



ارزیابی تناسب اراضی برای کشت برنج در استان زنجان در قالب مدل فائو و با استفاده از تکنیک

تلفیقی AHP-TOPSIS در محیط GIS

محمد طالعی، عضو هیأت علمی قطب مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
حسین سلیمانی*، دانش آموخته رشته سنجش از دور و GIS، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

وصول: ۱۳۹۲/۶/۳۰ پذیرش: ۱۳۹۴/۱/۱۹، صص ۲۱۸-۱۹۹

چکیده

ارزیابی تناسب اراضی برای محصولات کشاورزی یکی از اقدامات ابتدایی و ضروری در توسعه پایدار، جلوگیری از تخریب اراضی و حفاظت از منابع زیستی برای استفاده آیندگان است. در این زمینه و با توجه به اهمیت برنج به عنوان محصولی استراتژیک در کشور، اقدام به ارزیابی تناسب اراضی در استان زنجان با استفاده از قابلیت‌های ترکیبی سیستم اطلاعات مکانی (GIS) و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) در قالب مدل فائو شد. در این پژوهش با توجه به نظرات کارشناسان مربوطه و مطالعه طرح‌ها و پژوهش‌های پیشین، از ۴ شاخص زیست‌محیطی (منابع تأمین آب، متغیرهای اقلیمی، خاک، توپوگرافی) و ۵ شاخص اجتماعی-اقتصادی (نیروی کار انسانی و ماشینی، فاصله از جاده و بازار، تعداد شرکت‌های تعاونی) برای مدل‌سازی تناسب اراضی استفاده شد. برای وزن دهی و تجمیع لایه‌ها، به ترتیب از روش AHP و روش رتبه‌بندی براساس تشابه به حد ایده‌آل (TOPSIS) استفاده و در مرحله بعدی نتایج به دست آمده بر اساس مدل پیشنهادی فائو و یک کلاس به عنوان مناطق دارای محدودیت، طبقه‌بندی شدند. در نقشه اولیه تناسب اراضی به دست آمده از شاخص‌های زیست‌محیطی ۱۱۴/۳۶ کیلومتر مربع (۰/۵۱٪) و در نقشه نهایی بعد از تجزیه و تحلیل اجتماعی-اقتصادی ۷۳ کیلومتر مربع (۰/۳۳٪)، به عنوان کلاس کاملاً مناسب (S₁) شناخته شد. دقت کلی نقشه اولیه و نهایی در مقایسه با نقشه کاربری اراضی منطقه به ترتیب ۷۴/۷٪ و ۸۹/۳٪ به دست آمد. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر مهمترین پارامترهای ارزیابی تناسب اراضی برای برنج به ترتیب منابع تأمین آب، اقلیم، خاک، ماشین‌آلات کشاورزی و توپوگرافی بوده، همچنین کمبود منابع آبی و شوری خاک از مهمترین موانع کشت برنج در منطقه مورد مطالعه به شمار می‌آیند.

واژه‌های کلیدی: تناسب اراضی، برنج، زنجان، GIS، MCDM.

مقدمه

کشاورزی به‌عنوان مهمترین منبع تأمین غذا برای بشر، نقش کلیدی در توسعه و استقلال اقتصادی و سیاسی کشورها دارد (فرج‌زاده و تکلوییغش، ۱۳۸۰؛ کوچکی و همکاران، ۱۳۸۴؛ Sharma et.al, 2007). از میان محصولات کشاورزی، برنج یکی از اقلام پر مصرف بوده و در کشور ما بعد از گندم، به‌عنوان دومین عنصر مهم غذایی در ردیف کالاهای اساسی قرار دارد. به‌عنوان مثال در سال ۱۳۸۸ میزان مصرف برنج در ایران ۲/۵ میلیون تن بوده (FAO, 2012)، در حالی که در همان سال ۱/۳ میلیون تن واردات برنج وجود داشته است (اتاق بازرگانی تهران، ۱۳۹۱)؛ که نشان دهنده وابستگی زیاد کشور به این کالای اساسی است. با افزایش جمعیت و بالطبع افزایش نیاز به غذا، اهمیت تولید پایدار و بهینه بیشتر احساس می‌گردد. در این شرایط و با توجه به اینکه زمین یک پارامتر محدود است، نمی‌توان زمین‌های زیادی را به زیر کشت برد، بنابراین جامعه کشاورزی باید بیشتر و بیشتر در مقدار زمین موجود کشت کند (Prakash, 2003). در نقطه مقابل رشد شهرها، پدیده‌هایی از قبیل بیابان‌زایی، فرسایش، اسیدی شدن آب‌ها، استفاده از سموم و... موجب افزایش فشار بر محیط و نابودی مزارع می‌گردد (Perveen & Nagasawa, 2007).

