالعه بود. سپس با استفاده از مدلی رایانه ای به نام Arenal در مجموعه نرم افزاری میکرولیز، ارزیابی میزان آسیب پذیری شیمیایی زمین تحت کشت محصولات مختلف انجام شد. نتایج این مدل نشان داد که کشت محصولات یک ساله آسیب کمتری نسبت به محصولات چند ساله از خود به جای می گذارد. علاوه بر آن مقایسه ی نسبی سوددهی اقتصادی محصولات نیز انجام گرفت. نتایج ارزیابی اقتصادی نشان داد که کشت گوجه فرنگی با بیشترین سود، با صرفه ترین محصول از لحاظ اقتصادی می باشد. در نهایت نتایج سه ارزیابی ذکر شده، به وسیله ی تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) با هم تلفیق شدند تا بهترین کاربری (محصول) برای کشت در یکی از واحدهای اراضی مطالعاتی تعیین شود. حاصل این کار مشخص

شدن گندم به عنوان بهترین محصول از لحاظ تناسب فیزیکی زمین، کمترین آسیب رسانی زیست محیطی و بیشترین سود اقتصادی بود.

کلمات کلیدی: ارزیابی اراضی، تئوری مجموعه های فازی، میکرولیز، بسطام
مقالات مستخرج از پایان نامه:

1- Sharififar, A., Ghorbani, H., Karimi, H. (2013). Integrated land evaluation for sustainable agricultural production by using AHP technique. *Agriculture*. (Accepted. Awaiting publication).

2- Sharififar, A., Ghorbani, H., Sarmadian, F. (2013). Multiple criteria decision making in environmental risks assessment. The 1st International Conference on Environmental Crisis and its Solutions. Islamic Azad University of Khuzestan, Kish Island. Iran.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه.....	۱
۱-۱- اهمیت کشاورزی پایدار.....	۲
۱-۲- شرح مسئله.....	۴
۱-۳- اهداف تحقیق.....	۶
اصطلاحات:	
ارزیابی اراضی.....	۷
معیارهای ارزیابی فیزیکی.....	۷
کشاورزی پایدار.....	۸
ریاضیات فازی.....	۸
سیستم تصمیم گیری چند معیاره.....	۱۰
AHP.....	۱۰
معیارهای AHP.....	۱۱
ماتریس مقایسات زوجی.....	۱۱
ماتریس مقایسات زوجی نرمال.....	۱۱
گزینه های پیشنهادی.....	۱۱
وزن دهی در AHP.....	۱۱
ساختار سلسله مراتب AHP.....	۱۲
نیاز های کاربری اراضی.....	۱۲

۱۳.....	رده بندی تاکسونومیک اراضی.....
۱۳.....	ارزیابی قابلیت اراضی.....
۱۴.....	ارزیابی تناسب اراضی.....
۱۵.....	فصل دوم: بررسی منابع.....
۱۶.....	مرور منابع سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره
۱۹.....	مرور منابع AHP.....
۲۱.....	بازبینی روش‌های مختلف ارزیابی فیزیکی اراضی کشاورزی.....
۲۳.....	فصل سوم: مواد و روش‌ها.....
۲۴.....	۳-۱- توصیف منطقه‌ی مطالعه.....
۲۵.....	۳-۲- نمونه برداری خاک و آنالیزها.....
۲۶.....	۳-۳- ارزیابی قابلیت اراضی.....
۲۷.....	۳-۴- ارزیابی فیزیکی تناسب اراضی.....
۳۳.....	۳-۴-۱- روش حداکثر محدودیت.....
۳۳.....	۳-۴-۲- روش استواری.....
۳۴.....	۳-۴-۳- روش ریشه دوم.....
۳۴.....	۳-۴-۴- روش مجموعه‌های فازی.....
۳۸.....	۳-۵- ارزیابی اقتصادی.....
۳۹.....	۳-۶- ارزیابی زیست محیطی.....
۴۰.....	۳-۷- فرایند تحلیل سلسله مراتبی.....
۴۳.....	فصل چهارم: نتایج و بحث.....

۴۴	۴-۱- نتایج ارزیابی قابلیت اراضی.....
۴۷	۴-۲- نتایج ارزیابی تناسب اراضی.....
۵۹	۴-۳- نتایج ارزیابی اقتصادی.....
۶۳	۴-۴- نتایج ارزیابی زیست محیطی.....
۶۵	۴-۵- نتایج تلفیق معیار ها.....
۶۷	جمع بندی و پیشنهادات.....
۶۸	نتیجه گیری.....
۷۰	پیشنهادهات.....
۷۱	منابع.....
۸۴	ضمیمه.....

فهرست جدول‌ها

۲۴.....	جدول ۱-۳.....
۲۷.....	جدول ۲-۳.....
۳۰.....	جدول ۳-۳.....
۳۲.....	جدول ۴-۳.....
۴۵.....	جدول ۱-۴.....
۴۷.....	جدول ۲-۴.....
۴۸.....	جدول ۳-۴.....
۴۸.....	جدول ۴-۴.....
۴۹.....	جدول ۵-۴.....
۵۹.....	جدول ۶-۴.....
۶۰.....	جدول ۷-۴.....
۶۱.....	جدول ۸-۴.....

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۳.....	۳۱
شکل ۲-۳.....	۳۶
شکل ۳-۳.....	۴۲
شکل ۱-۴.....	۴۶
شکل ۲-۴.....	۵۰
شکل ۳-۴.....	۵۲
شکل ۴-۴.....	۵۴

فصل اول

مقدمه

اهمیت کشاورزی پایدار

کشاورزی پایدار یکی از ارکان توسعه‌ی پایدار هر کشور می‌باشد که ضرورت توجه به آن بیش از گذشته آشکار می‌باشد. برای داشتن تولید پایدار محصولات کشاورزی، رعایت اصول استفاده طولانی مدت از منابع هنگام بهره‌گیری از آن‌ها ضروری می‌باشد. عدم رعایت این اصول باعث می‌شود تا در آینده منابع زمینی جابگوی نیازهای بشری نباشند، منابع طبیعی دچار تخریب جدی شوند و بشر برای تأمین نیازهای خود دچار چالش جدی شود.

بعد از انقلاب سبز در مدت ۳۵ سال تولید حبوبات تا دو برابر افزایش پیدا کرد که کمبود غذا را تا حد زیادی کاهش داد، اما هزینه‌های زیست محیطی زیادی را با خود به همراه داشت (ویتوسک و همکاران، ۱۹۹۷؛ کارپنتر و همکاران، ۱۹۹۸). برای متخصصان روشن است که عملیات کشاورزی خصوصاً عملیات سنتی اثرات فیزیکی و شیمیایی مضرّی روی اکوسیستم‌ها دارند. جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ میلادی طبق برآوردها به ۹ میلیارد نفر خواهد رسید (الکساندریتوز، ۱۹۹۹؛ کوهن و فدرات، ۱۹۹۹؛ سازمان ملل، ۱۹۹۹)، که تولید غذای خیلی بیشتری را نسبت به اکنون ضروری خواهد نمود که این امر مستلزم توسعه‌ی اصولی و علمی کشاورزی است. همچنین توسعه‌ی کشاورزی آن هم از نوع غیر علمی پی‌آمدهای جدی فیزیکی و شیمیایی محیط زیست طبیعی و اکوسیستم‌ها را به دنبال خواهد داشت، که پایداری کشاورزی و تولید را به مخاطره می‌اندازد. کشاورزی رکن توسعه، به خصوص در کشورهای در حال توسعه می‌باشد و کشاورزی پایدار رکن توسعه‌ی پایدار می‌باشد. اساساً کشاورزی پایدار با کاهش یا از بین رفتن منابع طبیعی مانند زمین‌های مناسب به خطر می‌افتد. امنیت غذایی پایدار زمانی محقق می‌شود که پایداری منابع زمینی خاکی و آبی برآورده شود. برنامه ریزی معقول همراه با لحاظ نمودن حفاظت از اکوسیستم و محیط زیست در مهندسی کشاورزی به تحقق پایداری اکوسیستم‌ها، سلامت غذایی، رفاه اجتماعی و توسعه پایدار منجر خواهد شد.

در حال حاضر فعالیت‌های کشاورزی رویکردی با تولید فشرده دارند و راهبرد تولید غیر پایدار در نظام‌های کشاورزی حاکم است (ماتسون و همکاران، ۱۹۹۷؛ راسموسن و همکاران، ۱۹۹۸). اکوسیستم‌های طبیعی منافع زیادی برای بشر دارند و اجزاء مهمی در توسعه‌ی اقتصادی و رفاه محسوب می‌شوند. در آینده ما مجبور به توسعه‌ی کشاورزی خواهیم شد در عین حالی که منابع طبیعی در نظام‌های تولید ناپایدار کنونی رو به کاهش و یا آسیب زدگی خواهند گذاشت. بنابراین، برنامه ریزی در جهت کشاورزی پایدار باید در دستور کار محققین و سازمان‌ها قرار بگیرد که در این ضمن اتخاذ رویکرد پایدار در تولید و حفاظت از منابع، حیاتی می‌باشد.

ارزیابی جامع اراضی برای برنامه‌ریزی جهت استفاده‌ی بهینه از آن‌ها می‌تواند اثرات نا مطلوب عملیات کشاورزی روی منابع طبیعی و اکوسیستم‌ها را کاهش دهد. اگر زمین‌ها مطابق ظرفیت و استعدادشان مورد بهره برداری قرار نگیرند به تدریج دچار تخریب شده و در آینده نیازهای غذایی را تامین نخواهند کرد. شناسایی علمی منابع زمینی و کاربردهای ممکن برای زمین‌ها جهت برنامه ریزی اصولی استفاده از اراضی بسیار ضروری می‌باشد. قبل از اتخاذ هر گونه تصمیمی برای اختصاص دادن زمین‌ها به هر گونه کاربری کشاورزی باید ارزیابی تناسب زمین‌های مختلف و محصولات مختلف انجام شود. ارزیابی اراضی استفاده از زمین‌ها را بر اساس قابلیت‌ها و محدودیت‌های آن‌ها ممکن می‌سازد که این امر موجب استفاده‌ی بهینه و پایدار از اراضی خواهد شد.

با توجه به اینکه عوامل گوناگونی روی استفاده‌ی بهینه از اراضی اثر می‌گذارند لازم است تا ارزیابی چندگانه با در نظر گرفتن معیارهای مختلف انجام شود. بنابراین ارزیابی اراضی زمانی جامع و کامل خواهد بود که عوامل مختلف مانند تناسب فیزیکی زمین‌ها، سلامت محیط زیست و سود بخشی اقتصادی که از جمله‌ی عوامل اصلی اثر گذار روی نوع استفاده از اراضی هستند با هم در نظر گرفته شوند و از تلفیق نتایج آن‌ها نوع استفاده از زمین تعیین گردد.

شرح مسئله

ضرورت کار ارزیابی اراضی در بخش مقدمه توضیح داده شد. تحقیقات زیادی توسط محققین روی ارزیابی کاربری اراضی به منظور توزیع بهینه‌ی استفاده از زمین یا پوشش زمین انجام شده است (فونتس و همکاران، ۲۰۰۹). با این وجود مقایسه‌ی روش‌های مختلف ارزیابی برای یافتن بهترین روش در منابع علمی نسبتاً به ندرت یافت می‌شود. نتایج عملیات ارزیابی در صورتی قابل اطمینان و مؤثر خواهد بود که روش مورد استفاده مطمئن و آزموده شده باشد. روش ارزیابی باید به اندازه‌ی کافی دارای دقت باشد تا بتواند ویژگی‌ها و استعداد اراضی را به خوبی و نزدیک به واقعیت منعکس کند. برای یافتن بهترین روش ارزیابی، در تحقیق حاضر چند روش عمده‌ی ارزیابی شامل استوری، ریشه‌ی دوم، حداکثر محدودیت و روش فازی مورد آزمون قرار می‌گیرد تا مناسب‌ترین روش از میان همه برای ارزیابی انتخاب شود. برای نیل به یک ارزیابی جامع و تعیین کاربری اراضی باید یک رویکرد چند معیاره با در نظر گرفتن عوامل فیزیکی، اقتصادی و زیست محیطی اتخاذ شود. در بررسی گسترده‌ی منابع علمی مختلف مشخص شد که در مواردی که تحقیقات ارزیابی اراضی انجام شده عوامل چندگانه در نظر گرفته نشده و یا اگر دو یا چند عامل در نظر گرفته شده، نتایج عوامل مختلف برای تعیین کاربری زمین در هم تلفیق نشده‌اند. برای تعیین استفاده‌ی مناسب یک زمین باید علاوه بر تناسب فیزیکی (فنی) زمین با کاربری‌های مورد نظر، نیاز اقتصادی کشاورزان نیز در نظر گرفته شود و گرنه در توصیه‌ی مروجین و مهندسين ناظر کشاورزی به کشاورزان تنها تکیه بر عامل تناسب فیزیکی زمین برای یک کاربری خاص چندان تاثیر گذار نخواهد بود. علاوه بر آن برای استفاده و بهره برداری طولانی مدت از اراضی و نیل به کشاورزی پایدار، باید سلامت منابع طبیعی مانند خاک و آب نیز در نظر گرفته شود. یکی از عوارض شایع عملیات کشاورزی سنتی آلودگی خاک و آب‌های زیر زمینی با مواد شیمیایی تصنعی مانند آفت کش‌ها و کودها می‌باشد. بنابراین در تعیین نوع کاربری (محصول) برای زمین‌های مختلف باید میزان آسیب پذیری زمین‌ها با در نظر گرفتن کاربری‌ها نیز بررسی شود.

مطالعه‌ی عوامل مختلف با ارزیابی اراضی و تعیین کاربری (نوع محصول) به صورت جداگانه مفید فایده نخواهد بود مگر آن که نتایج ارزیابی عوامل مختلف با هم در نظر گرفته شود و در هم تلفیق شوند. برای این منظور تکنیکی مورد اعتماد به نام فرایند تحلیل سلسله مراتبی که برای تصمیم‌گیری چند معیاره به کار می‌رود در این تحقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مرور منابع علمی مشخص شد که جای استفاده از این تکنیک برای تعیین کاربری اراضی کشاورزی در رویکرد چند معیاره خالی است.

در تحقیق حاضر یکی از واحدهای اراضی جهت کشت سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*)، گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum esculantum*)، گندم (*Triticum aestivum*) و سیب (*Nigella Sativa*) برای انتخاب بهترین محصول با در نظر گرفتن سه معیار شامل تناسب فیزیکی، سود بخشی اقتصادی و سلامت محیط زیست (آلودگی خاک و آب)، پس از آزمون روش‌های مختلف ارزیابی تناسب اراضی و انتخاب بهترین روش و حصول نتایج دو معیار دیگر از طریق روش‌های مناسب و سپس استفاده از تکنیک AHP برای تلفیق نتایج معیارها، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. علت انتخاب محصولات فوق آن بود که اولاً نیاز بالایی به این محصولات در منطقه دیده می‌شود و بخش غیر قابل انکاری از درآمد کشاورزان منطقه را به خود اختصاص می‌دهند و ثانیاً این محصولات به مدت نسبتاً طولانی به طور پراکنده در منطقه کشت شده‌اند و در نتیجه اطلاعات مربوط به میزان برداشت این محصولات در دسترس بود.

اهداف تحقیق

- در این تحقیق با مقایسه و آزمون روش‌های مختلف ارزیابی اراضی، بهترین روش مشخص خواهد شد.
- به کارگیری تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین کاربری زمین و انتخاب بهترین محصول از لحاظ تناسب فیزیکی زمین، سود بخشی اقتصادی و باقی گذاشتن کمترین تخریب زیست محیطی بررسی خواهد شد.
- این پایان نامه بر آن است تا رویکردی متفاوت و جدید در ارزیابی تناسب اراضی و تعیین بهترین محصول را معرفی نماید.

ارزیابی اراضی: ارزیابی اراضی عبارت است از شناخت ظرفیت اراضی که شامل قابلیت‌ها و محدودیت‌های زمین می‌شود که در آن عمدتاً ویژگی‌های ذاتی زمین‌ها مطالعه می‌شوند. در ارزیابی تناسب اراضی برای کاربری‌های کشاورزی، نیازمندی‌های محصولات کشاورزی با قابلیت‌ها و ویژگی‌های زمین مقایسه می‌شوند و زمین‌ها از لحاظ میزان تناسب برای کشت و تولید محصولات طبقه بندی می‌گردند. گیاهان مختلف نیازهای خاکی و اقلیمی متفاوتی دارند و هر زمینی پتانسیل‌ها و محدودیت‌های خود را دارد که با دیگری متفاوت است. بنابراین اختصاص دادن هر واحد زمین برای کشت محصول متناسب با آن زمین جهت استفاده‌ی بهینه از اراضی برای تولید پایدار محصولات از اهمیت زیادی برخوردار است. در فرایند ارزیابی اراضی ابتدا واحدهای زمین از لحاظ تاکسونومیکی تفکیک و طبقه بندی می‌شوند، سپس ویژگی‌های فیزیکی این واحدها از قبیل بافت خاک، شیب زمین، عمق مؤثر ریشه زنی و ... بطور جداگانه بررسی و با جداول مبنای نیازمندی‌های محصولات مقایسه می‌شوند. این نوع ارزیابی را ارزیابی فیزیکی زمین می‌نامند که از آن به عنوان ارزیابی فنی نیز می‌توان یاد کرد.

معیارهای ارزیابی فیزیکی: منظور خصوصیات و کیفیات اراضی هستند که طبیعت زمین‌ها را نمایان می‌سازند. ویژگی‌هایی از قبیل بافت خاک، درصد سنگ ریزه ی سطحی، شیب زمین، عمق مؤثر ریشه زنی، شوری، اسیدیته و درصد ماده‌ی آلی، شرایط واحد اراضی مورد نظر را برای کشت گیاهان مختلف نمایان می‌سازند. علاوه بر آن اقلیم منطقه نیز روی رشد و باردهی محصولات مختلف اثر قابل ملاحظه‌ای دارد که با توجه به شرایط منطقه این پارامتر نیز برای ارزیابی اراضی باید در نظر گرفته شود.

از حیث تعریف هر کیفیت خاک خود می‌تواند در برگیرنده یا نمایان کننده‌ی چندین خصوصیات باشد. برای مثال فرسایش پذیری خاک به عنوان کیفیتی از خاک می‌تواند نمایان کننده‌ی خصوصیتی از خاک مانند بافت و درصد ماده‌ی آلی می‌باشد. در هر منطقه‌ی مطالعاتی با توجه به شرایط منطقه و سلیقه‌ی کارشناسی

محقق، تعدادی از این پارامترها برای بررسی و مقایسه واحدهای اراضی مختلف جهت کشت محصولات انتخاب می‌شوند.

کشاورزی پایدار: عملیات کشاورزی پایدار عبارت است از عملیاتی که نیازهای کشاورزی کنونی را بدون آسیب رساندن به منابع طبیعی و محیط زیست برآورده سازد و برای مدت طولانی تداوم داشته باشد که بتواند نیازهای نسل‌های آینده را نیز تامین نماید. لذا مبحث پایداری در عملیات کشاورزی و بهره‌برداری از منابع طبیعی بسیار حائز اهمیت می‌باشد و جزء اولویتهای برتر در مطالعات و برنامه‌ریزی‌های کشاورزی می‌باشد. توسعه‌ی پایدار کشور بدون تولید غذا و محصولات کشاورزی پایدار میسر نخواهد شد.

ریاضیات فازی

لغت فازی در فرهنگ لغت آکسفورد به معنای مبهم، گنگ، نادقیق، مغشوش و گیج تعریف شده است. تئوری فازی به وسیله‌ی یک دانشمند ایرانی به نام پروفسور لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ میلادی در مقاله‌ای به نام "مجموعه‌های فازی" معرفی گردید. وی در سال ۱۹۶۲ جمله‌ای را برای سیستم‌های بیولوژیک بدین مضمون نوشت: "ما اساساً به نوع جدیدی ریاضیات نیازمندیم، ریاضیات مقادیر مبهم یا فازی که توسط توزیع‌های احتمالات قابل توصیف نیستند". پس از آن وی ایده‌اش را در مقاله‌ی "مجموعه‌های فازی" تجسم بخشید.

تئوری فازی دارای زیر بخش‌های مختلفی است که هر کدام در جای خود مورد مطالعه قرار می‌گیرند. در تحقیق حاضر، از تئوری مجموعه‌های فازی برای ارزیابی اراضی استفاده گردیده است. در رویکرد فازی، توابع ریاضی بصورت فازی تعریف شده و هر عضوی از یک مجموعه‌ی فازی با درجه‌ای از تعلق به آن مجموعه مورد مطالعه قرار می‌گیرد در منطق کلاسیک (ارسطویی) که از آن به منطق بولین نیز یاد شده است. اعضای مجموعه‌ها یا توابع به صورت عضویت ۰ و ۱ تعریف می‌شوند و مقداری بین این دو قابل تعریف نیست. در

حالی که در منطق فازی عضویت به صورت عددی بین ۰ و ۱ قابل تعریف است و این امر وجه تمایز بارز بین ریاضیات کلاسیک و ریاضیات فازی است. یک مجموعه‌ی کلاسیک، مجموعه‌ای است که دارای مرزهای مشخصی است به عنوان مثال مجموعه‌ی کلاسیک B با اعضای حقیقی کوچکتر از ۵ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$B = \{x \mid x < 5\}$$

اگرچه مجموعه‌های کلاسیک برای بسیاری از کاربردها مناسب بوده و ابزار مهمی در ریاضیات و علوم دیگر هستند، ولی قادر به انعکاس مفاهیم و خصوصیت نادقیق و دارای تغییرات پیوسته در طبیعت نیستند. برای مثال فرض کنیم در تقسیم بندی عمق خاک به کم عمق و دارای عمق متوسط خاکی با عمق کمتر از ۲۵ سانتی متر کم عمق و خاک با عمق ۲۵-۵۰ سانتیمتر دارای عمق متوسط باشد. حال اگر مثلاً در اندازه گیری عمق خاکی به عدد ۲۵/۱ برسیم، تعریف دو بخش مجموعه‌ی عمق خاک سبب می‌شود تا خاک با عمق ۲۵/۱ را دارای عمق متوسط و خاک با عمق ۲۴/۹ را کم عمق طبقه بندی کنیم. این شکل تمایز تا حد زیادی در طبیعت و در واقعیت نا معقول به نظر می‌رسد. حال آنکه منطقی آنست که اینگونه تغییرات را بصورت تدریجی و غیر ناگهانی تعریف نماییم. بر خلاف مجموعه‌های کلاسیک، یک مجموعه‌ی فازی همان طور که از نامش پیداست مجموعه‌ای با مرزهای مبهم (هاله‌ای) می‌باشد. در حقیقت در این نوع از مجموعه‌ها انتقال از شمول به عدم شمول بصورت پیوسته و نه گسسته تعریف می‌گردد. این امر را توسط تابع عضویت می‌توان سازمان‌دهی کرد. در ریاضیات کلاسیک، در یک تابع کلاسیک، عضویت یا عدم عضویت مطرح است و در تعیین جواب مسائل، پاسخی شامل فقط وجود یا عدم وجود (بله یا خیر) مطرح می‌شود. در حالی که در ریاضیات فازی عضویت یا عدم عضویت یک عنصر در یک مجموعه به صورت تدریجی و نه ناگهانی تعیین می‌شود و عضویت دارای میزانی بین عدم عضویت تا عضویت کامل، مثلاً از ۰ (عدم عضویت)، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳..... تا ۱ (عضویت کامل) تعریف می‌شود. انواع توابع عضویت و تعریف آن‌ها در بخش‌های بعدی توضیح

داده می‌شود. تئوری مجموعه‌های فازی برآن نیست تا جایگزین تئوری احتمالات شود، بلکه برای فراهم ساختن راه حل برای مسائلی است که از دقت ریاضی کافی ذاتی در تئوری احتمالات برخوردار نیستند (خدر، ۲۰۰۹). اساساً تئوری مجموعه‌های فازی بسط تئوری مجموعه‌های کلاسیک می‌باشد.

سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره^۱ (MCDM)

در مسائل مربوطه به تصمیم‌گیری که با چند عامل نامتجانس رو به رو هستیم معمولاً از تکنیک‌هایی که برای این کار ابداع شده‌اند استفاده می‌شود. یکی از مزایای این تکنیک‌ها ترکیب عوامل نامتجانس و بعضاً متضاد برای نیل به یک نتیجه‌ی تلفیقی می‌باشد. یکی از آن تکنیک‌ها فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی می‌باشد. تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی که به اختصار AHP^۲ خوانده می‌شود، اولین بار توسط ساعتی مطرح شد و در زمینه‌های علمی مربوط به مسائل مختلف مانند جامعه‌شناسی، اقتصاد، صنایع و ... کاربرد دارد. این تکنیک تصمیم‌گیری را ساده‌تر و عملی‌تر و در عین حال به واقعیت نزدیک‌تر می‌سازد. نحوه‌ی کارکرد این تکنیک در بخش مواد و روش‌ها توضیح داده می‌شود.

AHP: فرآیندی که در آن یک مسئله‌ی مدیریتی چند معیاره‌ی پیچیده به تعدادی عوامل ساده‌تر و بعضاً گاهی تا جایی که دیگر قابل شکستن نباشد، و همچنین گزینه‌ها (راهکارها) تجزیه می‌شود، که هر کدام به صورت نسبی وزن دهی می‌شوند. از طریق AHP می‌توان عوامل کیفی را کمی سازی نمود و راحت‌تر مورد تحلیل قرار داد.

معیارهای AHP: عواملی که در ارتباط با هدف اصلی یک تصمیم‌مورد تحلیل مد نظر قرار می‌گیرد. به هر عامل یک وزن اختصاص داده می‌شود که اهمیت آن عامل را در ارتباط با هدف تصمیم‌گیری مشخص

^۱ Multiple Criteria Decision Making

^۲ Analytical Hierarchy Process

می‌سازد. هنگامی که این اوزان نرمال می‌شوند، مجموع آن‌ها به ۱ یا ۱۰۰ می‌رسد. در این پایان نامه، معیارهای مورد بررسی شامل سه معیار درجه‌ی تناسب زمین، کلاس یا درجه‌ی آسیب به خاک و میزان سود اقتصادی می‌باشند.

ماتریس مقایسات زوجی: جدولی است که می‌تواند شامل معیارهای تصمیم‌گیری یا گزینه‌ها باشد و برای قضاوت تصمیم‌گیرنده جهت بررسی اهمیت‌های نسبی معیارها یا گزینه‌ها در رابطه با معیارها در تصمیم‌مورد آنالیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ماتریس مقایسه زوجی نرمال: با تقسیم هر عنصر از جدول مقایسات زوجی بر حاصل جمع ستونی که آن عنصر در آن واقع شده است به دست می‌آید. این کار برای استاندارد کردن و تعدیل جدول انجام می‌شود. حاصل جمع هر ستون، اگر اوزان به صورت اعشاری تعیین شده باشند برابر با یک و اگر غیر اعشاری باشند به عدد ۱۰۰ خواهد رسید.

گزینه‌های پیشنهادی: انتخاب‌های مختلفی که برای حل یک مسئله یا اقدام مورد نیاز آن مسئله در دسترس تصمیم‌گیرنده قرار می‌گیرد. در این پایان نامه گزینه‌های پیشنهادی شامل ۴ گزینه یعنی ۴ نوع محصول کشاورزی برای کشت در یکی از واحدهای اراضی منطقه بسطام می‌باشند.

وزن دهی در AHP: به هر معیار یک عدد تعلق می‌گیرد که بیان‌کننده‌ی میزان اهمیت نسبی آن معیار در رابطه با گزینه‌های پیشنهادی می‌باشد. در مطالعه‌ی حاضر، اوزان معیارها همان نتایج ارزیابی‌های فیزیکی، زیست محیطی و اقتصادی می‌باشند که برای سهولت تحلیل تصمیم، با اهمیت یکسان در نظر گرفته شده‌اند.

ساختار سلسله‌مراتب AHP: روش AHP به صورت یک ساختار سلسله‌مراتبی متشکل از معیارها و گزینه‌ها طرح می‌شود. در رأس این ساختار، هدف آنالیز چند معیاره‌ی مورد نظر قرار داده می‌شود. گزینه‌ها (راه

حل‌ها) در انتها و معیارها و در صورت وجود، زیر معیارها بین این دو قرار می‌گیرند. این ساختار دارای سه سطح یا لایه می‌باشد:

سطح اول: هدف آنالیز مسئله مورد نظر

سطح دوم: معیارهایی که برای تأمین هدف در نظر گرفته شده‌اند و راه حل‌ها بر اساس آن‌ها انتخاب می‌شوند

سطح سوم: گزینه‌ها (راه حل‌ها)

این ساختار باعث می‌شود اولاً درک شرایط مسئله با طبقه بندی راهکارها و معیارها راحت‌تر شود و دوماً تصمیم گیرندگان و متخصصان می‌توانند بهتر توان خود را برای حل مسئله به کار گیرند. تشکیل یک سلسله مراتب، در فرآیند حل یک مسئله از مرحله‌ی شناخت قسمت‌های مختلف آن تا تعیین راهکار لازم، باعث می‌شود فرآیند مربوطه مرحله به مرحله و نظام مند و با دقت لازم و کافی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. هرچه تعداد سطوح یا لایه‌ها در ساختار سلسله مراتب افزایش یابد، سطح پیچیدگی تحلیل‌ها و ناهمگنی‌های ساختمان تحلیل مسئله نیز افزایش می‌یابد (تراینتافیلو، ۲۰۰۱).

نیازهای کاربری اراضی (Land Use Requirements)

برای ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت محصولات مختلف لازم است نیازهای آن محصولات از نظر شرایط اقلیمی و خصوصیات زمین و خاک مشخص شوند. جداول مبنا برای تطبیق خصوصیات زمین و اقلیم با نیازهای محصولات مختلف توسط محققین دیگر مانند سائیس و همکاران (۱۹۹۳) تدوین شده است. در هر یک از آن جداول برای هر محصول حالات تناسب مختلفی شامل موارد ذیل تعریف شده است:

- بهترین شرایط زمین برای آن محصول که به عبارتی تناسب عالی دارند^۳ (S1)

³ Suitability class

- شرایطی که تناسب خوبی برای کشت محصول مورد نظر دارند (S2)
- شرایطی که تناسب متوسطی برای کشت محصول مورد نظر دارند (S3)
- و شرایطی که برای کشت محصول مورد نظر نامناسب می‌باشد^۴ (N)

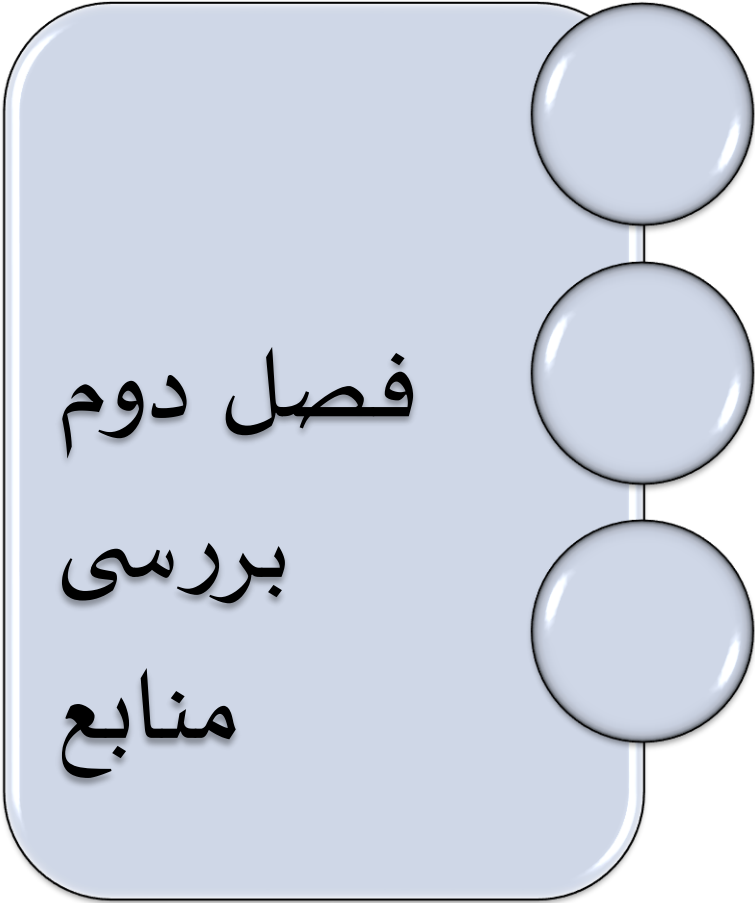
اگرچه محتوای جداول مبنای تدوین شده برای نقاط مختلف دنیا ممکن است متفاوت باشد، اما جداولی که توسط سائیس و همکاران (۱۹۹۳) ارائه شده با تقریب خوبی برای مناطق دیگر قابل استفاده می‌باشند. مطالعه‌ای توسط گیوی (۱۳۷۶) در ایران انجام شد که نیازهای محصولات کشاورزی در ایران بررسی شد. در گزارش این تحقیق، تفاوت محسوسی با مطالعه‌ی سائیس و همکاران (۱۹۹۳) برای نیازهای خاکی به چشم نمی‌خورد و تفاوت‌هایی در نیازهای اقلیمی محصولات دیده می‌شود که عمدتاً به نیازهای آبی (بارندگی) مربوط می‌شود.

رده بندی تاکسونومیک اراضی: قبل از مطالعه‌ی قابلیت و تناسب اراضی، زمین‌های مورد بررسی بدون در نظر گرفتن هیچ گونه کاربری مشخصی بر اساس ویژگی‌های مختلف پروفیلی، مورفولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی مطالعه و طبقه بندی می‌شوند. پس از شناخت این ویژگی‌ها است که مطالعه‌ی ارزیابی پتانسیل‌های اراضی میسر می‌شود.

ارزیابی قابلیت اراضی (Land Capability Evaluation): در این فرآیند استعداد کلی اراضی مورد مطالعه برای بهره برداری بررسی می‌شود، که طی آن قابلیت زمین از حیث داشتن استعداد برای بهره برداری کشاورزی بررسی می‌شود تا مشخص شود که اساساً زمین مورد مطالعه قابل استفاده برای کشاورزی هست یا استعداد کشاورزی ندارد و باید جهت استفاده‌ی غیر کشاورزی مانند مرتع و حیات وحش مورد بهره برداری قرار گیرد.

⁴ Non-suitable

ارزیابی تناسب اراضی (Land Suitability Evaluation): فرآیند ارزیابی تناسب اراضی پس از تعیین قابلیت (استعداد) اراضی انجام می‌شود و طی آن زمین‌های کشاورزی از حیث کلاس یا درجه‌ی تناسبشان برای کشت محصولات مختلف تفکیک و طبقه‌بندی می‌گردند. برای مثال پس از ارزیابی تناسب زمین‌ها مشخص می‌شود که کدام واحد زمین برای تولید گندم مناسب‌تر و قابل‌تر از بقیه‌ی واحدها می‌باشد و زمین‌ها از لحاظ کلاس تناسبشان طبقه‌بندی می‌شوند. این ارزیابی در واحدهای مختلف را می‌توان برای محصولات مختلف انجام داد و تناسب یک واحد زمین معین را برای محصولات مختلف تعیین کرد.



فصل دوم

بررسی

منابع

بررسی منابع علمی و تاریخچه‌ی مطالعات انجام شده در زمینه‌ی سیستم تصمیم‌گیری

چند معیاره

از زمانی که تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مطرح شده مطالعات زیادی در مسائل مختلف علمی تاکنون صورت گرفته است. فرایند ANP (فرایند تحلیل شبکه‌ای) نیز از تغییر ساختار سلسله مراتب به ساختار شبکه برای تحلیل مسائل چند معیاره ایجاد شده است و پایه و اساس آن همانند تکنیک AHP می‌باشد که به فراخور مسئله مورد نظر یکی از ساختارهای سلسله مراتب یا شبکه برای تجزیه و تحلیل مسئله ساخته می‌شود.

- مروری بر روش‌های تحلیل تصمیم چند معیاره (MCDA) در علوم منابع طبیعی و محیط زیست:

در پروژه‌های محیط زیستی و مسائل کشاورزی که با رویکرد چند معیاره مطالعه می‌شوند عوامل مختلفی مانند حفظ محیط زیست و منابع طبیعی، اثرات اقتصادی، اثرات سیاسی و اجتماعی و ... با هم در نظر گرفته می‌شوند و از تلفیق آن‌ها تصمیم نهایی اتخاذ می‌شود. روش‌های MCDA توسط هوانگ و همکاران (۲۰۱۱) به سه دسته‌ی عمده شامل فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تئوری سود بخشی چند صفتی و روش انتخاب برترین، تقسیم بندی شده‌اند. وی هم چنین بیان می‌دارد که این روش‌ها به طور موفقیت آمیزی در مطالعات زیست محیطی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. روش تحلیل سلسله مراتبی شامل AHP و فرم توسعه یافته (شبکه‌ای) آن یعنی ANP می‌باشد. روش انتخاب برترین شامل روش‌های ELECTRE (برنس و همکاران، ۱۹۸۶؛ میستر و همکاران، ۱۹۹۴؛ بلا و همکاران، ۱۹۹۶؛ کنگاس و همکاران، ۲۰۰۱؛ و اچمولدت و همکاران، ۲۰۰۱) و PROMETHEE می‌باشد. روش‌های دیگری نیز وجود دارد، مانند TOPSIS که توسط

هوانگ و یون (۱۹۸۱) برای کمک به انتخاب بهترین گزینه با تعداد محدودی از معیارها مطرح شد و توسط بهزادیان و همکاران (۲۰۱۲) مقالات مطرح شده در موضوع این روش مورد مرور و بازبینی قرار گرفته است، روش SWOT که توسط اندروز (۱۹۶۵) عمومیت پیدا کرد و روش VIKOR که برای بهینه کردن سیستم-های پیچیده‌ی چند معیاره برای اولویت بندی راهکارها مطرح شد (اوپریکویک، ۱۹۹۸؛ اوپریکویک و ترنگ ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳). روش NAIAD که جزء روش‌های انتخاب برترین تقسیم بندی می‌شود و برای مقایسه‌ی زوجی و رتبه بندی سناریوها با تاکید بر ورودی‌های غیر دقیق و تنظیمات سهام داران چندگانه به کار می‌رود (بوچهولز و همکاران، ۲۰۰۹). روش SMART که یک روش حمایت از تصمیم گیری می‌باشد و در زمینه‌ی تئوری سود بخشی چند صفته در اواخر دهه‌ی ۱۹۶۰ و اوایل دهه‌ی ۱۹۷۰ توسعه پیدا کرد (وان وینترفیلدت و ادواردز، ۱۹۸۶؛ کنگاس و کنگاس، ۲۰۰۵).

روش رأی دهی که بر اساس رأی دادن به معیارها برای انتخاب راهکار استوار می‌باشد، توسط مارتین و همکاران (۱۹۹۶)، دی انگلو و همکاران (۱۹۹۸)، شیلدز و همکاران (۱۹۹۹)، لاوخن و همکاران (۲۰۰۲)، و کنگاس و کنگاس (۲۰۰۴) در برنامه ریزی مدیریت جنگل به کار رفته است.

روش SMAA که شامل خانواده‌ای از روش‌ها شامل SMAA-2 و SMAA-3 و SMAA-O می‌باشد (لهدلما و همکاران، ۱۹۹۸؛ میتین و همکاران، ۱۹۹۹)، رویکردی تطبیق پذیر برای حمایت از تصمیم گیری ارائه می‌دهد. روش‌های SMAA در ابتدا برای مسائل چند معیاره گسسته که معیارهای آن‌ها مبهم و غیر منطبق بودند ایجاد شد.

روش‌های آماری یا احتمالی مانند روش BBNs که برای قالب بندی کردن استدلال در شرایط ابهام با استفاده از تئوری احتمالات ذهنی بکار می‌رود و در آن نتایج تصمیم را بر اساس سود بخشی مورد انتظار، بیان می‌کنند، (بلو-دامباتا و همکاران، ۲۰۰۹).

تقسیم بندی‌های مختلفی در منابع مختلف علمی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره وجود دارد. برای مثال مندوزا و مارتینز (۲۰۰۶) یک تقسیم بندی مختصر و کلی از روش‌های تحلیل چند معیاره در مدیریت منابع طبیعی ارائه کرده‌اند. همچنین اچمالدت و همکاران (۲۰۰۱) روش‌های تحلیل چند معیاره‌ی معین را برای مدیریت منابع طبیعی گوناگون گردآوری نموده‌است. والفسله‌نر و همکاران (۲۰۰۵) روش‌های تحلیل چند معیاره را برای ارزیابی پایداری در تعیین وضعیت فرآیندهای جنگل مورد استفاده قرار داده‌اند. چودھاری و شانکار (۲۰۱۲) در بخشی از تحقیق خود برای مکان‌یابی نیروگاه حرارتی با استفاده از روش‌های چند معیاره، برخی از آن روش‌ها را با هم مقایسه کردند. برای مثال مزایای روش AHP را قابل به کار بردن برای صفات کمی و کیفی و استفاده از ساختار سلسله‌مراتبی برای طرح مسائل تصمیم‌گیری پیچیده و همچنین امکان محاسبه‌ی میزان سازگاری رویه‌ی ارزیابی مسئله برشمرده‌اند. در عین حال زیاد بودن تعداد مقایسات زوجی، هنگامی که راه کارها افزایش می‌یابد را به عنوان عیب این روش بیان کرده‌اند. علاوه بر آن در اجتماع معیارها، امتیاز خوب برای بعضی معیارها و امتیاز بد برای برخی دیگر می‌تواند یکدیگر را خنثی کنند و این امر را نیز به عنوان یک عیب دیگر برای روش AHP بر شمرده‌اند. توضیح بیشتر راجع به دیگر روش‌ها و مزایا و معایب نسبی آن‌ها در این گونه منابع آمده است اما چون در موضوع بحث این تحقیق نمی‌گنجد از توضیح آن‌ها خودداری می‌گردد.

بازبینی منابع در استفاده از تکنیک AHP

هوانگ و همکاران (۲۰۱۱) در بازبینی بیش از ۳۰۰ مقاله‌ی علمی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ در زمینه‌ی استفاده از روش‌های مختلف تحلیل تصمیم چند معیاره در مطالعات زیست محیطی دریافتند که بیشترین میزان استفاده از روش‌های گوناگون تصمیم‌گیری چند معیاره مربوط به روش AHP است و علت گسترش استفاده از این روش را به نرم افزار قابل دسترس با قابلیت استفاده‌ی آسان و حمایت شده از لحاظ تجاری و هم چنین علاقه و اشتیاق به استفاده از آن نسبت دادند. هم چنین دیازبالیترو و رومرو (۲۰۰۸) در بازبینی بیش از ۲۵۰ مقاله‌ی علمی در زمینه‌ی استفاده از روش‌های گوناگون تصمیم‌گیری چند معیاره برای مدیریت جنگل دریافتند که بیشترین استفاده در زمینه‌های مختلف مربوط به مسائل ارزیابی جنگل، مربوط به روش AHP است. سابرامنیا و راماناتان (۲۰۱۲) در بازبینی ۲۹۱ مقاله‌ی علمی از نشریات داوری شده در زمینه‌ی استفاده از AHP در مدیریت عملیات‌های مختلف از جمله تصمیم در مورد تولید راهبردی، مسائل اقتصادی اجتماعی، زیست محیطی، تولید فرآورده، برنامه‌ریزی پروژه‌ها و ... میزان استفاده از این روش را در بخش‌های مختلف بررسی کردند تا شکاف استفاده از آن در بعضی زمینه‌ها مشخص گردد و مسیر تحقیقات آینده در آن زمینه‌ها روشن گردد. در این مقاله که با رویکرد بازبینی گسترده‌ی منابع علمی نگارش شده، شکاف استفاده از تکنیک مورد اعتماد AHP در مسائل کشاورزی، به خصوص برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین و ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی به وضوح دیده می‌شود. لذا با توجه به چند معیاره بودن تصمیم‌گیری در مورد ارزیابی تناسب اراضی و نیاز تحقیقاتی در این زمینه با استفاده از روش‌های تحلیل تصمیم چند معیاره‌ی مناسب مانند AHP، انجام پروژه‌ی حاضر در این پایان نامه کاملاً ضروری، مفید و هدف‌مند به نظر می‌رسد. در ذیل به برخی مطالعات موردی در زمینه‌ی منابع طبیعی و محیط زیست با رویکرد تحلیل چند معیاره با استفاده از تکنیک AHP اشاره می‌شود. این رویکردها تا حدودی مشابه رویکرد تحقیق حاضر در این پایان نامه می‌باشند.

استریجر و روزنبرگر (۲۰۰۶) ارجحیت معیارهای پوشش زمین را با در نظر گرفتن معیارهای کشاورزی، جنگل کاری، کیفیت آب و موارث روستایی بررسی کردند. آدرشد و همکاران (۲۰۰۷) شناسایی طرح‌هایی که بیشترین اثر را روی توسعه‌ی روستایی دارند را با در نظر گرفتن معیارهای اقتصادی، آموزشی، زیر بنایی و زیست محیطی بررسی کردند. طرح‌های مورد نظر آن‌ها شامل گردش گری، شیلات و فعالیت‌های کشاورزی صنعتی و تجاری بوده است. پارالوپز و همکاران (۲۰۰۸) عملکرد چند کاره‌ی نظام‌های مختلف کشاورزی را در اسپانیا با در نظر گرفتن اهداف اقتصادی، فنی، فرهنگی اجتماعی و زیست محیطی ارزیابی کردند. راماناتان (۲۰۰۱) استفاده از AHP برای ارزیابی اثرات زیست محیطی با در نظر گرفتن عواملی شامل گروه‌های انجمنی، مدیران محلی و مردم توضیح داده است. سولنز (۲۰۰۳) شاخص کیفیت محیط زیست را برای گزینه‌های توسعه‌ی صنعتی بزرگ محاسبه نمود و معیارهایی شامل ارزیابی فنی، اثرات اقتصادی، اثرات زیست محیطی و اثرات اجتماعی را در نظر گرفت. یینگ و همکاران (۲۰۰۷) کیفیت اکولوژیکی زیست محیطی را در چین با در نظر گرفتن محیط زیست طبیعی، بلایای طبیعی، آلودگی محیط زیست و مسائل اقتصادی و اجتماعی ارزیابی نمودند. دهقانیان و منصور (۲۰۰۹) یک شبکه‌ی بازایی را برای بررسی گزینه‌های مختلف پایان زندگی و اثرات اجتماعی طراحی کردند. آن‌ها معیارهایی شامل اقتصاد، محیط زیست و اجتماع را با در نظر گرفتن استخدام، آسیب به کارکنان، خطر همراه با فرآورده و توسعه‌ی محلی بررسی کردند. در ایران متأسفانه مطالعه‌ی قابل توجهی در زمینه‌ی برنامه ریزی استفاده از اراضی کشاورزی با رویکرد چند معیاره انجام نشده است.

همه‌ی مطالعات اشاره شده که شامل مطالعات موردی و مقالات بازبینی می‌باشند حاکی از آن است که تکنیک AHP اولاً به طور گسترده قابل به کارگیری است، ثانیاً این تکنیک تا حد بسیار زیادی مورد اطمینان است.

بازبینی روش‌های مختلف ارزیابی فیزیکی اراضی کشاورزی

از زمانی که سازمان خواروبار جهانی چهارچوب ارزیابی سرزمین را ارائه نمود از تکنیک‌ها و رویکردهای مختلفی برای ارزیابی اراضی بهره برداری‌های کشاورزی استفاده شده است. استوری (۱۹۷۶) معادله‌ای را برای ترکیب معیارهای ارزیابی فیزیکی مطرح کرد که توسط تعدادی از محققین مورد استفاده قرار گرفته است. روش ریشه‌ی دوم توسط خیدیر (۱۹۸۶) مطرح شد که در آن پارامتری که دارای بیشترین محدودیت است در ریشه دوم دیگر پارامترها ضرب می‌شود. مدل Almagra در بسته‌ی نرم افزاری میکرولیز توسط دی لا روزا (۱۹۹۲) ارائه شد که در مطالعات مختلفی مورد اعتبار سنجی قرار گرفت. این مدل که یکی از مشهورترین مدل‌های ارزیابی تناسب اراضی در دنیا می‌باشد، در ایران توسط شهبازی و همکاران (۲۰۰۸)، جعفرزاده و همکاران (۲۰۰۹)، شهبازی و جعفرزاده (۲۰۱۰) و شریفی فر (۲۰۱۳) مورد استفاده قرار گرفته و صحت سنجی شده است. هم چنین در خارج از ایران نیز در اسپانیا توسط دی لا روزا و همکاران (۲۰۰۹) و در مصر توسط وهبا و همکاران (۲۰۰۷) مورد استفاده قرار گرفته است. مدل‌های مختلفی برای ارزیابی اراضی با دیدگاه‌های مختلفی همچون آسیب پذیری شیمیایی خاک، فرسایش پذیری و ... در بسته‌ی نرم افزاری میکرولیز وجود دارد که هر کدام استفاده‌های مفیدی دارند که توسط دی لا روزا و همکاران (۲۰۰۴) توضیح داده شده است.

استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی روشی متفاوت و کارآمدتر از روش‌های قبلی به نظر می‌آید. اولین بار چنگ و براف (۱۹۸۷) رویکرد استدلال فازی را مطرح کردند. همچنین براف (۱۹۸۹) روش‌های ریاضیات فازی را برای ارزیابی اراضی و تهیه نقشه خاک مطرح نمود. وانگ و همکاران (۱۹۹۰) استفاده از مجموعه‌های فازی را در ارزیابی تناسب اراضی مطرح کردند. براف و همکاران (۱۹۹۲) روش‌های طبقه بندی فازی را برای تعیین تناسب اراضی از طریق مشاهدات پروفیلی و توپوگرافی مطرح نمودند. هم چنین تانگ و همکاران

(۱۹۹۱) طبقه بندی تناسب اراضی را با استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی توضیح داده‌اند. علاوه بر آن‌ها مطالعات موردی دیگری نیز توسط هال و همکاران (۱۹۹۲)، تانگ و وان رانست (۱۹۹۲a,b)، دیویدسون و همکاران (۱۹۹۴)، وان رانست و همکاران (۱۹۹۶)، لارک و بولام (۱۹۹۷)، میز و همکاران (۱۹۹۷)، دوبرمن و اوبرتور (۱۹۹۷) انجام شده است. تعداد قابل توجهی روش ارزیابی که بر اساس مجموعه‌های عضویت فازی استوارند بعدها ساخته شد. از آن جمله می‌توان به مطالعاتی که از تکنیک نظام اطلاعات جغرافیایی با روش فازی استفاده شده اشاره نمود، مانند: احمد و همکاران (۲۰۰۰)، کورونا و همکاران (۲۰۰۸)، رشمیدوی و همکاران (۲۰۰۹) و مطالعات موردی بسیار دیگر.

در زمینه‌ی ارزیابی فیزیکی اراضی با روش‌های کلاسیک می‌توان به نمونه‌های ذیل اشاره کرد: کمبل و همکاران (۱۹۹۲)، بویکس و زنیگ (۲۰۰۸)، جعفر زاده و همکاران (۲۰۰۸b) و منداس و دلالی (۲۰۱۲). با وجود همه‌ی مطالعاتی که به روش فازی صورت گرفته و مزیت‌ها و برتری آن را نسبت به روش‌های سنتی بیان کرده‌اند، کلوگیرو (۲۰۰۲) روش فازی را مورد انتقاد قرار داده و انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه را برای حمایت از این نظریه در ارزیابی اراضی و بررسی ارجحیت آن خواستار شده است.



فصل سوم

مواد و روش ها

۳-۱-توصیف منطقه‌ی مطالعه

تحقیق حاضر در منطقه‌ی بسطام در شمال شاهرود انجام شد. واحدهای اراضی در مختصات جغرافیایی ۳۹' تا ۵۴° ۲۰' طول شرقی و ۳۶° ۲۶' تا ۳۶° ۴۵' عرض شمالی واقع شده‌اند. ارتفاعات این منطقه بین ۱۳۵۰ تا ۱۹۰۰ متر از سطح دریا متغیر می‌باشد، اما زمین‌های مرتفع به زیر کشت نمی‌روند و ارتفاع جغرافیایی زمین‌های کشاورزی تغییرات چندانی ندارند. مساحت کل منطقه مطالعاتی در حدود ۵۳۵۰۰ هکتار می‌باشد. شیب زمین‌ها از صفر تا ۸ درصد متغیر می‌باشد. واحدهای اراضی مورد مطالعه شامل سه واحد فیزیوگرافی Gravelly Alluvio-Cluvial Fans، Piedmont Plateaux و Alluvial Plains می‌باشند. طبق نقشه‌ی بیوکلیماتیک منطقه (فائو و یونسکو، ۱۹۸۸)، اقلیم منطقه بسطام نیمه بیابانی ضعیف می‌باشد. کاربردهای عمده اراضی منطقه شامل زمین‌های کشاورزی، مرتع و زمین‌های بدون استفاده می‌باشند. محصولات عمده منطقه شامل گندم، زردآلو، ذرت، سیب، گوجه فرنگی، سیب زمینی و غیره می‌باشند. آب مورد نیاز اکثر محصولات از آب چاه تأمین می‌گردد. جدول ۳-۱ خلاصه اطلاعات اقلیمی منطقه را نشان می‌دهد که متوسط دراز مدت (۵۵ ساله) بارندگی سالیانه آن ۱۴۵mm می‌باشد.

جدول ۳-۱. خلاصه‌ی اطلاعات بارندگی و درجه حرارت منطقه‌ی مورد مطالعه.

فصل	ماه	P (mm) ^d	Tmin (°C) ^c	Tmax (°C) ^b	Tm (°C) ^a
زمستان	Dec	16.7	-1	8.2	3.6
	Jan	18	-2.7	6.1	1.7
	Feb	18.3	-1.3	8.8	3.8
	Mar	29.6	2.8	14.1	8.5
بهار	Apr	25	8.5	21.1	14.8
	May	20.2	13	26.3	19.6
	Jun	4.7	17.5	31	24.2
تابستان	Jul	2.3	20.3	33.1	26.7

25.8	21.4	19.1	1.5	Aug	
21.9	29	14.8	2.8	Sep	
15.6	2.4	8.8	6.2	Oct	پاییز
9	14.8	3.2	9.1	Nov	
14.6	20.6	8.6	154.4	Annual	

^a متوسط درجه حرارت

^b متوسط حداکثر دما

^c متوسط حداقل دما

^d بارندگی

❖ اطلاعات فوق از سایت سازمان هواشناسی به نشانی زیر اخذ شده‌اند.

(www.chaharmahalmnet.ir/iranarchive.asp, Shahrood station data)

۲-۳- نمونه برداری خاک و آنالیزها

پس از حفر ۱۰۴ پروفیل در کل منطقه مطالعاتی و بررسی آن‌ها توسط مرکز تحقیقات خاک و آب وزارت جهاد کشاورزی، ۱۱ پروفیل به عنوان شاهد انتخاب شد و منطقه از حیث رده بندی تاکسونومیک خاک به ۱۱ واحد طبقه‌بندی شد. فرآیند طبقه‌بندی تاکسونومیک زمین‌ها طبق دستورالعمل رده بندی تاکسونومیک خاک آمریکایی (USDA, 2010) انجام گرفته است. این طبقه‌بندی بر مبنای بررسی‌های میدانی و ریخت شناسی پروفیل‌ها مانند شواهد آب شویی موقعیت افق‌های خاک و عمق آن‌ها و همچنین آنالیزهای شیمیایی و فیزیکی از قبیل میزان شوری، درصد کربن آلی، درصد سدیم تبادلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، میزان کربنات کلسیم، بافت و ساختمان خاک استوار می‌باشد. نتایج طبقه بندی خاک‌ها حاکی از آن است که منطقه شامل دو رده‌ی اریدی سول و انتی سول می‌باشد. رژیم رطوبتی شامل رژیم‌های اریدیک و توریک و رژیم حرارتی مزیک می‌باشد. موقعیت جغرافیایی واحدهای اراضی منطقه (فامیل خاک‌ها) در شکل ۱-۳ نشان داده شده است. همچنین خصوصیات مطالعه شده‌ی واحدهای اراضی در جدول ۳-۴ آمده است. این ویژگی‌ها متوسط وزنی یا غیر وزنی دیتای پروفیل‌ها هستند که مطابق جدول ضرائب وزنی و سایر دستورالعمل‌های طرح شده

در منبع سایش و همکاران (۱۹۹۱a,b و ۱۹۹۳) محاسبه شده‌اند. واحد زمین ابر (دارای خاک Loamy Skeletal Mixed Mesic) به عنوان نمونه جهت ارزیابی تلفیقی (چند معیاره) مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۳-۳- ارزیابی قابلیت اراضی

قبل از بررسی تناسب اراضی برای کاربری‌های خاص (کشت محصولات مختلف)، ارزیابی کلی قابلیت اراضی (Land Capability Evaluation) برای استفاده‌های کشاورزی یا غیر کشاورزی تعیین می‌شود. برای انجام این کار در این تحقیق از مدلی به نام "Cervatana" که جزء مجموعه مدل‌های نرم افزاری سیستم پشتیبانی تصمیم میکرولیز (MicroLEIS Decision Support System) می‌باشد استفاده گردید. این کار باعث می‌شود که زمین‌هایی که قابلیت کشاورزی ندارند مشخص شوند و در آن‌ها کشت و کار انجام نشود تا تخریب بدون صرفه انجام نگیرد. چرا که زمینی که قابلیت کشاورزی ندارد می‌تواند برای منظور مناسب دیگری مانند مرتع داری و یا حیاط وحش مورد استفاده قرار گیرد. اگر در زمینی که قابلیت ندارد کشت و کار انجام شود نه تنها سود با صرفه‌ای حاصل نمی‌شود بلکه باعث تخریب جدی خاک می‌شود. مدل Cervatana بر اساس چهارچوب‌های ارزیابی اراضی پذیرفته شده مانند فائو (۱۹۷۶) و ورچی (۱۹۸۶)، قابلیت عمومی اراضی را برای استفاده‌های کشاورزی ممکن پیش بینی می‌کند. این مدل با مقایسه و سنجش مقادیر خصوصیات زمین، کلاس‌های قابلیت زمین‌ها را تفکیک و طبقه بندی می‌کند. پارامترهای ورودی این مدل در جدول ۳-۲ آمده‌اند.

جدول ۳-۲. پارامترهای ورودی مدل Cervatana

زمین	خاک	اقلیم	پوشش زمین
درصد شیب	عمق موثر	بارندگی ماهیانه	درصد پوشش گیاهی
-	درصد سنگریزه	حداکثر بارندگی ماهیانه	-
-	بافت	حداکثر دمای ماهیانه	-
-	کلاس زهکشی	حداقل دمای ماهیانه	-
-	شوری	-	-

۳-۴- ارزیابی تناسب اراضی

بعد از آن که قابلیت کلی اراضی تعیین شود، در زمین‌هایی که پتانسیل کشت و کار دارند ارزیابی تناسب برای محصولات مختلف انجام می‌شود. ارزیابی فیزیکی اراضی اولین گام در برنامه ریزی نوع استفاده از سرزمین می‌باشد. از طریق ارزیابی اراضی می‌توان محدودیت‌ها و قابلیت‌های زمین‌ها را برای انواع محصولات شناسایی کرد. برای حفظ پایداری تولیدات کشاورزی، ارزیابی خاک‌ها جهت اختصاص دادن یک زمین معین به نوعی بهینه از انواع بهره برداری‌ها ضروری می‌باشد. ارزیابی فیزیکی اراضی به عنوان یک زیرمجموعه از ارزیابی سرزمین شامل سنجش خصوصیات زمین با توجه به انواع بهره برداری‌ها می‌باشد. در ارزیابی تناسب زمین‌های کشاورزی هر خصوصیت اندازه گیری شده از هر زمین با مقادیر آستانه در جداول مبنا مقایسه می‌شود. هر محصول حدود آستانه‌ی خاص خود را برای مقادیر خصوصیات مربوط به رشد دارد. حدود آستانه برای هر خصوصیت فیزیکی و شیمیایی خاک برای محصولات مختلف در منابعی مانند سائیس و همکاران (۱۹۹۳) یافت می‌شوند. پس از مقایسه پارامترهای اندازه‌گیری شده با مقادیر جداول مبنا به هر پارامتر

امتیازی از صفر تا صد در هر واحد زمین اختصاص داده می‌شود و امتیازات پارامترهای مختلف در ارزیابی هر محصول باهم ترکیب می‌شوند تا عددی به نام شاخص زمین (Land Index) به دست آید. هر واحد از اراضی دارای شاخصی بین صفر تا صد می‌باشد که نشان دهنده‌ی نمره‌ی تناسب آن زمین برای محصولی معین می‌باشد.

پارامترهایی که برای ارزیابی تناسب اراضی در این تحقیق در نظر گرفته شده‌اند شامل عمق موثر ریشه زنی، درصد رس خاک، میزان کربنات کلسیم، درجه شیب واحدهای اراضی، pH و میزان کربن آلی می‌باشند. این پارامترها دارای اثر اثبات شده‌ای روی رشد محصول می‌باشند. برخی پارامترها از قبیل کلاس زهکشی، شوری و پارامترهای اقلیمی برای آزمون روش ارزیابی در نظر گرفته نشدند، چون تفاوت مقادیر آن‌ها در واحدهای مختلف اراضی قابل چشم پوشی بود. همچنین در طبقه‌بندی اراضی از حیث تناسب آن‌ها برای کشت یک محصول خاص، ویژگی‌های اقلیمی لحاظ نشد، زیرا این ویژگی‌ها در واحدهای مختلف اراضی تغییر پذیری قابل تشخیصی نداشتند. همچنان که در کل منطقه‌ی مطالعاتی یک ایستگاه هواشناسی برای ثبت داده‌های آب و هوا شناسی تأسیس شده است. ویژگی‌هایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که از واحدی به واحد دیگر تفاوت ایجاد می‌کنند و روی رشد محصول اثر عمده‌ای می‌گذارند. نکته‌ای که در لحاظ کردن پارامترهای لازم برای ارزیابی اراضی باید مد نظر قرار گیرد این است که باید مهم‌ترین پارامترها از حیث اهمیت و تأثیر روی رشد محصول انتخاب شوند. این پارامترها باید پارامترهایی باشند که ویژگی و استعداد ذاتی و طبیعی زمین را برای عملیات کشاورزی منعکس کنند. از جمله‌ی آن پارامترها می‌توان به بافت خاک که یکی از ویژگی‌های استاتیک خاک می‌باشد و روی تعداد قابل توجهی از خصوصیات دیگر مانند نفوذپذیری، فرسایش پذیری، تهویه و فراهمی آب در دسترس گیاه تأثیر می‌گذارد، اشاره کرد که در این تحقیق لحاظ شده است.

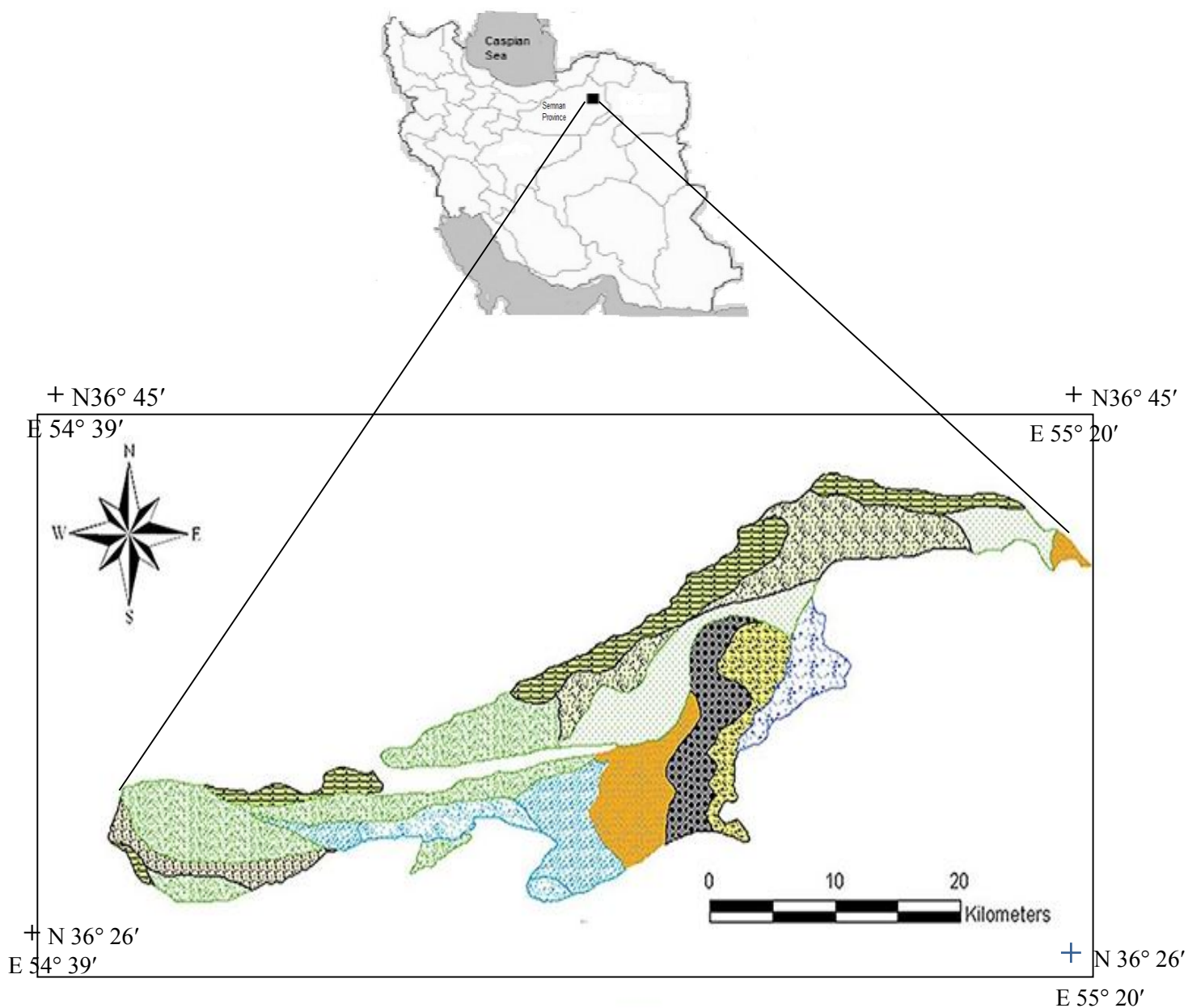
طبیعتاً هرچه تعداد پارامترهای بیشتری در نظر گرفته شود، درک بهتر و کامل تری از خاک‌ها خواهیم داشت، اما باید هزینه و وقت خیلی بیشتری را صرف ارزیابی اراضی نماییم و این امر کار پیچیده‌ی ارزیابی را مشکل‌تر خواهد کرد. در عین حال می‌توان با در نظر گرفتن تعدادی معقول از مهمترین پارامترها، فرآیند ارزیابی را با دقت خوبی انجام داد.

از طریق ارزیابی فیزیکی و بیو فیزیکی، تناسب اراضی برای محصولات در نظر گرفته شده از لحاظ فنی تعیین می‌شود. منظور از تناسب فنی آن است که هر محصولی در زمینی که نیازهای آن محصول را تأمین می‌کند و ویژگی‌های زمین با نیازهای گیاه تطابق دارد کاشت شود. شاخص‌های اراضی بدست آمده پس از ارزیابی در ۴ یا ۵ کلاس تناسب به صورت کمی با عددی بین صفر تا صد دسته بندی می‌شود که می‌توان این دسته بندی‌ها را برای سهولت تفکیک به طور کلی به صورت کیفی نیز بیان نمود.

در جدول ۳-۳ طبقه بندی خاک‌های منطقه مطالعاتی بسطام نشان داده شده است که از طریق آن و شکل ۳-۱ که موقعیت جغرافیایی واحدهای اراضی مختلف را نسبت به همدیگر نشان می‌دهد، می‌توان ویژگی‌ها و محل هر واحد زمین را شناسایی نمود.

جدول ۳-۳. طبقه بندی واحدهای اراضی منطقه بسطام و مساحت آن‌ها.

مساحت (هکتار)	نوع خاک (فامیلی)	واحدهای اراضی
۸۱۲۵	Loamy skeletal fragmental mixed mesic	ابر
۱۵۲۵	Fine loamy mixed mesic	امیر
۷۲۵۰	Fragmental mixed (Calcareous) mesic	باغ
۳۹۷۵	Fine loamy mixed (Calcareous) mesic	بسطامی
۳۵۲۵	Loamy skeletal mixed (Calcareous) mesic (Typic Torrifluents)	بایزید
۳۵۵۰	Fine carbonatic mesic	خرقان
۹۴۵۰	Loamy skeletal over fragmental mixed mesic	خزانه
۷۲۲۵	Coarse loamy mixed mesic	خیج
۱۷۲۵	Fine loamy carbonatic mesic	مجن
۴۳۵۰	Fine silty mixed mesic	قلعه
۲۸۰۰	Loamy skeletal mixed (calcareous) mesic Typic Torriorthents	قهج



Soil families

Fragmental, mixed (Calcareous), mesic, Typic Torriorthents	Coarse-loamy, mixed, mesic, Typic Gypsiorthids
Loamy skeletal, over fragmental, mixed, mesic, Typic Calciorthids	Fine-loamy, carbonatic, mesic, Typic Camborthids
Loamy skeletal, mixed, mesic, Typic Calciorthids	Fine-loamy, mixed, mesic, Fluventic Camborthids
Loamy skeletal, mixed (Calcareous), mesic, Typic Torriorthents	Fine-silty, mixed, mesic, Fluventic Camborthids
Loamy skeletal, mixed (Calcareous), mesic, Typic Torrifluents	Fine, carbonatic, mesic, Typic Camborthids
	Fine-loamy, mixed (calcareous), mesic, Typic Torrifluents

شکل ۳-۱. واحدهای اراضی منطقه بسطام که از دید تاکسونومیک طبقه‌بندی شده‌اند.

جدول ۳-۴. متوسط مقادیر اندازه گیری شده ی خصوصیات اراضی.

واحد های اراضی	درصد ماده ی آلی	درصد شیب	pH	عمق ریشه زنی (سانتیمتر)	درصد کربنات کلسیم	درصد رس
ابر	۰/۴۰	۵-۰	۷/۸	۹۵	۳۱/۰	۱۶/۴
امیر	۰/۳۳	۲-۰	۷/۹	۱۴۵	۲۳/۷	۲۹/۷۵
باغ	۰/۲۴	۸-۵	۷/۹	۲۲	۵/۵	۵/۰۰
بسطامی	۰/۴۴	۲-۰	۷/۸	۱۶۰	۲۸/۵	۲۲/۲۲
بایزید	۰/۳۸	۵-۲	۸/۰	۹۵	۱۴/۷	۷/۱۱
خرقان	۰/۶۰	۲-۰	۷/۸	۱۲۵	۵۵/۸	۴۲/۴۰
خزانه	۰/۳۵	۸-۵	۷/۹	۴۰	۲۴/۰	۱۸/۰۰
خیج	۰/۳۵	۵-۲	۷/۸	۸۶	۳۶/۰	۹/۰۰
مجن	۰/۳۰	۲-۰	۸/۰	۱۵۰	۴۱/۵	۲۲/۸۰
قلعه	۰/۸۰	۲-۰	۸/۰	۱۵۰	۳۰/۲	۳۶/۱۸
قهج	۰/۰۹	۵-۲	۸/۰	۱۴۰	۲۰/۰	۱۱/۰۰

مثلا می توان کلاس های تناسب را به ۴ کلاس شامل ۷۵-۱۰۰ دارای تناسب خیلی خوب (S1)^۵، ۵۰-۷۵ دارای تناسب خوب (S2)، ۲۵-۵۰ دارای تناسب متوسط (S3) و ۰-۲۵ دارای تناسب ضعیف (N) یا نامناسب برای محصولات مختلف در واحدهای مختلف اراضی دسته بندی نمود.

۳-۴-۱- روش حداکثر محدودیت

در این روش نمره ی محدود کننده ترین پارامتر (کمترین امتیاز) به عنوان شاخص زمین در هر کدام از واحدهای اراضی برای هر محصول گزارش می شود. این روش بر هم کنش بین پارامترها را لحاظ نمی کند. در این روش فرض بر این است که پارامتر با کمترین امتیاز بیشترین تاثیر را روی رشد محصول می گذارد و کنترل کننده ی رشد می باشد.

۳-۴-۲- روش استواری (Storie)

روش استواری توسط استوری (۱۹۷۶) مطرح شد. در این روش همه پارامترها در همدیگر ضرب شده و تفاوتی از لحاظ سهم هر پارامتر در رشد گیاه در نظر گرفته نمی شود. شاخص زمین طبق معادله ی زیر محاسبه می شود:

$$SI = (A) \times (B/100) \times (C/100) \times \dots \quad (۳-۱)$$

در این معادله، SI شاخص استوری

A، B و C و...: امتیازات پارامترها

^۵Suitability class

۳-۴-۳- روش ریشه‌ی دوم

روش موسوم به ریشه‌ی دوم توسط خیدر (۱۹۸۶) مطرح شد که تمام پارامترها را با هم در نظر می‌گیرد اما اثر بیشتری را برای محدود کننده‌ترین عامل (دارای کمترین امتیاز) قائل می‌شود. معادله زیر نحوه‌ی محاسبه شاخص اراضی را با روش ریشه‌ی دوم نشان می‌دهد:

$$I = (R_{\min}) \times \sqrt{A/100} \times \sqrt{B/100} \times \dots \quad (۲-۳)$$

I: شاخص ریشه‌ی دوم

$R_{\min}$: پارامتر دارای کمترین امتیاز

A, B, ... : دیگر پارامترها

۳-۴-۴- روش مجموعه‌های فازی

در این مطالعه سه تابع عضویت فازی شامل S شکل، Z شکل و کندل (نوعی تابع گوسی) برای تعیین میزان امتیازی بین صفرتا یک برای هر خصوصیت زمین مورد استفاده قرار گرفت. مقدار صفر کمترین و مقدار یک بالاترین درجه‌ی عضویت خصوصیت اندازه‌گیری شده مورد نظر در کلاس تناسب مبنا می‌باشند. برای هر کدام از کلاس‌های تناسب اراضی هر کدام از خصوصیات زمین تابع عضویت فازی جداگانه تعریف می‌شود. استفاده از روش فازی باعث می‌شود تا کلاس‌های تناسب و مقادیر پارامترها بصورت پیوسته و نه گسسته و با درجه ای از تعلق بیان شوند که این رویکرد به واقعیت در طبیعت نزدیک‌تر می‌باشد. توابع استفاده شده‌ی S شکل، Z شکل و کندل به ترتیب در معادلات (۳-۳) و (۴-۳) و (۵-۳) در ذیل آمده‌اند:

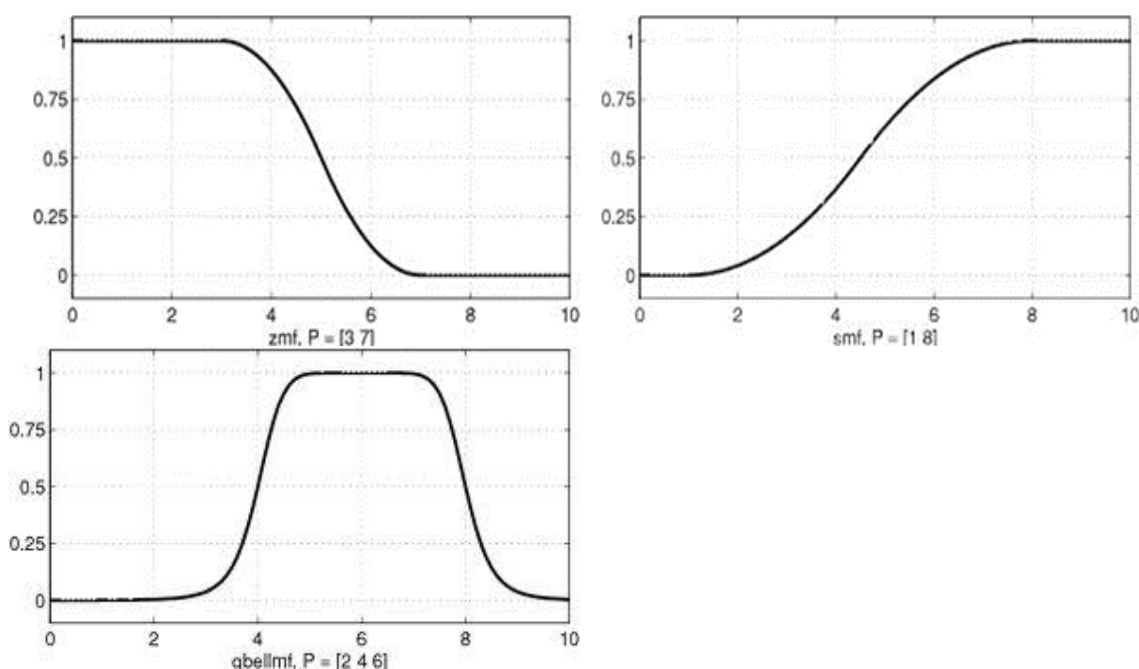
$$MF(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0 & x \in [-\infty, \alpha) \\ 2[(x-\alpha)/(\gamma-\alpha)]^2 & x \in [\alpha, \beta) \\ 1-2[(x-\beta)/(\gamma-\alpha)]^2 & x \in [\beta, \gamma) \\ 1 & x \in [\gamma, +\infty) \end{cases} \quad (۳-۳)$$

$$MF(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 1 & x \in [-\infty, \alpha) \\ 1-2[(x-\alpha)/(\gamma-\alpha)]^2 & x \in [\alpha, \beta) \\ 2[(x-\beta)/(\gamma-\alpha)]^2 & x \in [\beta, \gamma) \\ 0 & x \in [\gamma, +\infty) \end{cases} \quad (۴-۳)$$

معادلات (۳-۳) و (۴-۳) به ترتیب توابع فازی افزایشی و کاهشی را برای خصوصیت x (برای مثال، افزایشی برای عمق ریشه زنی و کاهشی برای شیب زمین) ارائه می‌دهند. در این معادلات α و γ حدود پایینی و بالایی مقادیر آستانه‌ی مبنا برای خصوصیت x (کلاس‌های تناسب مرجع) هستند و β برابر است با $(\alpha+\gamma)/2$.

$$MF(x; b_1, m, b_2) = \begin{cases} 1/\{1+[(x-b_1)/d]^2\} & x < b_1 \\ 1 & b_1 \leq x \leq b_2 \\ 1/\{1+[(x-b_2)/d]^2\} & x > b_2 \end{cases} \quad (۵-۳)$$

در معادله‌ی (۳-۵)، X مقدار خصوصیت اندازه‌گیری شده می‌باشد که در دو جهت تغییر می‌کنند (مانند pH)، b_1 و b_2 حدود پایینی و بالایی آستانه‌ی خصوصیت X هستند، m برابر با $(b_1+b_2)/2$ و d برابر با $(m-b_1)$.



شکل ۳-۲. توابع S شکل، Z شکل و کندل

شکل ۳-۲ نمودار توابع را نشان می‌دهد که در آن‌ها محور عمودی، درجه‌ی عضویت متغیر در مجموعه‌ی فازی مورد نظر و محور افقی میزان تغییرات متغیر مورد نظر می‌باشد. پس از محاسبه‌ی درجه عضویت همه‌ی پارامترها در ۴ کلاس تناسب (در هر واحد اراضی و برای هر محصول) ماتریسی به نام ماتریس خصوصیات برای هر واحد زمین تشکیل می‌شود. سپس این ماتریس با ماتریسی به نام ماتریس اوزان ترکیب می‌شود. ماتریس اوزان از وزن‌های نسبی پارامترها (خصوصیات اراضی) با در نظر گرفتن تأثیر آن‌ها روی رشد محصول تشکیل شده است. این اوزان از طریق مقایسات زوجی (دو به دو) کارشناسی پارامترها با

استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی تعیین می‌شوند. در ذیل نمونه‌ای از ترکیب ماتریس اوزان با ماتریس خصوصیات برای واحد زمین خرقان برای کشت سیب زمینی آمده است:

ماتریس‌های خصوصیات و اوزان به ترتیب، Characteristics matrix و Weights matrix نام دارند و S1، S2، S3 و N کلاس‌های تناسب مرجع می‌باشند. خصوصیات اراضی به صورت نظیر به نظیر در ماتریس‌های اوزان و مرجع قرار گرفته و باهم ترکیب می‌شوند.

Characteristics matrix:

		<u>S1</u>	<u>S2</u>	<u>S3</u>	<u>N</u>
Weights matrix:	Clay%	۰/۱۴	۰/۸۱	۰/۰۹	0
	Slope%	1	۰/۳۱	۰/۲۰	0
	O.C%	0	۰/۵۰	1	0
	Depth	1	۰/۰۲	۰/۰۱	0
	pH	۰/۱۴	1	۰/۳۱	0
	CaCO ₃	0	۰/۰۱	۰/۰۸	1

ماتریس‌های اوزان و خصوصیات با استفاده از یک عملگر فازی به طریق زیر با هم ترکیب می‌گردند:

$$E = W \circ R \quad (۶-۳)$$

که در آن، E ماتریس تناسب (دارای یک ردیف و چهار ستون)، W و R به ترتیب ماتریس‌های اوزان و خصوصیات می‌باشند و (°) عملگر فازی می‌باشد که دو ماتریس را به وسیله‌ی فرمول زیر با هم ترکیب می‌کند:

$$e_j = \min (a_1 + a_2 + \dots + a_n, 1) \quad (7-3)$$

$$a_i = \max (0, w_i + r_{ij} - 1), i = 1, 2, \dots, n. \quad (1-7-3)$$

e_j مقدار عنصر j ام در ماتریس تناسب می‌باشد، w_i و r_{ij} به ترتیب عناصر متناظر در ماتریس‌های اوزان و خصوصیات می‌باشند و $\min$ و $\max$ حداقل و حداکثر مقادیر در دامنه‌ی مقادیر داخل پراتز می‌باشند.

سپس ماتریس E به طریقی استاندارد می‌شود که حاصل جمع عناصر آن برابر با یک شود (تقسیم هر عنصر به حاصل جمع همه‌ی عناصر)، سپس شاخص نهایی واحد زمین از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$Li = \sum (dj \times aj) \quad (8-3)$$

که در آن Li شاخص زمین در یک واحد معین از اراضی می‌باشد، dj مقدار استاندارد شده‌ی عنصر j ام ماتریس E می‌باشد و Aj مقدار میانگین حدود بالایی و پایینی کلاس تناسب j ام می‌باشد. اطلاعات مقدماتی و تفصیلی در مورد ریاضیات فازی را می‌توان در منابعی مانند ونگ (۱۹۹۷) پیدا کرد. هم چنین توابع فازی را در نرم افزار MATLAB[®] می‌توان جستجو کرد.

۳-۵- ارزیابی اقتصادی

ارزیابی اقتصادی اراضی نسبت به ارزیابی فیزیکی تنها، یک پیش بینی ملموس‌تر از قابلیت زمین‌ها را برای کشاورزان فراهم می‌آورد. اگرچه یک مشکل عمده در ارزیابی‌های اقتصادی مربوط به نوسانات قیمت‌ها است و عدم ثبات اقتصادی و دیگر پیچیدگی‌ها کار ارزیابی اقتصادی را مشکل می‌سازد، اما سنجش سود بخشی نسبی محصولات مختلف در برنامه‌ریزی استفاده از اراضی و تصمیم‌گیری در مورد انتخاب محصول باید به عنوان یک معیار کلیدی در نظر گرفته شود. ارزیابی اقتصادی محصولات مختلف در این تحقیق بر اساس محاسبه‌ی قیمت نهایی فرآورده، هزینه نهاده‌های مصرفی و محاسبه سود خالص هر محصول در یک واحد

معین زمین استوار می‌باشد. انواع هزینه‌های مختلف برای هر محصول بررسی می‌شود و مجموع آن‌ها از قیمت نهایی کسر می‌گردد تا سود خالص به دست آید. میانگین عملکرد چندساله‌ی محصولات در هکتار، در قیمت واحد محصول ضرب می‌شود تا قیمت کل محصول در هکتار به دست آید. بررسی اقتصادی محصولات با استفاده از اطلاعات موسسه‌ی تحقیق و برنامه ریزی اقتصادی کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی انجام گرفت.

۳-۶- ارزیابی زیست محیطی

تخریب محیط زیست خدمات آن را به انسان، اکوسیستم‌ها و دیگر موجودات کاهش می‌دهد و از این رو مانع پایداری می‌شود. ابعاد مختلفی در محیط زیست وجود دارد که باید مورد مطالعه قرار گیرند مانند آسیب‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک. در این تحقیق مطالعه‌ی محیط زیست از دیدگاه آسیب پذیری ناشی از عملیات کشاورزی در بعد شیمیایی انجام می‌شود. در این تحقیق مطالعه‌ی چند معیاره برای تعیین بهترین محصول در یکی از واحدهای اراضی به نام ابر (Abr) برای نمونه انجام می‌شود. بعد فیزیکی محیط زیست نیز از لحاظ آسیب‌پذیری خاک به فرسایش با استفاده از مدل "ImpelERO" که مدلی هیبریدی از سیستم هوشمند و شبکه‌های عصبی می‌باشد و مبنای معادله فرسایش خاک جهانی (USLE) را دارد، مورد ارزیابی قرار گرفت. اما آسیب‌پذیری خاک‌های منطقه به فرسایش در واحدهای مختلف اراضی متفاوت بود و در درون یک واحد معین تفاوتی محرز نشد. بنابراین از نتایج ارزیابی فیزیکی برای انتخاب محصول در سیستم تصمیم‌گیری چندمعیار استفاده نشد. اطلاعات لازم راجع به ارزیابی فیزیکی بخشی از منطقه مطالعاتی در شریفی‌فر (۱۳۹۱) و شریفی‌فر و همکاران (۲۰۱۳) قابل یافت است.

به عنوان یک اثر زیست محیطی حساسیت خاک به آلودگی و در مرحله‌ی بعد آسیب‌پذیری نسبت به آبشویی بیش از حد مواد شیمیایی به درون آب‌های زیر زمینی برای هر محصول ارزیابی می‌شود. این کار به کمک

مدلی کامپیوتری موسوم به Arenal که در بسته‌ی نرم افزاری مدل‌های میکرولیز (سیستم پشتیبانی تصمیم) وجود دارد، قابل انجام است. مدل Arenal یک سیستم هوشمند برای ارزیابی کیفی آسیب پذیری زمین به آلودگی توسط ترکیبات آگرو شیمیایی می‌باشد. آبشویی ترکیبات در پروفیل خاک و آلودگی احتمالی متعاقب آب زیر زمینی در نظام‌های مختلف مدیریت اراضی، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. مدل Arenal هم چنین آسیب‌پذیری آب زیر زمینی به آلودگی توسط نیترات و آفت کش‌های آبشویی شده از خاک را در یک مقیاس منطقه‌ای تعیین می‌نماید. خصوصیات ذاتی خاک، اطلاعات اقلیمی و نوع سیستم مدیریتی مزرعه برای آنالیز در این مدل مورد استفاده قرار می‌گیرند. دیتای ورودی مدل شامل: بارندگی، نوع واحد فیزیوگرافی، سطح آب زیر زمینی، بافت خاک، میزان شوری، pH، ظرفیت تبادل ذرات خاک، نوع محصول کاشته شده، وجود یا عدم وجود زهکش مصنوعی، انجام یا عدم انجام عملیات آبیگری می‌باشد. در خروجی مدل، ۴ کلاس کیفی آسیب پذیری وجود دارد که می‌توان با نمره دهی آن‌ها را کمی‌سازی نمود. این کلاس‌ها شامل: غیر آسیب پذیر^۶ (V1)، آسیب پذیری کم (V2)، آسیب پذیری متوسط (V3) و آسیب پذیری زیاد (V4). اطلاعات بیشتر راجع به مدل‌های میکرولیز را می‌توان در دی لا روزا و همکاران (۱۹۹۲ و ۲۰۰۴) یافت نمود.

۳-۷- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

فرایند تحلیل سلسله مراتبی روشی است که تصمیم‌ها را با تجزیه نمودن اجزای چند معیاره‌ی آن به سلسله مراتبی از معیارهای تصمیم‌گیری و مجموعه‌ای از راهکارها فرمول‌بندی و قابل تحلیل می‌نماید. این تکنیک براساس مقایسات دو به دو استوار است و امکان در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی نامتجانس و هم‌چنین سنجش حساسیت معیارها و سازگاری تصمیمات را از طریق تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی فراهم می‌آورد. راهکارها (گزینه پیشنهادی) به صورت دو به دو در ارتباط با معیارها با همدیگر مقایسه شده و

⁶ Vulnerability

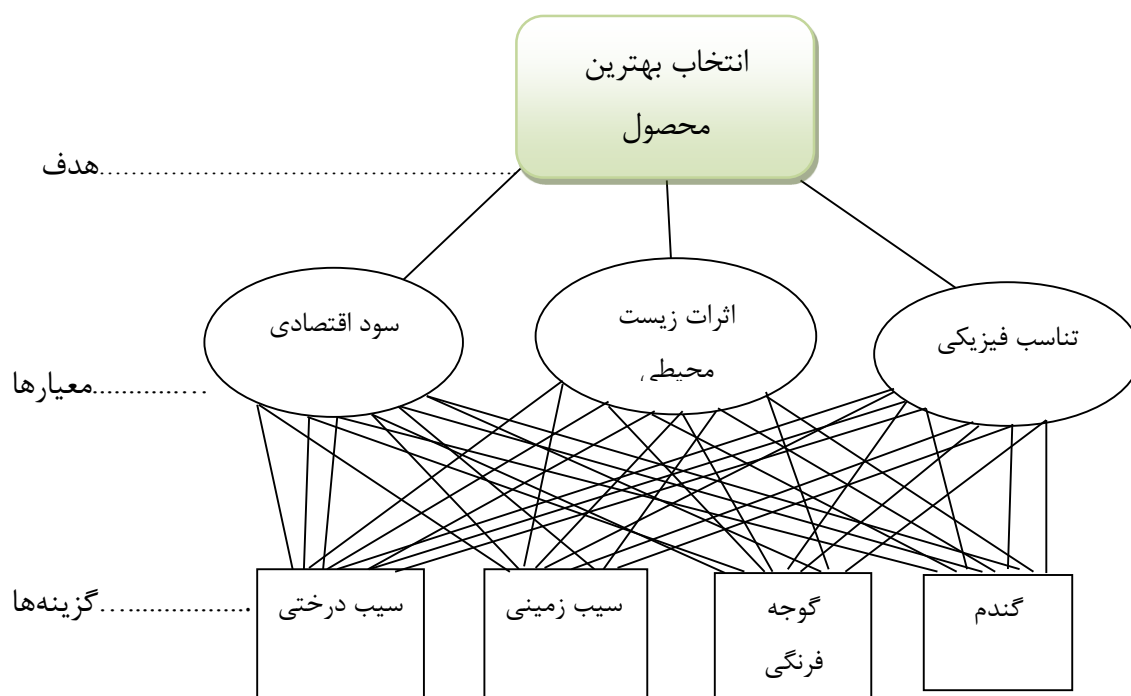
اولویت‌بندی می‌شوند. شکل ۳-۳ درک بهتری از رویه‌ی استفاده از AHP را در این مطالعه ارائه می‌کند. سه مرحله‌ی اصلی در تصمیم‌گیری چند معیاره به وسیله‌ی AHP شامل تشکیل یک ساختار سلسله‌مراتبی، محاسبه اوزان از طریق ماتریس‌های مقایسه‌ای و آنالیز سازگاری سیستم وجود دارد. در این تکنیک یک مسئله‌ی پیچیده به چند زیر مجموعه از مسائل شکسته می‌شود که در قالب یک ساختار سلسله‌مراتبی سازمان‌دهی می‌شوند. یکی از مزایای تکنیک AHP امکان چک کردن سازگاری تصمیم و قابل اتکاء بودن آن است. هر ماتریس مقایسه زوجی می‌تواند سازگار یا ناسازگار باشد. سازگاری یا قابل اتکاء بودن یک قضاوت را می‌توان از طریق شاخص ناسازگاری بررسی نمود. همان طور که ساعتی (۱۹۸۰) بیان می‌دارد، هنگامی که نسبت ناسازگاری کمتر از ۰/۱ باشد، تصمیم و قضاوت‌های انجام شده قابل اعتماد می‌باشند. فرمول شاخص ناسازگاری به صورت زیر می‌باشد:

$$\text{Inconsistency Index} = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (۹-۳)$$

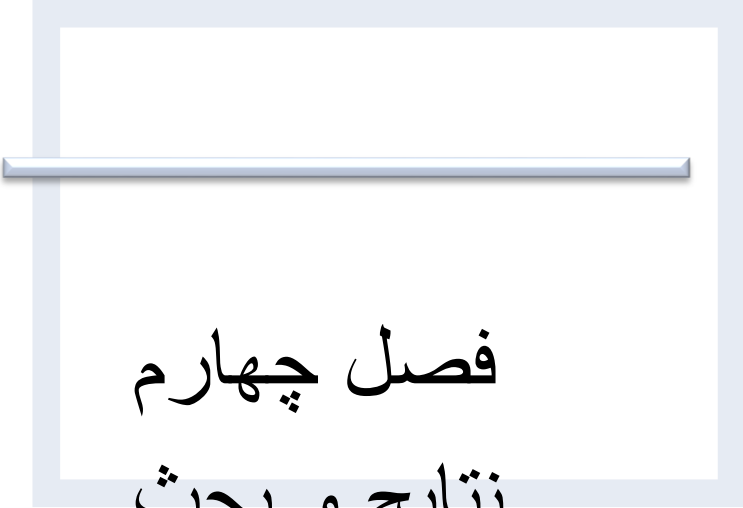
که در آن $\lambda_{\max}$ بیشترین وزن در میان اوزان نهایی گزینه‌ها و n تعداد معیارها می‌باشد. نسبت ناسازگاری به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Inconsistency Ratio} = I. I. / I. I. R \quad (۱۰-۳)$$

که در آن I.I شاخص ناسازگاری کل و I.I.R (Inconsistency Index of Random matrix) شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی می‌باشد که در جداول مربوطه در منابع AHP موجود است. اطلاعات کامل راجع به اصول فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در ساعتی (۱۹۸۰) و قدسی پور (۱۳۹۰) قابل یافت است.



شکل ۳-۳. سلسله مراتب رویه‌ی مطالعه.



فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- نتایج ارزیابی قابلیت اراضی

پس از جمع آوری اطلاعات مربوط به خاک و اقلیم و زمین و دسته بندی آنها، مدل Cervatana اجرا شد و اطلاعات لازم وارد مدل شد و برای واحدهای مختلف اراضی کلاس‌های قابلیت آنها تعیین شد. در خروجی نتایج مدل، ۵ کلاس کیفی قابلیت زمین وجود دارد که شامل: S1 (کاملاً مناسب برای کشاورزی)، S2 (دارای تناسب متوسط برای کشاورزی)، S3 (دارای تناسب کم برای کشاورزی)، N1 (دارای عدم قابلیت اما قابل اصلاح برای کشاورزی) و N2 (عدم قابلیت دائمی برای کشاورزی) هستند. پس از این بررسی ۱۱ واحد تاکسونومیک اراضی در ۷ واحد از حیث قابلیت کلی برای کشاورزی قرار گرفتند. در خصوص واحدهایی که در کلاس S3 قرار گرفته‌اند باید مدیریت ویژه‌ای برای حفاظت از خاک و بهره برداری با رویکرد حفاظتی و بهبود زمین‌ها صورت گیرد. علاوه بر تعیین کلاس کلی قابلیت اراضی، نوع عوامل محدود کننده نیز در نتایج مدل قابل تشخیص است که می‌توان با شناخت نوع عامل محدود کننده اقدام به اصلاح خاک‌ها نمود. عمده‌ی محدودیت‌های منطقه مطالعاتی شامل محدودیت بافت خاک و خطر فرسایش پذیری بودند. بعد از طراحی و ترسیم نقشه‌ی طبقه بندی تاکسونومیک خاک‌های منطقه، نقشه‌ی طبقه‌بندی قابلیت اراضی برای کشاورزی با کمک نرم افزار Arcmap در مجموعه‌ی GIS طراحی و ترسیم شد که در شکل ۴-۱ نشان داده شده است. همچنین جدول ۴-۱ کلاس‌های قابلیت اراضی را با تفکیک واحدهای اراضی نشان می‌دهد.

مدل Cervatana توسط دی لا روزا و همکاران (۱۹۹۳) ساخته شد و اولین بار در کشور اسپانیا مورد استفاده قرار گرفت. دیتای ورودی این مدل در این مطالعه در دامنه‌ی مقادیری بود که در ابتدا این مدل با آن دیتا کالیبره و اعتبار سنجی شده بود. همچنین از آنجاییکه نتایج مدل به صورت کیفی بیان می‌شوند، احتیاجی به آزمون استاندارد سازی نبوده، ضمن آن که این مدل در ایران نیز مورد آزمون قرار گرفته است (شهبازی، ۱۳۸۸؛ کمالی، ۱۳۸۷؛ شهبازی و همکاران، ۲۰۰۸؛ شهبازی و جعفرزاده، ۲۰۱۰). توضیح بیشتر راجع به

مدل‌های میکرولیز را در دی لا روزا و همکاران (۱۹۹۲، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۹) می‌توان یافت.

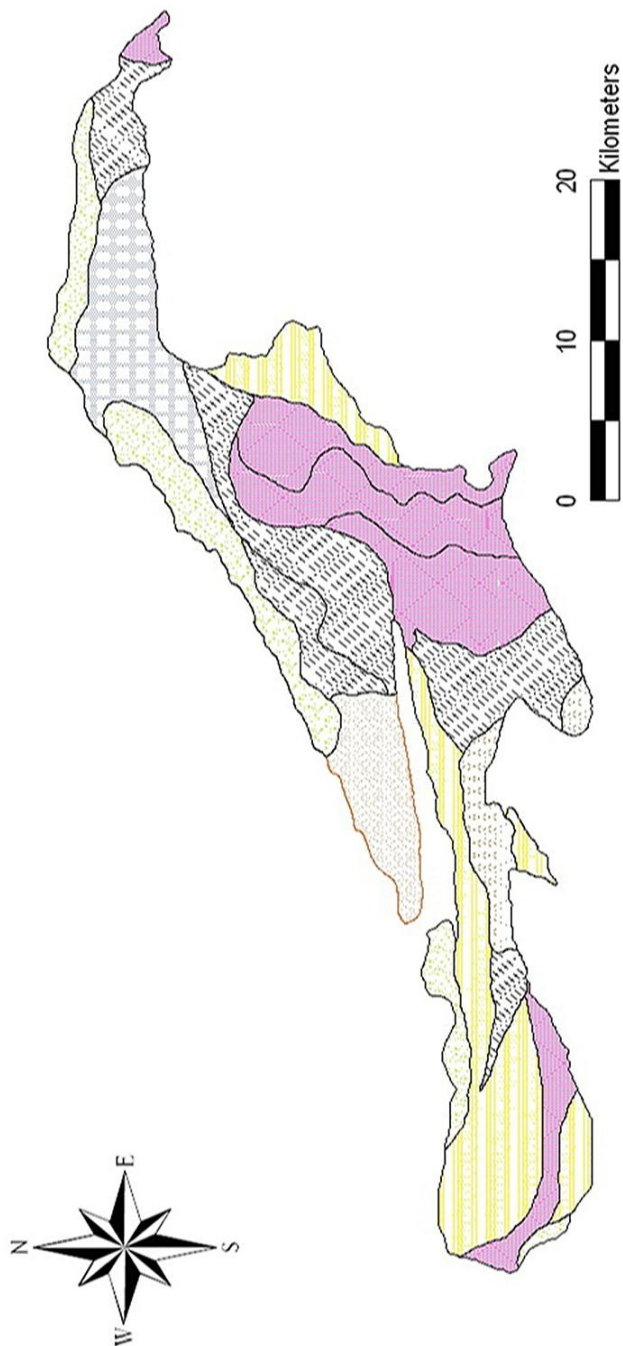
جدول ۴-۱. واحدهای اراضی و کلاس قابلیت آن‌ها برای کشاورزی.

واحدهای اراضی	کلاس قابلیت جهت بهره‌برداری کشاورزی
ابر	S2lrb
امیر	S3r
باغ	N1
بسطامی	S2lb
بایزید	S2lrb
خرقان	S2lb
خزانہ	S3lr
خیج	S2lrb
مجن	S2lb
قلعه	S2lb
قهج	S3l

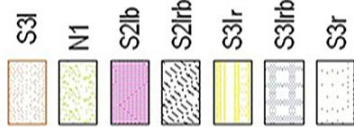
موقعیت جغرافیایی این واحدها را می‌توان در شکل ۴-۱ پیدا نمود. راهنمای اندیس‌ها در شکل آمده است.

+ E 55° 20'

N 36° 45'



Cervatana model: Genaral capability map



+ E 55° 20'

N 36° 26'

شکل ۴-۱. نقشه‌ی طبقه بندی قابلیت اراضی منطقه بسطام برای عملیات کشاورزی.

۴-۲- نتایج ارزیابی تناسب اراضی

نتایج شاخص‌های اراضی به دست آمده از طریق چهار روش مختلف ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت گوجه فرنگی، گندم و سیب زمینی در هر واحد اراضی در جداول ۴-۲، ۴-۳ و ۴-۴ به ترتیب نشان داده شده‌اند. نتایج هر روش (شاخص‌های اراضی)، با عملکرد مشاهده شده در هر واحد زمین مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج همبستگی بین شاخص‌های اراضی و عملکردها در شکل ۴-۲، ۴-۳ و ۴-۴ نشان داده شده است. برای یافتن اهمیت آماری نتایج همبستگی، آزمون t استیودنت انجام شد. آزمون معنی دار بودن در دو سطح

+ E 54° 39'
N 36° 45'

+ E 54° 39'
N 36° 26'

اطمینان شامل ۹۰٪ ($\alpha=0/1$) و ۹۵٪ ($\alpha=0/05$) انجام شد که نتایج آن در جدول ۴-۵ آمده است.

جدول ۴-۲. شاخص‌های اراضی و عملکرد مشاهده شده‌ی سیب زمینی

واحد‌های اراضی	عملکرد (تن در هکتار)	مجموعه‌های فازی	ریشه دوم	استوری محدودیت	حداکثر
ابر	16.0	50.27	19.46	9.79	38.66
امیر	22.0	67.87	20.48	10.48	40.00
بسطامی	20.0	64.80	23.22	12.82	42.05
خرقان	18.5	57.43	4.70	1.84	12.00
خیج	15.0	47.27	14.70	6.75	32.00
مجن	19.0	61.89	7.06	3.25	15.33
قلعه	17.5	53.30	22.07	12.28	39.66
قهج	18.0	55.01	5.96	8.87	40.00

جدول ۴-۳. شاخص‌های اراضی و عملکرد مشاهده شده‌ی گوجه فرنگی

واحد‌های اراضی	عملکرد (تن در هکتار)	مجموعه‌های فازی	ریشه دوم	استوری محدودیت	حداکثر
ابر	22.5	57.51	15.04	6.90	32.00
امیر	26.5	64.89	19.82	9.82	40.00
بسطامی	21.0	54.73	18.14	9.30	35.39
خرقان	20.7	52.94	6.67	3.56	12.50
خیج	20.0	50.93	10.18	4.09	25.33

18.00	3.70	8.16	59.99	23.0	مجن
33.00	8.96	17.20	60.97	24.0	قلعه
40.00	7.22	17.00	49.72	18.5	قهج

جدول ۴-۴. شاخص‌های اراضی و عملکرد مشاهده شده‌ی گندم.

واحدهای اراضی	عملکرد (تن در هکتار)	مجموعه‌های فازی	ریشه دوم	استوری محدودیت	حداکثر
ابر	2.5	61.25	46.08	35.40	60.00
امیر	3.0	74.15	34.99	30.60	40
بسطامی	2.7	63.35	40.23	34.00	50.00
خرقان	2.7	63.31	9.26	6.86	12.50
خیج	2.8	69.72	19.48	15.18	50.00
مجن	2.0	59.74	23.68	14.02	40
قلعه	4.0	78.25	58.17	45.12	75
قهج	2.2	60.87	14.30	12.77	40.00

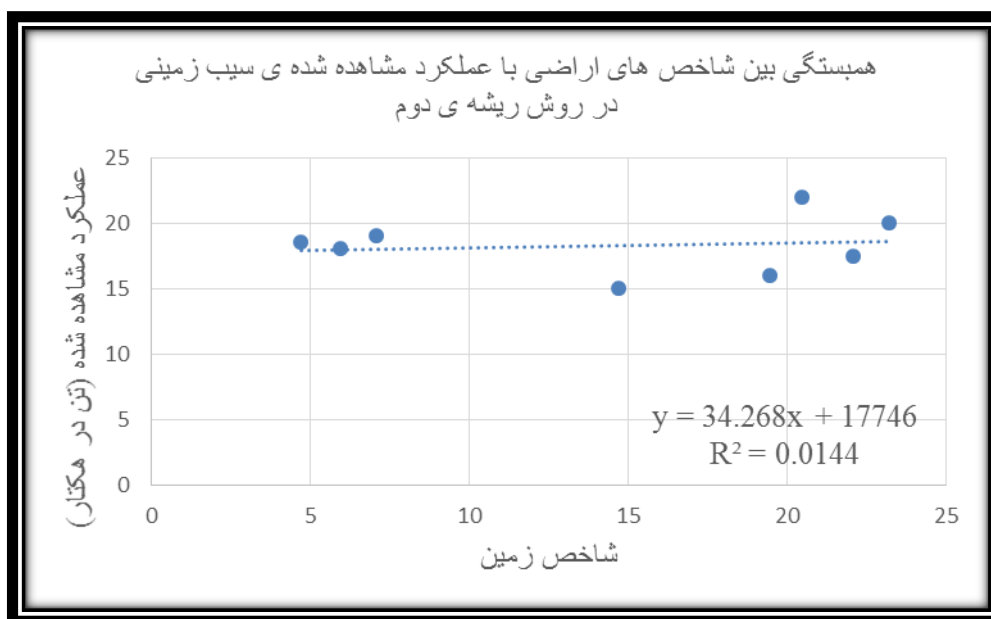
جدول ۴-۵. نتایج آزمون معنی دار بودن (t-student) برای همبستگی بین شاخص‌های اراضی، محاسبه شده با روش‌های مختلف، و عملکرد مشاهده شده محصول.

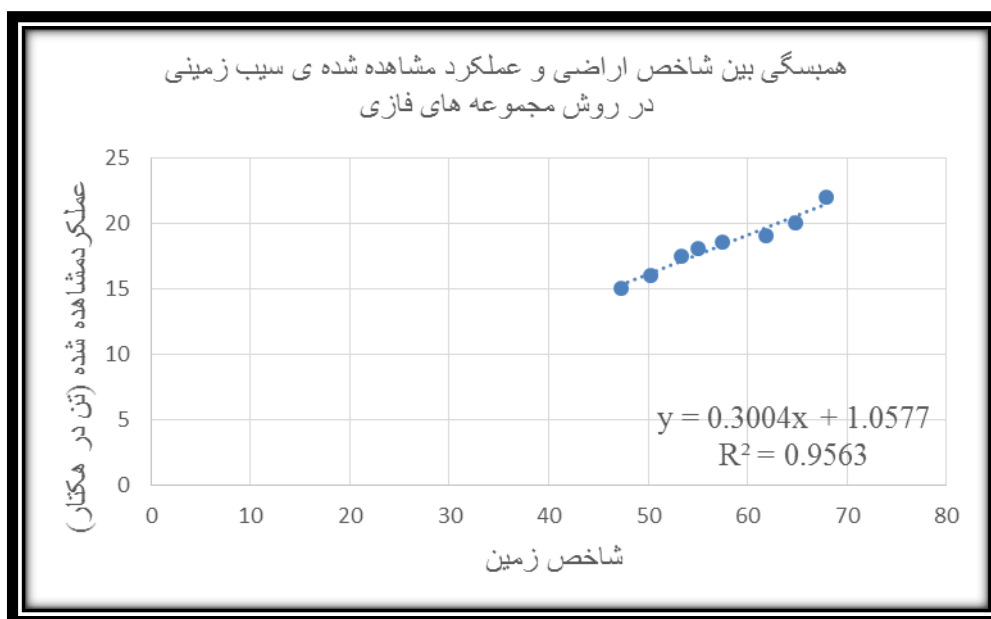
محصول	روش فازی	روش ریشه دوم	روش استوری	روش حداکثر محدودیت
گوجه فرنگی	**	NS	NS	NS
گندم	**	*	*	NS
سیب زمینی	**	NS	NS	NS

NS: غیر معنی دار در دو سطح $\alpha = 0.05$ و $\alpha = 0.1$

*معنی دار در سطح $\alpha = 0.1$

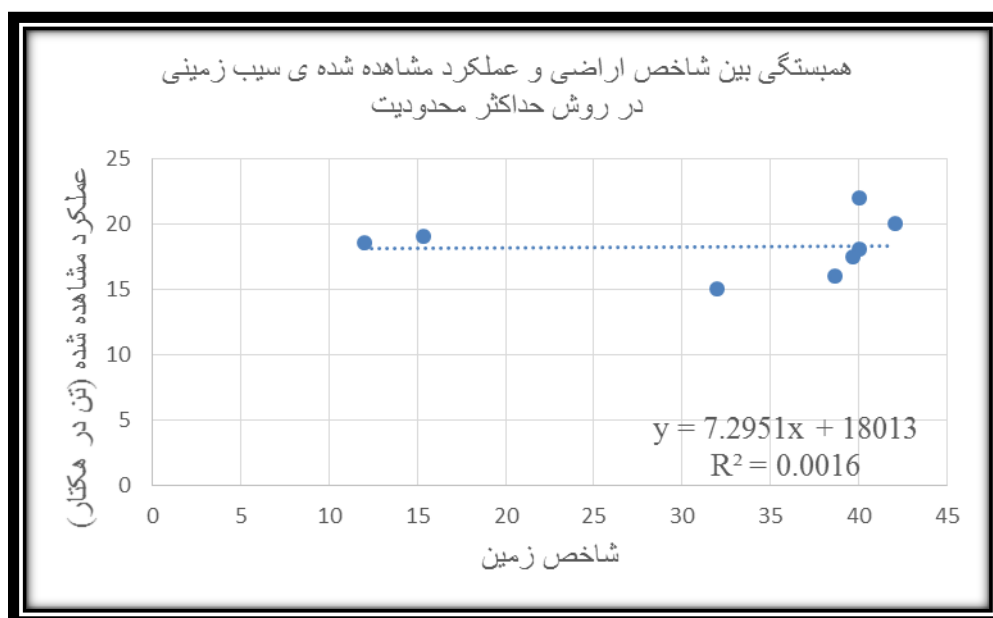
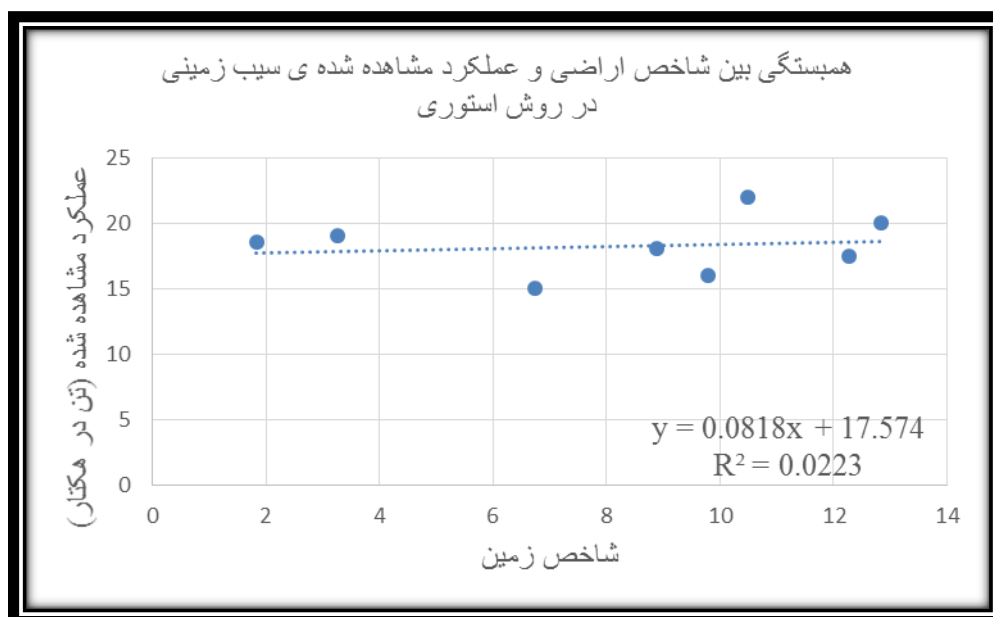
**معنی دار در سطح $\alpha = 0.05$

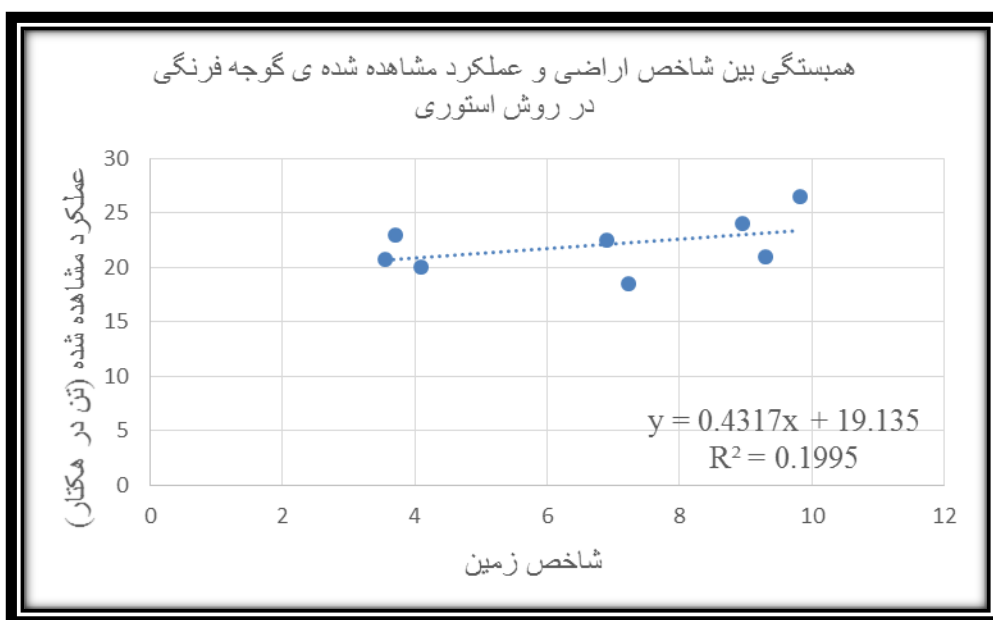
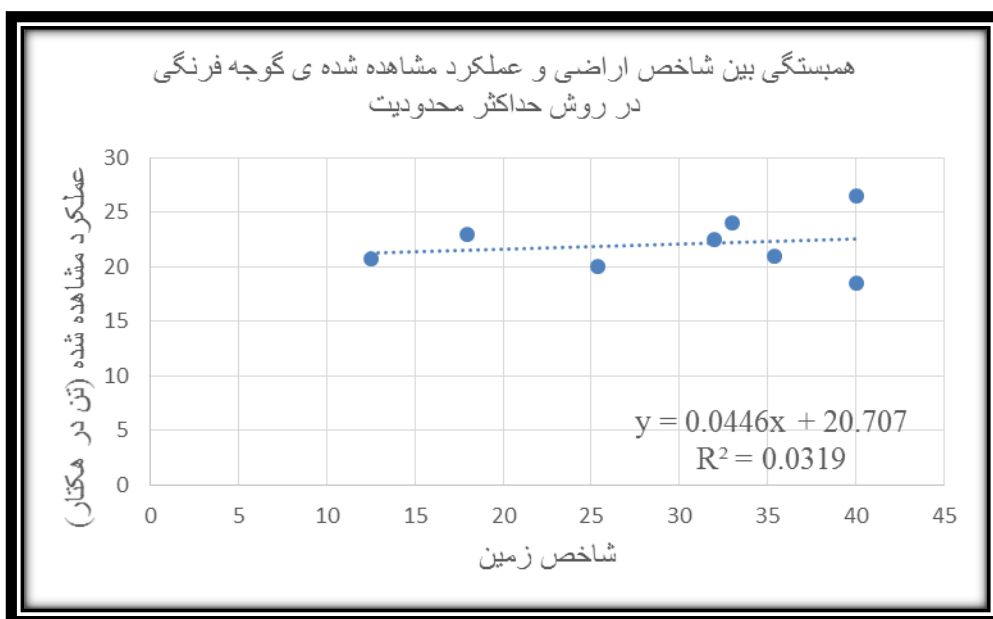




شکل ۴-۲. نمودارهای همبستگی برای محصول سیب زمینی.

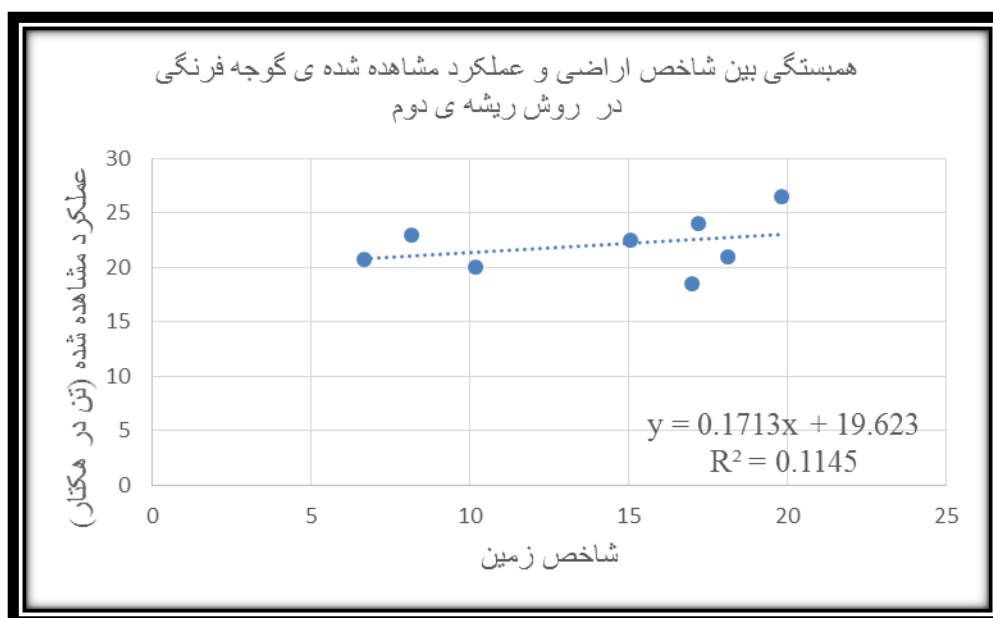
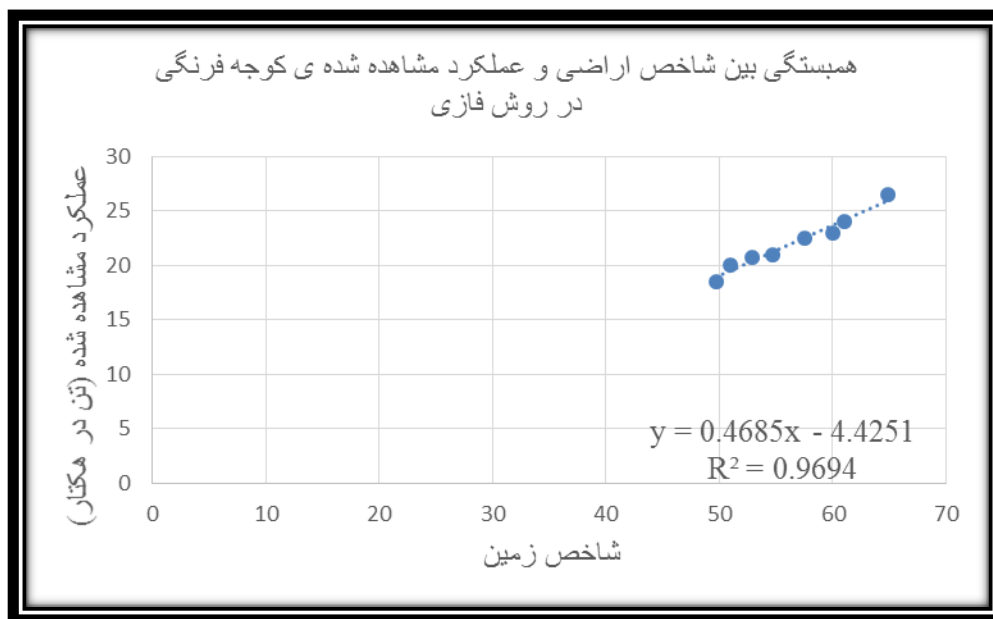
ادامه ی شکل ۴-۲:

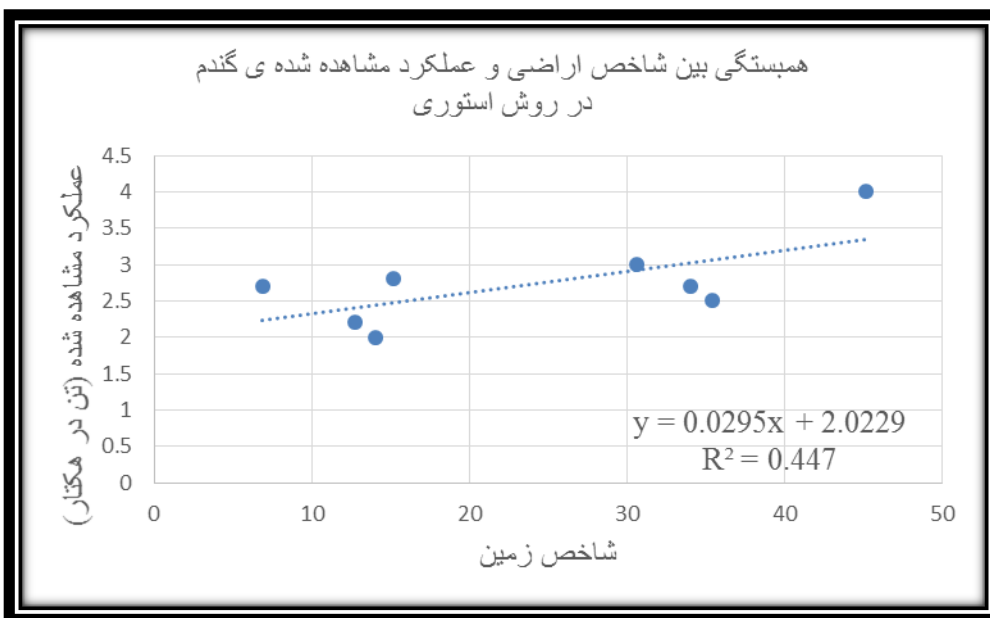
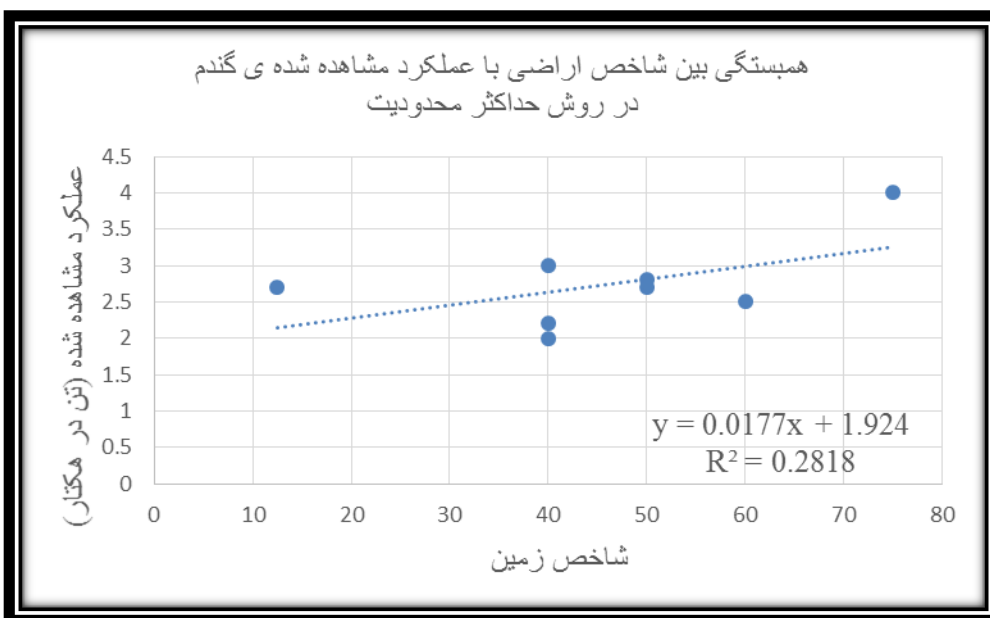




شکل ۳-۴. نمودارهای همبستگی برای محصول کوجه فرنگی.

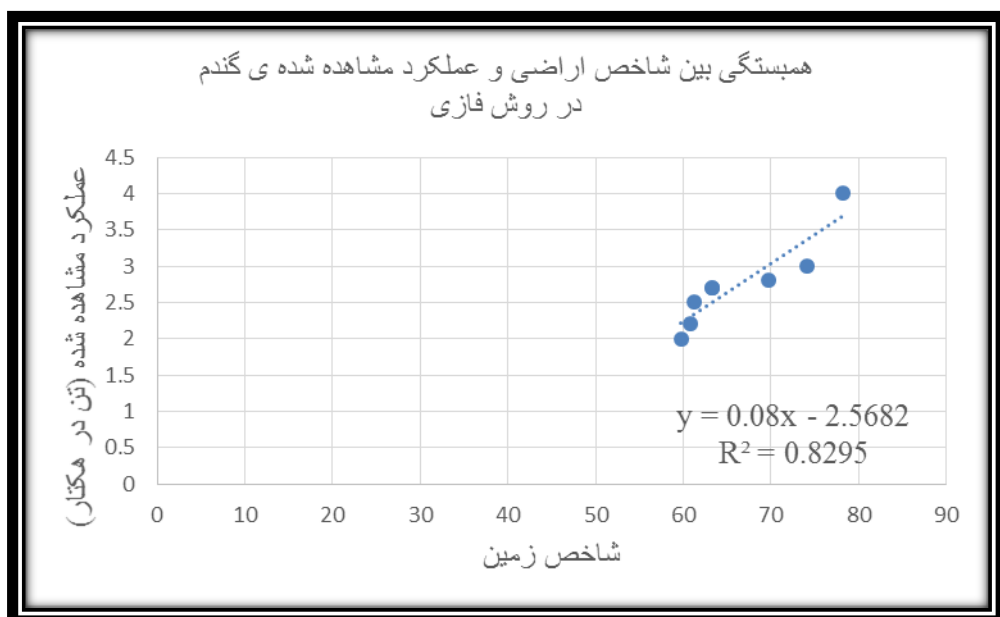
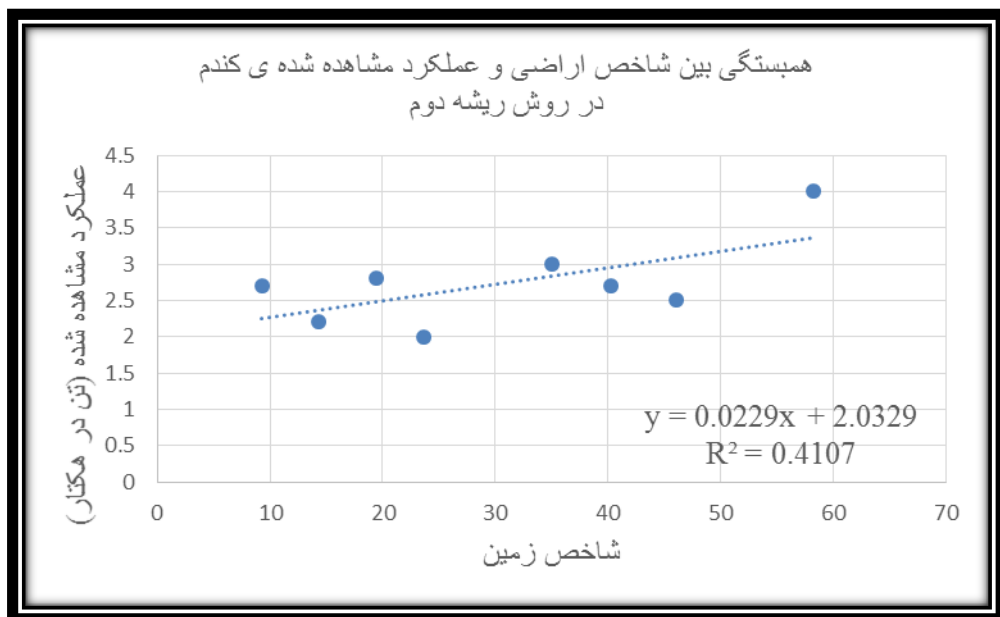
ادامه شکل ۳-۴:





شکل ۴-۴. نمودارهای همبستگی برای گندم.

ادامه شکل ۴-۴:



همان‌طور که در جداول نتایج مشهود است، روش مجموعه‌های فازی بالاترین همبستگی را با عملکرد محصولات دارد و بهترین روشی به نظر می‌آید که می‌تواند ظرفیت و استعداد اراضی را برای کشت محصولات منعکس کند. واحد باغ در شمال منطقه‌ی مطالعه، برای مراتع کم بازده به کار می‌رود و قبلاً محرز شده بود که قابلیت کشت و کار برای کشاورزی را ندارد، که علت این امر عمدتاً به عمق خیلی کم و بافت نامناسب این واحد مربوط می‌شود. دیتای عملکرد محصولات در واحدهای بایزید و خزانه در دسترس نبوده‌اند و نتایج ارزیابی آن‌ها در این تحقیق قابل طرح نبود.

اگرچه عملکرد (بازده) محصول توسط عوامل مختلف دیگری غیر از خاک مانند بیماری و اقدامات مدیریتی نیز تحت قرار می‌گیرد، اما دیتای عملکرد فقط به عنوان شاخصی از پتانسیل واحدهای زمین، فقط به منظور مقایسه‌ی استعداد ذاتی واحدهای مختلف اراضی به کار رفته‌اند. علاوه بر این تفاوت‌های سطوح مدیریتی در میان واحدهای اراضی در منطقه، که می‌تواند روی عملکرد تاثیر بگذارد، با توجه به مصاحبه‌های انجام شده با کشاورزان محلی قابل اغماض می‌باشد.

محققین دیگر نیز به نتایجی مشابه با نتایج این تحقیق دست یافتند از جمله تانگ و همکاران (۱۹۹۲)، که روش فازی را در مقایسه با دیگر روش‌ها (حداکثر محدودیت و پارامتریک) در چین آزمودند، دریافتند که روش فازی بالاترین ضریب همبستگی (۰/۹۶) را با عملکرد مشاهده شده، نشان می‌دهد در حالی که این ضریب برای روش‌های پارامتریک و حداکثر محدودیت مقدار پایین‌تری داشت. در تایلند، مطالعه‌ی مشابهی روی کائوچو توسط وان رانست و همکاران (۱۹۹۶) انجام شد. آن‌ها همچنین روش مجموعه‌های فازی را به عنوان بهترین روش برای ارزیابی تناسب اراضی گزارش کردند. همچنین پر مزیت بودن این روش توسط تانگ و همکاران (۱۹۹۷) مورد تایید قرار گرفته است. آن‌ها صحت بالاتر روش فازی را در مقایسه با روش‌های بولین برای ارزیابی تناسب اراضی برای محصولات مختلف گزارش نموده‌اند. در مطالعه‌ی دیگر وان رانست و تانگ (۱۹۹۹) ارزیابی تناسب اراضی را برای کشت ذرت با استفاده از روش‌های فازی و بولین انجام دادند.

آن‌ها شاخص‌های اراضی را، که با روش‌های مختلف محاسبه کرده بودند را با عملکرد مشاهده شده‌ی محصول مقایسه کردند و ضریب همبستگی ۰/۹۷ را برای روش فازی به دست آوردند و بدان وسیله دقت بالاتر روش فازی را در مقایسه با روش‌های بولین گزارش کردند. در ایران مطالعه‌ای توسط محمدی و گیوی (۱۳۸۰) روی گشت گندم آبی انجام شد که در آن مطالعه نیز شاخص‌های اراضی با عملکرد مشاهده شده محصول مشاهده شد و ضریب همبستگی ۰/۱۴ و ۰/۳۵ را به ترتیب برای روش‌های پارامتریک و فازی به دست آوردند. همچنین مطالعه‌ی دیگری در ایران توسط کشاورزی و همکاران (۲۰۱۰) انجام شد که در آن روش مجموعه‌های فازی برای طبقه‌بندی زمین‌ها جهت تولید گندم آبی مورد استفاده قرار گرفت. آن‌ها عملکرد گندم را با شاخص‌های اراضی مقایسه نموده و ضریب همبستگی ۰/۹۱ را بدست آوردند، اما این روش را با روش‌های دیگر مقایسه نکردند.

از آنجاییکه روش مجموعه‌های فازی بالاترین همبستگی را با پتانسیل حقیقی در مقایسه با روش‌های دیگر نشان می‌دهد، نتایج آن می‌تواند به عنوان شاخصی برای طبقه‌بندی واحدهای اراضی به خوبی مورد استفاده قرار گیرد.

نتایج بررسی روش‌های مختلف ارزیابی تناسب اراضی در این تحقیق می‌تواند به عنوان یک مبنا برای عملیات ارزیابی اراضی در مناطق دیگر نیز مورد استفاده قرار گیرد. زیرا چهارچوب مدل ارزیابی و فرمول آن در میان مناطق مختلف ثابت است، اگرچه مقادیر خصوصیات اراضی و احتمالاً حدود آستانه‌ی جداول مرجع در مناطق مختلف تغییر می‌کند. که این امر ارجحیت تعیین شده برای روش‌های مختلف را تغییر نمی‌دهد. به عبارت بهتر روش فازی در مقایسه با دیگر روش‌های ذکر شده دارای مزیت و برتری در همه جا می‌باشد. علی‌رغم برتری روش فازی، این روش به خاطر حجم زیاد محاسبات ریاضی برای به دست آوردن شاخص اراضی، روشی مشکل به حساب می‌آید. دقت زیادی در انتخاب تابع فازی مناسب برای ارزیابی خصوصیات

اراضی جهت تعیین درجه‌ی عضویت آن‌ها در کلاس‌های تناسب مرجع مورد نیاز است. همچنین اوزان نسبی خصوصیات اراضی باید با دقت کافی تعیین شوند، زیرا اوزان تاثیر زیادی روی ماتریس تناسب نهایی و در نهایت شاخص زمین دارند. انجام محاسبات ارزیابی تناسب اراضی برای بدست آوردن شاخص زمین‌ها در روش فازی زمان بسیار بیشتری در مقایسه با سه روش دیگر ذکر شده در این تحقیق، لازم دارد و این به خاطر حجم خیلی بیشتر محاسبات فازی می‌باشد.

تفاوت بارزی بین روش فازی و روش کلاسیک وجود دارد و آن نحوه ترکیب پارامترها به لحاظ ریاضی و همچنین اختصاص دادن وزن‌های نسبی به پارامترها در روش فازی می‌باشد. از دیدگاه متخصصین خاک، خصوصیات مختلف زمین دارای تاثیر متفاوتی روی رشد گیاه هستند. برای مثال بافت خاک اثر یکسانی روی رشد محصول در مقایسه با pH ندارد، بلکه بافت خود به تنهایی کنترل کننده‌ی چندین ویژگی دیگر خاک مانند نفوذپذیری، تهویه و غیره می‌باشد و اهمیت بیشتری دارد. بنابراین اختصاص دادن اوزان متناسب برای پارامترهای مختلف ضروری می‌باشد که در روش فازی این امر لحاظ می‌شود، اما در سه روش دیگر ذکر شده لحاظ نمی‌شود.

نتایج نهایی ارزیابی تناسب اراضی به روش مجموعه‌های فازی برای ۴ محصول انتخاب شده در واحد ابر به روش فازی در جدول زیر آمده است.

جدول ۴-۶. نتایج نهایی ارزیابی تناسب واحد خاک ابر برای کشت محصولات منتخب به روش فازی.

نوع محصول	نمره ارزیابی تناسب در واحد ابر
گندم	۶۱/۲۵ (S2)
گوجه فرنگی	۵۷/۵۱ (S2)
سیب زمینی	۵۰/۲۷ (S2)
سیب درختی	۵۸/۳۳ (S2)

۳-۴- نتایج ارزیابی اقتصادی

سود خالص هر محصول پس از کسر کردن هزینه‌ها از قیمت کل محصول در هکتار به دست آمد. ارزیابی اقتصادی برای سیب از دیگر محصولات متفاوت بود. این تفاوت به دوره‌های رشد متفاوت محصولات یک ساله و چند ساله مربوط می‌شود. حدود ۸ سال لازم است تا درخت سیب به مرحله‌ی باردهی سود بخش اقتصادی برسد. بنابراین یک سری هزینه‌ها برای ۸ سال اول کاشت و یک سری هزینه‌ها برای دوره‌ی باردهی اقتصادی وجود دارد. طبق مطالعات انجام شده عمر ثمر دهی سود بخش درختان سیب ۳۰ سال می‌باشد. برای این محصول کل هزینه‌های ۸ سال اول به عدد ۳۰ تقسیم شده است و حاصل آن به عنوان متوسط هزینه‌ی ثابت سالانه در طول دوران باردهی سود بخش اقتصادی در نظر گرفته می‌شود. قیمت واحد هر محصول در متوسط عملکرد آن محصول در هکتار ضرب شده و حاصل به عنوان قیمت کل (سود ناخالص) لحاظ شد. سود خالص هر محصول پس از کسر هزینه‌های ذکر شده از قیمت‌های کل به دست آمد.

جدول ۷-۴ لیست قیمت و هزینه‌ها را برای محصولات یکساله سیب زمینی، گوجه فرنگی و گندم نشان می‌دهد و جداول ۸-۴ و ۹-۴ نیز قیمت و هزینه‌های سیب را نشان می‌دهند. لازم به ذکر است که قیمت‌ها و هزینه‌ها برای سال ۱۳۷۶-۱۳۷۷ معتبر می‌باشند.

جدول ۴-۷. هزینه‌ها و قیمت‌های محصولات بر مبنای ده ریال (مربوط به سال ۱۳۷۶-۱۳۷۷)

نوع هزینه و قیمت	گندم	گوجه فرنگی	سیب زمینی
کود شیمیایی	۱۱۷۱۰	۳۴۳۹۲	۱۲۶۵۸
کود حیوانی	۵۶	۳۰۳۶۴	۳۵۹
آفت کش و علف کش	۲۹۲۱	۹۸۹۲	۷۴۰۶
بذر	۱۵۰۵۰	۴۰۴۲۳	۱۸۱۸۰۹
کارگر	۳۲۹۴۱	۲۵۰۶۸۱	۱۴۱۸۳۰
ماشین آلات	۳۶۰۲۱	۱۲۹۲۹۲	۶۰۸۳۹
بسته بندی و متفرقه	۳۳۷	۹۱۸۸۵	۱۹۸۶۵
جمع کل	۹۹۰۳۶	۵۸۶۹۲۹	۳۹۶۰۹۳
قیمت واحد (کیلوگرم)	۶۰/۴	۴۰/۷	۴۸/۷
عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	۲۵۰۰	۲۵۰۰۰	۱۵۰۰۰
سود ناخالص (در هکتار)	۱۵۱۰۰۰	۱۰۱۷۵۰۰	۷۳۰۵۰۰
سود خالص (در هکتار)	۵۱۹۶۴	۴۳۰۵۷۱	۳۴۴۴۰۷

جدول ۴-۸. هزینه‌های تولید سیب قبل از دوره‌ی بازدهی اقتصادی (مربوط به سال ۱۳۷۶-۱۳۷۷).

نوع هزینه	مقدار (۱۰ ریال)
کود شیمیایی	۲۱۷۶۵۸
کود دامی	۸۴۱۰۸
آفت کش	۲۵۶۸۲۷
کارگر	۷۵۵۴۰۲
ماشین آلات	۷۶۵۲۱۰
ابزار و وسایل	۶۶۲۰۷
نهال	۴۰۶۴۱
جمع هزینه‌ها قبل از دوره اقتصادی	۲۱۸۶۰۵۳
متوسط هزینه سالیانه برای دوره بازدهی اقتصادی	۷۲۸۶۸/۴

جدول ۴-۹. قیمت و هزینه‌های تولید سیب در دوره بازدهی اقتصادی (مربوط به سال ۱۳۷۶-۱۳۷۷).

(۱۳۷۷).

نوع	مقدار (۱۰ ریال)
کود شیمیایی	۱۹۷۷۴
کود حیوانی	۵۵۹۷
آفت کش	۹۷۷۵۰
کارگر	۲۴۲۲۹۹
ماشین آلات	۶۰۶۸۶

۲۴۶۳۶۷	مواد و بسته بندی
۱۱۴۱۷	ابزار و وسایل
۶۸۳۸۹۰	جمع کل
۷۰/۷	قیمت واحد (کیلوگرم)
۱۲۰۰۰	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
۸۴۸۴۰۰	قیمت کل
۹۱۶۴۱/۶	سود خالص در دوره اقتصادی (در هکتار)

محصول گوجه فرنگی از لحاظ اقتصادی سودآور ترین محصول یافت شد. علت آن است که این محصول در مقایسه با محصولات دیگر علی رغم شاخص تناسب فیزیکی اش برای کشت در واحد زمین مربوطه دارای میزان عملکرد بالایی است و هزینه های کاشت آن از سیب کمتر است. بالاترین هزینه ی کاشت مربوط به سیب است و بازده آن به خاطر تناسب فیزیکی خاک نسبتاً پایین کم می باشد. هزینه های مربوط به اجاره زمین و مصرف آب لحاظ نشده است. بازار و محل فروش برای همه ی محصولات یکسان در نظر گرفته شده است.

در منابع، تحقیقاتی که ارزیابی اقتصادی زمین های کشاورزی را در کنار ارزیابی فیزیکی انجام داده باشند نسبتاً ضعیف می باشد. این امر می تواند به دلیل سختی و پیچیدگی کار ارزیابی اقتصادی باشد. دلیل دیگر می تواند عدم همکاری کشاورزان در پاسخگویی به مصاحبه ها یا پرسش نامه های محققین باشد. برای مثال بویکس و زینک (۲۰۰۸) در توضیح علت عدم توانایی اجرای ارزیابی اقتصادی در کنار ارزیابی فیزیکی در مطالعه ی خود، عدم همکاری کشاورزان در جواب دهی به پرسش نامه هایشان را علت اصلی می دانند.

مطالعاتی در حیطه‌ی ارزیابی اقتصادی در مطالعات کشاورزی انجام گرفته‌اند که از جمله می‌توان به اردل و همکاران (۲۰۰۷) اشاره کرد که میزان مصرف انرژی را در تولید نیشکر در ترکیه بررسی کردند و انرژی مصرفی ورودی و خروجی و هم چنین کارایی انرژی ورودی مصرفی را برای آنالیز هزینه‌ها ارزیابی نمودند. محمدی و همکاران (۲۰۰۸) مطالعه‌ی مشابه‌ای را روی تولید سیب زمینی در ایران انجام دادند.

هدف ارزیابی اقتصادی در تحقیق حاضر عینیت بخشیدن به ارزیابی فیزیکی زمین بود. چرا که این کار سود آوری زمین‌های مختلف برای محصولات مختلف را به صورت ملموس‌تری نشان می‌دهد.

۴-۴- نتایج ارزیابی زیست محیطی

نتایج استفاده از مدل Arenal در جدول ۴-۱۰ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که آسیب پذیری شیمیایی زمین تحت کشت محصولات یک ساله با محصول چندساله متفاوت است. زمین تحت کشت درخت سیب آسیب پذیری بیشتری نسبت به هنگامی که تحت کشت سیب زمینی، گوجه فرنگی و گندم باشد دارد. کلاس‌های آسیب پذیری که مدل ارائه می‌کند را می‌توان با اختصاص دادن امتیازی بین صفر تا صد کمی سازی نمود تا بتوان از نتایج کمی در مقایسات AHP از آن‌ها استفاده نمود. میانگین حدود بالا و پایین هر کلاس به عنوان نتیجه‌ی کمی گزارش شده است. طبق نتایج مدل هنگامی که واحد زمین مطالعه شده تحت کشت محصولات یک ساله قرار گیرد، خطر تخریب شیمیایی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و خطر آلودگی خاک و آب خیلی کم است. خاک‌هایی که در کلاس V1 قرار می‌گیرند ظرفیت بسیار بالایی برای نگهداری ترکیبات آگرو شیمیایی دارند و آب شویی این ترکیبات خیلی کم است. همچنین هنگامی که واحد زمین مورد نظر به کشت محصولات چندساله مثل سیب اختصاص داده شود آسیب پذیری آن نسبت به آلودگی توسط ترکیبات آگرو شیمیایی کم می‌باشد و میزان آب شویی از متوسط تا زیاد تغییر می‌کند. این

تفاوت‌ها در آسیب پذیری شیمیایی به مدیریت متفاوت اعمال شده برای کشت محصولات یک ساله و چندساله، و هم چنین ویژگی‌های ذاتی متفاوت درختان و محصولات یک ساله مربوط می‌شود. برخی دیگر از محققین مدل Arenal را در ارزیابی زمین استفاده کرده و قابلیت به کارگیری و مفید فایده بودن آن را اثبات نموده اند که از آن جمله می‌توان به دی لاروزا و همکاران (۲۰۰۹) و شهبازی و جعفرزاده (۲۰۱۰) اشاره کرد.

جدول ۴-۱۰. نتایج مدل Arenal

نوع کاربری	کلاس آسیب پذیری شیمیایی
گندم	۸۷/۵ (V1)
سیب زمینی	۸۷/۵ (V1)
گوجه فرنگی	۸۷/۵ (V1)
سیب	۶۲/۵ (V2)

در تحقیق حاضر ارزیابی زیست محیطی تنها از جهت تخریب شیمیایی خاک و آب زیرزمینی، که از فعالیت‌های کشاورزی، نوع مدیریت و نوع استفاده از زمین ناشی می‌شود، انجام شده است. استفاده‌های متفاوت از زمین‌های کشاورزی اثرات زیست محیطی دیگری مانند تغییر در وضعیت تنوع زیستی، به خصوص در اجتماعات میکروبی را به همراه دارد. برای مثال جیسس و همکاران (۲۰۰۹) اجتماعات باکتریایی را در غرب خاک‌های غرب آمازون مطالعه کردند و دریافتند که تفاوت در ساختار جمعیت باکتریایی به خصوصیات خاک مربوط می‌شود که آن هم به نوبه‌ی خود به نوع استفاده از زمین ربط دارد. هم‌چنین ریو و همکاران

(۲۰۱۰) دریافتند که مدیریت مزرعه عامل اصلی تعیین کننده‌ی وضعیت بیولوژیک خاک می‌باشد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که خصوصیات خاک که به وسیله‌ی نوع استفاده و مدیریت زمین تحت تاثیر قرار می‌گیرند، می‌توانند شرایط بیولوژیک محیط خاک را نیز تغییر دهند.

۴-۵- نتایج تلفیق معیارها

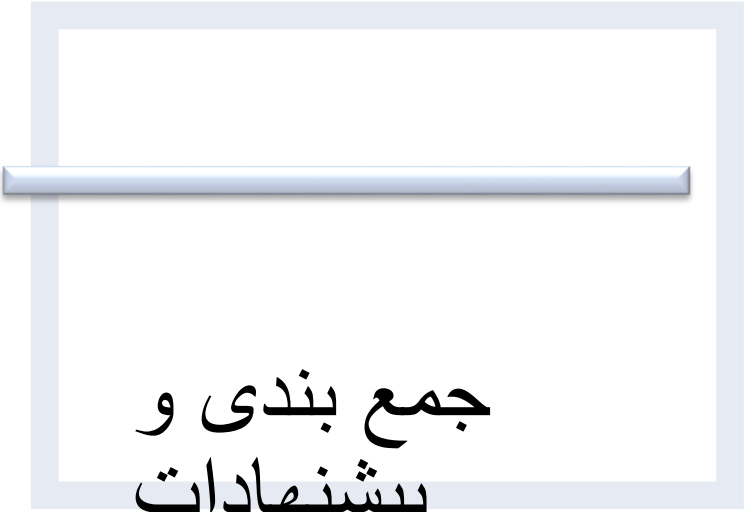
پس از آنالیز دو به دو ماتریس‌های مقایسه‌ای برای سه معیار مذکور و جمع کردن اوزان نسبی هر کدام از راهکارها، نمره‌ی نهایی هرگزینه محاسبه شد. در این تحقیق همه‌ی معیارها با اهمیت و وزن یکسان در نظر گرفته شده‌اند. تولید گندم با نمره‌ی ۱/۰۰۲ بالاترین امتیاز را دارد. و بعد از آن سیب ۰/۸۶۸، سپس سیب زمینی ۰/۵۹۰ و پس از آن گوجه فرنگی ۰/۵۳۹ به ترتیب اولویت بندی شدند. بنابراین کشت گندم به عنوان مناسب‌ترین بهره برداری از واحد زمین مطالعه شده با در نظر گرفتن معیارهای فیزیکی، اقتصادی و زیست محیطی یافت شد.

نمونه‌ای از ماتریس مقایسه‌ی زوجی در ذیل نشان داده شده است که در آن اعداد روی قطر ماتریس برابر یک می‌باشند که یکسان بودن اهمیت عناصر در مقایسه با خودشان را نشان می‌دهد.

	گندم	سیب	گوجه	سیب زمینی
گندم	1			
سیب		1		
گوجه			1	
سیب زمینی				1

از آنجایی که این معیارها از یک سنخ نبوده و دارای واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی می‌باشند تلفیق آن‌ها به جزء توسط یک تکنیک تصمیم چند معیاره مانند AHP ممکن نیست. تکنیک AHP یک ابزار پشتیبانی تصمیمات چند معیاره با در نظر گرفتن معیارها به صورت همزمان می‌باشد. محققین می‌توانند این تکنیک را بدون داشتن هیچ‌گونه دانش تخصصی پیشین به کار گیرند. بعد از محاسبه‌ی نسبت ناسازگاری مشخص شد که این شاخص مقدار بسیار کمتری از رقم $0/1$ می‌باشد و این قابل اعتماد بودن و سازگاری آنالیزها را نشان می‌دهد.

تکنیک AHP به طور گسترده‌ای در مسائل مربوط به تصمیم‌گیری چند معیاره‌ی پیچیده در زمینه‌های مختلف به کار رفته اما مطالعه‌ی خیلی اندکی راجع به برنامه ریزی استفاده از زمین‌های کشاورزی و گزینش محصول انجام شده است. در راستای کشاورزی پایدار چند مطالعه با روش AHP انجام شده‌اند که می‌توان به رضایی مقدم و کرمی (۲۰۰۸) اشاره کرد که توسعه‌ی کشاورزی پایدار را با استفاده از AHP مورد بحث قرار دادند و دمیرل و همکاران (۲۰۰۹) که AHP و ANP را به منظور تعیین سیاست‌های پوشش زمین مورد بحث قرار داده‌اند. مزیت استفاده از AHP در تحقیق حاضر لحاظ کردن چند معیار که پایداری تولیدات کشاورزی را تحت تاثیر قرار می‌دهند به صورت همزمان و تلفیق آن‌ها و در نهایت اتخاذ تصمیم در مورد نوع استفاده از زمین با یک رویکرد نسبتاً جامع بود.



جمع بندی و پیشنه‌ادات

نتیجه گیری

مطالعه‌ی حاضر در ادامه‌ی سایر مطالعات انجام شده‌ی پیشین در زمینه‌ی خاک و کشاورزی، بر اهمیت و ضرورت پرداختن به رویکرد پایدار و حفاظتی در بهره‌برداری از منابع طبیعی تاکید دارد. خاک به عنوان رکن اصلی تولید غذا و امنیت غذایی باید به طور جدی مورد توجه و دقت علمی و اصولی قرار گیرد. می‌توان نتیجه گرفت که برنامه ریزی و تصمیم سازی با رویکرد استفاده‌ی طولانی مدت در عین حفظ سلامت منابع طبیعی، و به تبع آن سلامت محصولات غذایی، در عصر حاضر مناسب‌تر و ضروری‌تر از رویکرد تولید فشرده‌ی بدون توجه به پایداری و سلامت منابع طبیعی می‌باشد.

از آنجایی که از موضعی به موضع دیگر ویژگی‌های خاک تغییر می‌کند، بدون شناخت علمی لازم و کافی از ویژگی‌های ذاتی خاک‌های مختلف و درک پتانسیل‌ها و محدودیت‌های آن‌ها نباید به بهره‌برداری از زمین‌ها اقدام نمود، زیرا این کار موجب استفاده‌ی نامتناسب و خارج از ظرفیت از زمین‌ها می‌شود و علاوه بر تخریب تدریجی و از بین بردن باروری خاک، موجب به خطر افتادن امنیت غذایی و کاهش درآمد کشاورزان و عقب افتادگی توسعه‌ی کشور می‌شود. بنابراین قبل از هرگونه بهره‌برداری از زمین برای استفاده‌های کشاورزی و غیر کشاورزی باید زمین‌ها مورد مطالعه قرار گیرند و پس از رده بندی، مورد ارزیابی قرار گیرند تا بر حسب تناسب شان برای کاربری‌های مختلف تفکیک شوند.

برای تاکید بر اهمیت مطالعات ارزیابی قابلیت و تناسب خاک‌ها و رده بندی و تفکیک زمین‌ها می‌توان از آیه ای از قرآن مجید الهام گرفت، که می‌فرماید:

بسم الله الرحمن الرحيم

« و فی الارض قطع متجورات و جنت من اعناب و زرع و نخیل صنوان و غیر صنوان یسقی بماء واحد و نفضل بعضها علی بعض فی الاکل ان فی ذالک لآیات لقوم یعقلون ».

آیه چهارم سوره مبارکه رعد

در زمین قطعاتی متجاور و متصل است (که آثار هر قطعه مباین دیگر است، یک جا معدن نفت و طلا و فیروزه و زغال و غیره است و یک جا نیست). زمینی برای تاکستان و باغ انگور قابل است و یک جا برای زراعت غلات و زمینی برای نخلستان، آن هم نخل‌های گوناگون و با آنکه همه با یک آب مشروب می‌شوند، ما بعضی را برای خوردن بر بعضی برتری دادیم و این امور (اختلاف آثار قطعات زمین) عاقلان را ادله‌ی واضحی بر حکمت صانع است (یعنی هرکس فکر و عقل کار بندد خواهد فهمید که این نظم و ترتیب در آسمان و زمین با این خواص مذکور به دست طبیعت نیست، بلکه به امر خدای با علم و قدرت و حکمت است).

در تحقیق حاضر در این پایان نامه قابلیت روش فازی در ارزیابی اراضی مورد آزمون قرار گرفت و برتری آن تایید شد. اگرچه استفاده از این روش در مقایسه با دیگر روش‌های کلاسیک، طاقت فرسا می‌باشد، اما نتایج آن دقیق‌تر و خیلی قابل اعتمادتر می‌باشد. تکنیک‌های متنوعی برای انجام ارزیابی اراضی توسط محققین مختلف به کار رفته است اما از میان همه، روش‌هایی که دارای رویکرد و چهارچوب فازی هستند دارای نتایجی نزدیک‌تر به واقعیت می‌باشند.

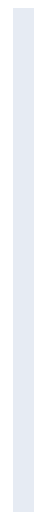
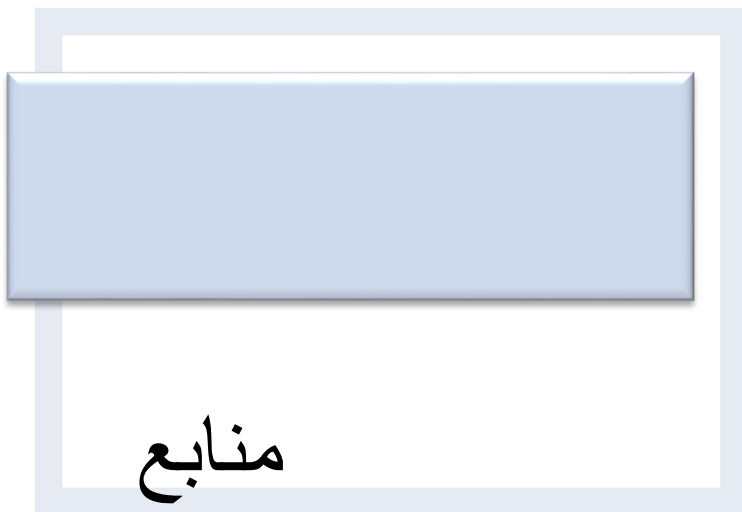
در این پایان نامه همچنین رویکرد مغفول واقع شده‌ی تلفیقی در ارزیابی اراضی به کار گرفته شد که در آن جنبه‌های تناسب فیزیکی، زیست محیطی و سود اقتصادی برای تعیین نوع محصول، با هم در نظر گرفته شدند. این مطالعه قدم کوچکی در راستای تحقق کشاورزی پایدار بود که می‌توان از نتایج آن در برنامه ریزی‌ها و مدیریت اراضی بهره گرفت و اتخاذ این قبیل رویکردها را در تحقیقات آینده مورد توجه قرار داد.

پیشنهادهات

برای این که نتایج ارزیابی اراضی کشاورزی کاربردی شوند و بهتر و سریع‌تر توسط سازمان‌های دولتی یا کشاورزان مورد استفاده قرار گیرند، پیشنهاد می‌شود که در کنار بررسی و مطالعه‌ی ویژگی‌های خاک‌ها و مشخصه‌های زمین، عوامل و مسائل اقتصادی و اجتماعی مانند درآمد کشاورزان و وضعیت اشتغال جوامع روستایی، همچنین مسائل مربوط به سیاست‌های کشاورزی مانند نیازسنجی محصولات ضروری کشاورزی هم از لحاظ نیاز به غذا و هم مسائل درآمدی آن و همچنین برنامه ریزی‌های موضعی استفاده از مزارع مانند مساحت مزارع و نظام‌های مدیریتی مزرعه نیز در مطالعات و پروژه‌های تحقیقاتی مد نظر قرار گیرد.

پیشنهاد می‌شود برای تسهیل انجام فرآیند ارزیابی اراضی به روش مجموعه‌های فازی، مدلی رایانه‌ای از آن ساخته شود تا زمان لازم برای انجام محاسبات ریاضی کاسته شود و اجرای آن راحت‌تر و با رغبت بیشتری در آینده انجام شود.

پیشنهاد می‌شود در انجام ارزیابی زیست محیطی جنبه‌های مختلف حفاظت از منابع طبیعی شامل ابعاد فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک در نظر گرفته شود و با توجه کافی به ابعاد متنوع و گسترده‌ی آن مورد مطالعه قرار گیرد.



منابع

منابع فارسی

شریفی فر، ا. (۱۳۹۱)، بررسی هدررفت خاک، کاهش عمق و چشم انداز آینده زمین‌های کشاورزی با استفاده از مدل ImpelERO در منطقه بسطام (شمال شاهرود)، اولین کنفرانس ملی بیابان، مرکز تحقیقات بین المللی بیابان، دانشگاه تهران.

شهبازی ف، (۱۳۸۷)، رساله دکتری، بررسی کاربرد سیستم تصمیم‌گیری میکرولیز (MicroLEIS DSS) به عنوان روشی نوین در ارزیابی تناسب اراضی. (مطالعه موردی بخشی از اراضی جنوبی شهرستان اهر) دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

قدسی پور س، (۱۳۹۰)، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران.

کمالی ا، (۱۳۸۸)، رساله دکتری، بررسی ارزیابی اراضی و تعیین تناسب اراضی با روش‌های نوین در منطقه ایوانکی استان سمنان، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

گیوی ج (۱۳۷۶). ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای نباتات زراعی و باغی. نشریه شماره ۱۰۱۵. موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی. ص ۱۰۰

محمدی ج و گیوی ج، (۱۳۸۰) "ارزیابی تناسب اراضی برای گندم آبی در منطقه فلاورجان اصفهان با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی". مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره اول، جلد پنجم: ص ۱۰۳.

منابع انگلیسی

Ahmad, T.R.N, Gopal Rao, K. Murthy, J.S.R. 2000. GIS-based fuzzy membership model for crop-land suitability analysis. *Agricultural Systems*, 63: 75-95.

- Alexandratos N (1999). World food and agriculture: outlook for the medium and long term. *Proc. Natl. Acad. Scie. USA*. 96: 5908-5914.
- Andrews, K. R. (1965). The concept of corporate strategy. Homewood, II: Dow JonesIrwin.
- Behzadian, M., Otaghsara, S.K., Yazdani, M., Ignatius, J. (2012). A state-of the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems With Applications*. 39: 13051-13069.
- Bello-Dambatta, A., Farmani, R., Javadi, A.A., Evans, B.M. 2009. The Analytical Hierarchy Process for contaminated land management. *Advanced Engineering Informatics*. 23: 433-441.
- Biox LR, Zinck JA (2008). Land-use planning in the Chaco Plain (Burruyacu, Argentina). Part 1: Evaluating land-use options to support cop diversification in an agricultural frontier area using physical land evaluation. *Environmental Management*. 42: 1043-1063.
- Brans, J.P., Vincke, Ph., Mareschal, B., (1986). How to select and how to rank projects. The PROMETHEE method. *Eur. J. Operation Res*. 24: 228–238.
- Buchholz, T., Rametsteiner, E., Volk, T.A., Luzadis, V.A. (2009). Multi Criteria Analysis for bioenergy systems assessment. *Energy Policy*. 37: 484-495.
- Burrough, P. A. 1989. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. *Journal of Soil Science*. 40: 477-492.
- Burrough, P. A., MacMillan, R. A., Van Deursen, W. 1992. Fuzzy classification methods for determining land suitability from soil profile observations and topography. *Journal of Soil Science*. 43: 193-210.
- Cambell, J.C., Radke, J., Gless, J.T., Whirtshafter, R.M. 1992. An application of linear programming and geographic information systems: cropland allocation in antique. *Environmental Planning*. 24: 535-549.
- Carpenter SR, Caraco NF, Correll DL, Howarth RW, Sharpley AN, Smith VH (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, August, Vol. 8, No. 3: 559-568.

- Ceballos-Silva A, Lopez-Blanco J (2003a). Delineation of suitable areas for crops using a Multi-Criteria Evaluation approach and land use/cover mapping: a case study in Central Mexico. *Agr Syst.* 77: 117-136.
- Chang, L., Burrough, P.A. 1987. Fuzzy reasoning: a new quantitative aid for land evaluation. *Soil Survey and Land Evaluation.* 7: 69-80.
- Choudhary., D., Shankar, R. 2012. An STEEP-fuzzy AHP-TOPSIS framework for evaluation and selection of thermal power plant location: A case study from India. *Energy.* 42(1): 510-521.
- Cohen JE, Federoff NV (1999). Colloquium on Plants and Population: Is There Time?. National Academy of Sciences, Washington DC.
- Corona, P., Salvati, R. Barbati, A., Chirici, G. 2008. Land suitability for short rotation coppices assessed through fuzzy membership functions. *Patterns and Processes in Forest Landscapes.* pp: 191-211.
- d'Angelo, A., Eskandari, A., Szidarovszky, F., 1998. Social choice procedures in water-resource management. *J. Environ. Manage.* 52: 203–210.
- Davidson, D. A., Theocharopoulos, S. P., Bloksma, R. J. 1994. A land evaluation project in Greece using GIS and based on Boolean and fuzzy set methodologies. *Int. J. Geogr. Inf. Systems.* 8(4): 369-384.
- De la Rosa D, Anaya-Romero M, Diaz-Pereira E, Heredia N, Shahbazi F (2009). Soil-specific agro-ecological strategies for sustainable land use-a case study by using MicroLEIS DSS in Sevilla Province (Spain). *Land Use Policy.* 26 (4): 1055-1065.
- De la Rosa D, Mayol F, Diaz-Pereira E, Fernandez M, De la Rosa Jr D (2004). A land evaluation decision support system (MicroLEIS DSS) for agricultural soil protection with special reference to the Mediterranean region. *Environmental Modeling & Software.* 19 (10): 929-942.
- De la Rosa D, Moreno JA, Garcia LV, Almorza J (1992). MicroLEIS: A microcomputer-based Mediterranean land evaluation information system. *Soil Use and Management.* 8: 89-96.

- De la Rosa, D., J.A. Moreno, L.V. Garcia. 1993. Expert Evaluation System for Assessing Field Vulnerability to Agrochemical Compounds in Mediterranean Regions. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 56: 153-164.
- Dehghanian, F., Mansour, S., 2009. Designing sustainable recovery network of end-of-life products using genetic algorithm. *Resources, Conservation and Recycling*. 53 (10): 559–570.
- Demirel T, Musdal H, Demirel NC, Yucenur GN (2009). Multi-criteria evaluation of land cover policies using fuzzy AHP and fuzzy ANP: The case of Turkey. *Human and Ecological Risk Assessment*. 15: 746-764.
- Diaz-Balteiro L, Romero C (2008). Making forestry decisions with multiple criteria: A review and an assessment. *Forest Ecology and Management*. 255: 3222-3241.
- Dobermann, A. Oberthur, T. 1997. Fuzzy mapping of soil fertility: a case study on irrigated Riceland in the Philippines. In De Gruijter, J.J. McBratney, A.B., McSweeney, K. (Eds) Fuzzy Sets in Soil Science. *Geoderma*. 77: 317-339 (this issue).
- Erdal G, Esengun K, Erdal H, Gunduz O (2007). Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy*. 32: 35-41.
- Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., Gunduz, O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy*. 32: 35-41.
- FAO (1974). *Soil Map of the World*, Revised 1988. Paris: UNESCO.
- FAO. 1976. A framework for land evaluation. Soils Bulletin 32. Rome.
- Fonts, M. P. F., Fontes, R. M. O., Carneiroc, P. A. S. 2009. Land suitability, water balance and agricultural technology as a Geographic-Technological Index to support regional planning and economic studies. *Land Use Policy*. 26:589-598.
- Hall, G. B., Wang, F., Subaryono. 1992. Comparison of Boolean and fuzzy classification methods in land suitability analysis by using geographical information systems. *Environmental Planning A*. 24: 497-516.

- Huang IB, Keisler J, Linkov I (2011). Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. *Science of the Total Environment*. 409: 3578-3594.
- Hwang, C. L., & Yoon, K. P. (1981). Multiple attribute decision making: Methods and 703 applications. New York: Springer-Verlag.
- Jafarzadeh, A., Shahbazi, F., Shahbazi, M. 2009. Suitability evaluation of some specific crops in Souma area using Cervatana and Almagra models. *Biologia*. 64(3): 541-545.
- Jafarzadeh, A.A, Alamdari, P., Neyshabouri, M.R., Saed, S. 2008b. Land suitability evaluation of Bilverdy Research Station for wheat, barley, alfalfa, maize and sunflower. *Soil and Water Research*. 3(special issue): 581-588.
- Jesus Ed C, Marsh TL, Tiedje JM, Moreira FMd S (2009). Changes in land use alter the structure of bacterial communities in Western Amazon soils. *The ISME Journal*. 3: 1004-1011.
- Kalogirou, S. 2002. Expert systems and GIS: an application of land suitability evaluation. *Comput. Environ. & Urban*. 26: 89-112.
- Kangas, A., Kangas, J., Pyka"la"inen, J., 2001. Outranking methods as tools in strategic natural resources planning. *Silva Fenn*. 35: 215–227.
- Kangas, J., Kangas, A., 2004. Multicriteria Approval and SMAA-O in natural resources decision analysis with both ordinal and cardinal criteria. *J. Multi-Criteria Decision Anal*. 12: 3–15.
- Kangas, J., Kangas, A., 2005. Multiple criteria decision support in forest management—the approach, methods applied, and experiences gained. *Forest Ecology and Management*. 207: 133–143.
- Keshavarzi, A., Sarmadian, F., Heidari, A., Omid, M. 2010. Land suitability classification using fuzzy continuous classification (a case study: Ziaraan region). *Modern Applied Science*. 4(7):72-81.

- Khader, M. (2009). PhD Dissertation, Afuzzy hierarchical decision model and its application in networking datacenters and in infrastructure acquisitions and design. Walden University.
- Khiddir, S. M. 1986. *A statistical approach in the use of parametric systems applied to the FAO framework for land evaluation*. Ph.D. thesis. State University of Ghent. Belgium, 141pp.
- Lahdelma, R., Hokkanen, J., Salminen, P., 1998. SMAA—Stochastic multiobjective acceptability analysis. *Eur. J. Operational Res.* 106: 137–143.
- Lark, R.M., Bolam, H.C. 1997. Uncertainty in prediction and interpretation of spatially variable data on soils. In De Gruijter, J.J., McBratney, A.B., McSweeney, K. (Eds), *Fuzzy Sets in Soil Science. Geoderma*. 77: 263-282 (this issue).
- Laukkanen, S., Kangas, A., Kangas, J., 2002. Applying voting theory in natural resource management: a case of multiple-criteria group decision support. *J. Environ. Manage.* 64: 127–137.
- Martin, W.E., Schields, D.J., Tolwinski, B., Kent, B., 1996. An application of social choice theory to U.S.D.A. forest service decision making. *J. Policy Model.* 18: 603–621.
- Matson PA, Parton WJ, Power AG, Swift MJ (1997). Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*. 277: 504-509.
- Mays, M.D., Bogardi, I., Bardossy, A. 1997. Fuzzy logic and risk-based interpretation. In De Gruijter, J.J., Mcbratney, A.B., McSweeney, K. (Eds). *Fuzzy Sets in Soil Science. Geoderma*. 77: 299-315 (this issue).
- Mendas, A., Delali, A. 2012. Integration of MultiCriteria Decision Analysis in GIS to develop land suitability for agriculture: Application to durum wheat cultivation in the region of Mleta in Algeria. *Computers and Electronics in Agriculture*. 83: 117-126.
- Mendoza, G.A., Martins, H. 2006. Multi-criteria decision analysis in natural resource management: Acritical review of methods and new modelling paradigms. *Forest Ecology and Management*. 230: 1-22.

- Miettinen, K., Lahdelma, R., Salminen, P., 1999. SMAA-O—stochastic multicriteria acceptability analysis with ordinal criteria. Reports of the Department of Mathematical Information Technology Series B, Scientific Computing B5, University of Jyväskylä.
- Ministry of Jihad-Agriculture (2003). A study of comparative advantage in selected agricultural commodities. Agricultural Planning and Economic Research Institute (APERI), Iran.
- Mohammadi A, Tabatabaeefar A, Shahin S, Rafiee S, Keyhani A (2008). Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. *Energy Conversion and Management*. 49: 3566-3570.
- Nisar Ahmed, T. R., Gopal Rao, K., Murthy, J. S. R. 2000. GIS-based fuzzy membership model for cropland suitability analysis. *Agricultural Systems*. 63: 75-95.
- Oddershede, A., Arias, A., Cancino, H., 2007. Rural development decision support using the Analytic Hierarchy Process. *Mathematical and Computer Modelling*. 46: 1107–1114.
- Opricovic, S. (1998). Multicriteria optimization of civil engineering systems (in Serbian, Visekriterijumska optimizacija sistema u gradjevinarstvu). Belgrade: Faculty of Civil Engineering.
- Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2002). Multicriteria planning of post-earthquake sustainable reconstruction. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. 17 (3): 211-220.
- Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2003). Defuzzification within a multicriteria decision model. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness And Knowledge-Based Systems*. 11(5): 635-652.
- Parra-Lo'pez, C., Calatrava-Requena, J., de-Haro-Giménez, T., 2008. A systemic comparative assessment of the multifunctional performance of alternative olive systems in Spain within an AHP-extended framework. *Ecological Economics*. 64: 820–834.

- Ramanathan, R., 2001. A note on the use of the analytic hierarchy process for environmental impact assessment. *Journal of Environmental Management*. 63 (1): 27–35.
- Rasmussen PE, Goulding KWT, Brown JR, Grace PR, Janzen HH, Korschens M (1998). Long term agroecosystems experiments: assessing agricultural sustainability and global change. *Science*. 282: 893-896.
- Reeve JR, Schadt CW, Carpenter-Boggs L, Kang S, Zhou J, Reganold JP (2010). Effects of soil type and farm management on soil ecological functional genes and microbial activities. *The ISME Journal*. 4: 1099-1107.
- Rep. Brussels.
- Reshmidevi, T.V., Eldho, T.I., Jana, R. 2009. A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds. *Agricultural Systems*. 101: 101-109.
- Rezaei-Moghadam K, Karami E (2008). A multiple criteria evaluation of sustainable agricultural development models using AHP. *Environ. Dev. Sustain*. 10: 407-426.
- Saaty TL (1980). The analytic hierarchy process. New York: McGraw Hill International Book Company.
- Saaty TL (1994). Highlights and critical points in the theory and application of the analytical hierarchy process. *European Journal of Operational Research*. 74: 426-447.
- Saaty TL (2000). Decision making for leaders: The analytic hierarchy process for decision in a complex world. RWS Publications.
- Samranpong C, Ekasingh B, Ekasingh M (2009). Economic land evaluation for agricultural resource management. *Envi. Modell & Soft*. 24: 1381-1390.
- Schmoldt, D., Kangas, J., Mendoza, G.A., Pesonen, M. (Eds.), 2001. The Analytic Hierarchy Process in Natural Resource and Environmental Decision Making. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Schmoldt, D.L., Kangas, J., Mendoza, G.A., Pesonen, M. (Eds). 2001. The Analytic Hierarchy Process in Natural Resources and in Environmental Decision making. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.

- Shahbazi F, Jafarzadeh AA (2010). Integrated assessment of rural lands for sustainable development using MicroLEIS DSS in West Azerbaijan, Iran. *Geoderma*. 157: 175-184.
- Shahbazi, F., De la Rosa, D., Anaya-Romero, M., Jafarzadeh, A., Sarmadian, F., Neshaboury, M., Oustan, S. (2008). Land use planning in Ahar area (Iran) using MicroLEIS DSS. *International Agrophysics*. 22: 277-286.
- Sharififar A, Ghorbani H, Sarmadian F (2013). Multiple criteria decision making in environmental risks assessment (A case study in Bastam region). *1st International Conference on Environmental Crisis and its Solutions*. 83-89. *Scie & Res Brach, Islamic Azad University of Khouzestan, Iran*.
- Sharififar, A. 2013. Assessment of different methods of soil suitability classification for wheat cultivation. *Journal of Agrobiology*. X:x-x. (Awaiting publication).
- Shields, D.J., Tolwinski, B., Keny, B.M., 1999. Models for conflict resolution in ecosystem management. *Socio-Econ. Plann. Sci*. 33: 61–84.
- Solnes, J., 2003. Environmental quality indexing of large industrial development alternatives using AHP. *Environmental Impact Assessment Review*. 23(3): 283–303.
- Storie, R. E. 1976. *Storie index soil rating* (revised 1978). Spec. Publ. Div. Agric. Sci. No 3203, University of California. Berkeley.
- Strager, M.P., Rosenberger, R.S., 2006. Incorporating stakeholder preferences for land conservation: Weights and measures in spatial MCA. *Ecological Economics*. 57: 627–639.
- Subramanian, N., Ramanathan, R. (2012). A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management. *Int. J. Production Economics*. 138: 215-241.
- Sys, C., Van Ranst, E., Debaveye, J. 1991a. Land Evaluation. Part I. Principles in land evaluation and crop production calculations. General Administration for Development Cooperation, Brussels, Belgium. 274pp.
- Sys, C., Van Ranst, E., Debaveye, J. 1991b. Land Evaluation. Part II. Methods in land evaluation. International training centre for post graduate soil scientists, Ghent University, Ghent, Belgium. 247pp.

- Sys, C., Van Ranst, E., Debaveye, J. 1993. *Land evaluation. Part 3: Crop requirements*. Agricultural Publications 7, 3. General Administration of Development Cooperation of Belgium, Brussels. 199p.
- Tang, H., Debaveye, J., Ruan, D., Van Ranst, E. 1991. Land suitability classification based on fuzzy set theory. *Pedologie* XLI-3: 277-290.
- Tang, H., Van Ranst, E. 1992a. Testing of fuzzy set theory in land suitability assessment for rain fed grain maize production. *Pedologie* XLII-2: 129-147.
- Tang, H., Van Ranst, E. 1992b. Fuzzy set theory-a new concept for land suitability assessment. *Proc. EUROSOL*, Maastricht, pp. W8-15.
- Tang, H., Van Ranst, E., Groenemans, R. 1997. Application of fuzzy set theory to land suitability assessment. *Malaysian Journal of Soil Science*. 3: 39-58.
- Tang, H., Van Ranst, E., Sys, C. 1992. An approach to predict land production potential for irrigated and rain fed winter wheat in Pinan County, China. *Soil Technology*. 5: 213-224.
- Triantaphyllou, E. (2001). *Multicriteria decision making methods: A comparative study*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- United Nations (1999). *World population prospects, The 1998 revision, Vol. 1, Comprehensive Tables*. UN Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York.
- USDA (2010). *Keys to Soil Taxonomy*. 11th edition. Soil Survey Staff: United States Department of Agriculture.
- Van Ranst, E., Tang, H. 1999. Fuzzy reasoning versus Boolean logic in land suitability assessment. *Malaysian Journal of Soil Science*. 3: 39-58.
- Van Ranst, E., Tang, H., Groenemans, R., Sinthurath, S. 1996. Application of fuzzy logic to land suitability for rubber production in peninsular Thailand. *Geoderma*. 70:1-19.
- Verheye, W. 1986. *Land evaluation and land use planning in the EEC*. CEC-DG. VI. Draft.
- Vitousek PM, Mooney HA, Lubchenco J, Melillo JM (1997). Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science*. 25: 494-499.

- Von Winterfeldt, D., Edwards, W., 1986. *Decision Analysis and Behavioral Research*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Wahba, M.M., Darwish, Kh.M., Awad, F. 2007. Suitability of specific crops using MicroLEIS program in Sahal Baraka, Farafra Oasis, Egypt. *Journal of Applied Sciences Research*. 3(7): 531-539.
- Wang, F., Hall, G. B., Subaryono. 1990. Fuzzy information representation and processing in conventional GIS software: database design and applications. *Int. J. Geographical Information Systems*. 4: 261-283.
- Wang, Li-Xin. 1996. *A course in fuzzy systems and control*. Prentice Hall.
- Wolfslehner, B., Vacik, H., Lexer, M.J. 2005. Application of the analytic network process in multicriteria analysis of sustainable forest management. *Forest Ecology and Management*. 207: 157-170.
- Wu C, Barnes D (2011). A literature review of decision-making models and approaches for partner selection in agile supply chains. *J. of Purchasing & Supply Management*. 17: 256-274.
- Ying, X., Zeng, G.-M., Chen, G.-Q., Tang, L., Wang, K.-L., Huang, D.-Y., 2007. Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality— a case study of Hunan province, China. *Ecological Modelling*. 209(2–4): 97–109.
- Zadeh, L. A. 1965. Fuzzy sets. *Information and Control*. 8:338-353.

ضمیمه

ماتریس‌های خصوصیات واحدهای مختلف اراضی برای محصولات گوجه فرنگی، سیب زمینی، گندم و سیب درختی که برای به دست آوردن شاخص‌های اراضی به روش فازی به دست آمده‌اند.

	S1	S2	S3	N
Clay	1	0.99	0	0.01
CaCO ₃	0	0.01	0.17	1
Slope	1	0.31	0.2	0
pH	0.5	1	0.8	0
O.C	0	0.14	1	0
Depth	1	0.06	0.03	0

مجن-گوجه فرنگی

	S1	S2	S3	N
Clay	0.97	1	0.04	0
CaCO ₃	0	0.01	0.61	1
Slope	1	0.35	0.21	0
pH	0.62	1	1	0
O.C	0	0.2	1	0
Depth	0	1	0.28	0

ابر-گوجه فرنگی

	S1	S2	S3	N
Clay	1	0.007	0	0.99
CaCO ₃	0	0.01	0.01	1
Slope	1	0.31	0.2	0
pH	0.62	1	1	0
O.C	0	0.5	1	0
Depth	1	0.2	0.06	0

خرقان-گوجه فرنگی

	S1	S2	S3	N
Clay	0.71	1	1	0
CaCO ₃	0	0.22	1	0.91
Slope	1	0.31	0.2	0
pH	0.69	1	0.2	0
O.C	0	0.24	1	0
Depth	1	0.04	0.02	0

بسطامی-گوجه فرنگی

	S1	S2	S3	N
Clay	0.77	1	1	0
CaCO ₃	0	0.01	0.32	1
Slope	1	0.64	0.01	0
pH	0.69	1	0.2	0
O.C	0	0.16	1	0
Depth	1	1	0.56	0

خیج-گوجه فرنگی

	S1	S2	S3	N
Clay	0.83	1	0.98	0
CaCO3	0	0.06	1	0.94
Slope	1	0.64	0.05	0
pH	0.45	1	1	0
O.C	0	0.07	1	0
Depth	0.82	0.09	0.04	0

قهج-گوجه فرنگی

	S1	S2	S3	N
Clay	1	0.88	0	0.12
CaCO3	0	0.03	1	0.66
Slope	1	0.31	0.2	0
pH	0.56	1	0.5	0
O.C	0	0.15	1	0
Depth	0.68	0.07	0.03	0

امیر-گوجه فرنگی

	S1	S2	S3	N
Clay	1	0.67	0	0.33
CaCO3	0	0.02	0.67	1
Slope	1	0.31	0.2	0
pH	0.14	0.92	1	0.88
O.C	0	1	1	0
Depth	1	0.06	0.03	0

قلعه-گوجه فرنگی

	S1	S2	S3	N
Clay	0.24	0.07	1	0.75
Slope	1	0.44	0.24	0
O.C	0	0.07	1	0
Depth	1	0.02	0.01	0
pH	0.11	1	1	0
CaCO3	0	0.2	1	0.22

قهج-سیب زمینی

	S1	S2	S3	N
Clay	0.66	0.12	1	0.16
Slope	1	0.31	0.2	0
O.C	0	0.2	1	0
Depth	1	0.08	0.03	0
pH	0.15	1	0.31	0
CaCO3	0	0.02	0.98	1

ابر-سیب زمینی

	S1	S2	S3	N
Clay	1	0.29	0.91	0
Slope	1	0.31	0.2	0
O.C	0	0.24	1	0
Depth	1	0.01	0.01	0
pH	0.16	1	0.2	0
CaCO3	0	1	0.99	0

بسطامی-سیب زمینی

	S1	S2	S3	N
Clay	0.17	0.05	1	0.91
Slope	1	0.44	0.24	0
O.C	0	0.17	1	0
Depth	0.73	0.13	0.05	0
PH	0.16	1	0.2	0
CaCO3	0	0.01	0.61	1

خیج-سیب زمینی

	S1	S2	S3	N
Clay	1	0.99	0.34	0
Slope	1	0.31	0.2	0
O.C	0	0.15	1	0
Depth	1	0.01	0.01	0
PH	0.13	1	0.5	0
CaCO3	0	0.08	1	0.33

امیر-سیب زمینی

	S1	S2	S3	N
Clay	1	0.33	0.86	0
Slope	1	0.31	0.2	0
O.C	0	0.14	1	0
Depth	1	0.01	0.01	0
PH	0.12	1	0.8	0
CaCO3	0	0.01	0.29	1

مجن-سیب زمینی

	S1	S2	S3	N
Clay	0.39	1	0.56	0
Slope	1	0.31	0.2	0
O.C	0	1	1	0
Depth	1	0.01	0.01	0
PH	0.1	0.91	1	0.13
CaCO3	0	0.03	0.99	1

قلعه-سیب زمینی

	S1	S2	S3	N
Clay	0.14	0.81	0.09	0
Slope	1	0.31	0.2	0
O.C	0	0.5	1	0
Depth	1	0.02	0.01	0
PH	0.15	1	0.31	0
CaCO3	0	0.01	0.08	1

خرقان-سیب زمینی

	S1	S2	S3	N
Clay	0.66	0.12	1	0
Slope	1	0.35	0.21	0
CaCO3	0	1	0.55	0
O.C	0	0.86	1	0
PH	1	0.02	0.05	0

ابر-گندم

	S1	S2	S3	N
Clay	0.99	1	0.21	0
Slope	1	0.31	0.02	0
CaCO ₃	0.14	0.39	0.27	0
O.C	0	0.61	1	0
PH	1	0.03	0.06	0

امیر-گندم

	S1	S2	S3	N
Clay	0.81	0.14	0.09	0
Slope	1	0.31	0.02	0
CaCO ₃	0	0.48	1	0.83
O.C	0	1	0.92	0
PH	1	0.02	0.05	0

خرقان-گندم

	S1	S2	S3	N
Clay	0.33	1	0.86	0
Slope	1	0.31	0.02	0
CaCO ₃	0	0.92	1	0.01
O.C	0	0.61	1	0
PH	1	0.04	0.08	0

مجن-گندم

	S1	S2	S3	N
Clay	1	0.39	0.16	0
Slope	1	0.31	0.02	0
CaCO3	0	1	0.51	0
O.C	0	1	0.02	0
PH	1	0.1	0.14	0

قلعه-گندم

	S1	S2	S3	N
Clay	0.08	0.34	1	0
Slope	1	0.64	0.05	0
CaCO3	0.03	0.2	0.2	0
O.C	0	0.24	1	0
PH	1	0.06	0.1	0

قهب-گندم

	S1	S2	S3	N
Clay	0.99	1	0.35	0
Slope	1	0.64	0.05	0
CaCO3	0	1	0.86	0
O.C	0	0.74	1	0
PH	1	0.02	0.04	0

خیج-گندم

	S1	S2	S3	N
Clay	0.29	1	0.91	0
Slope	1	0.31	0.02	0
CaCO3	0.39	0.91	0.43	0
O.C	0	0.95	1	0
PH	1	0.02	0.04	0

بسطامی-گندم

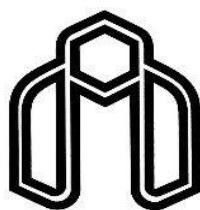
	S1	S2	S3	N
Slope	0.8	0.12	0.79	0
Clay	0.89	0.97	1	0
Depth	0.82	0.91	0.44	0
CaCO3	0	0.28	0.92	0.12
PH	0.99	0.91	0.85	0
O.C	0	1	1	0

سیب درختی-واحد ابر

Abstract

For optimal utilization of lands, reasonable protection of natural resources and allocating lands to their most suitable use, land capability and suitability evaluation is necessary. In this research, which was performed in Bastam region at northern Shahrood between geographical coordinates of $54^{\circ} 39'$ to $55^{\circ} 20'$ of east longitude and $36^{\circ} 26'$ to $36^{\circ} 45'$ of north latitude, after performing general capability evaluation, different methods of land suitability evaluation including Storie, square root, maximum limitation and fuzzy set methodology were tested. The obtained land indices were compared with real crop yields in every land unit. The fuzzy set methodology found the best method with highest correlation coefficient with regard to real yield. Then, land vulnerability to chemical degradation was assessed using a model within MicroLEIS Decision Support System software, called Arenal model. Results of this model showed that perennial crops leave higher impairment than annual crops. The relative economic profitability of the selected crops were compared with together. Results of economic evaluation showed that tomato cultivation is the most beneficial crop. At last, results of those three assessments were integrated using the Analytical Hierarchy Process (AHP) technique, to determine the most suitable crop for cultivation in one of land units in terms of physical suitability towards the land, least environmental impact and most economic profit. The result revealed that wheat is the best crop for cultivation in the specified land unit.

Key words: land evaluation, fuzzy sets, MicroLEIS DSS, Bastam



Shahrood University of Technology
Faculty of Agriculture
Department of Soil Science
M. Sc. Thesis

Integrated Land Evaluation using Fuzzy Set Theory and
AHP Technique
In Bastam Region

Amin Sharififar

Supervisors:
Dr. H. Ghorbani
Dr. F. Sarmadian

July 2013