یکی از راهکارهای اساسی برای کاهش این مشکلات، به‌دست آوردن حداکثر سود و در عین حال حفاظت از منابع زیستی برای آینده، ارزیابی تناسب اراضی برای استفاده‌های گوناگون (کشاورزی، باغداری، توریستی، صنعتی، و...) با در نظر گرفتن شرایط فیزیکی، اقتصادی و اجتماعی است. ارزیابی

تناسب اراضی روش مطلوبی برای شناخت محدودیت‌های اراضی، تخصصی کردن کشت محصولات و ارایه الگوی بهینه کشت است. در این زمینه در سال ۱۹۷۶ فائو مدلی بر مبنای مقایسه کیفیت و خصوصیات اراضی با نیازهای کاربری اراضی، ارایه داد (FAO, 1976). مدل فائو در سال‌های بعد مبنایی برای بسیاری از مدل‌ها (AEZ¹, FCC², ALESMicroLEIS, و پژوهش‌های بعدی (ایوبی و همکاران، ۱۳۸۱؛ قائمیان و همکاران، ۱۳۸۱؛ بامری و همکاران، ۱۳۸۲؛ عبدالعلی و همکاران، ۱۳۸۴؛ شاهرخ و همکاران، ۱۳۹۰؛ Young & Goldsmith, 1977; Embretches & Sys, 1988) شد.

استفاده از ساختار کلاسیک (دودویی) ارایه نتایج به صورت گسسته، نبود رابطه موازنه‌ای - جایگشتی بین معیارهای گزینش و از همه مهمتر دخالت داشتن تمام پارامترها با وزن برابر در خروجی، از نواقص مدل‌های مرسوم است. علاوه بر این موارد، وجود معیارهای کمی و کیفی، داشتن ساختار سلسله‌مراتبی، وجود گروه‌های ذینفع با اهداف و اولویت‌های گوناگون و همچنین میان رشته‌ای بودن ارزیابی تناسب اراضی سبب گردیده تا در سال‌های اخیر بسیاری از پژوهشگران از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره^۳ برای ارزیابی تناسب اراضی بهره ببرند (Reshmidevi et.al, 2009).

در ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از روش‌های MCDM مشکلات عدیده‌ای وجود دارد؛ که از آن جمله می‌توان به فرض همگنی فضایی، تأثیرات تغییر

1 Agro-Ecological Zoning (AEZ)

2 Fertility Capability Classification (FCC)

3 Multi Criteria Decision Making (MCDM)

با توجه به اهمیت برنج به عنوان غذای بیش از نیمی از جمعیت جهان و اهمیت مطالعات ارزیابی اراضی در برنامه ریزی آمایش سرزمین و همچنین کمبود مطالعات صورت گرفته در منطقه مورد مطالعه، هدف از این پژوهش مدل سازی تناسب اراضی استان زنجان برای کشت برنج با استفاده از روش تلفیقی AHP-TOPSIS در قالب مدل فائو و در محیط GIS است.

شرایط اکولوژیکی کشت برنج

رشد و نمو گیاه برنج به سه مرحله رویشی (جوانه زنی، پنجه زنی)، زایشی (خوشه دهی، گلدهی) و رسیدگی تقسیم شده و برای دستیابی به محصول بیشتر، شناخت عوامل محیطی مؤثر بر این مراحل از اولویت بالایی برخوردار است. جدول ۱ نیازهای اقلیمی و آبی برنج را نشان می دهد.

واحد تجمیع و مقیاس مورد استفاده بر روی استقلال و همبستگی بین متغیرها، نیاز به در نظر گرفتن موقعیت جغرافیایی گزینه ها علاوه بر وزن و اهمیت آن ها (Malczewski, 1999) و همچنین چگونگی ترکیب اطلاعات گوناگون برای اخذ نتیجه نهایی اشاره نمود. با توجه به توانایی سیستم اطلاعات مکانی به عنوان ابزاری قوی برای سروکار داشتن با حجم وسیعی از داده های مکانی و توصیفی و همچنین با داشتن توابع گوناگون برای اکتساب، ذخیره، بازیابی و آنالیز داده ها، ترکیب GIS و MCDM بیش از دو دهه مبنای اغلب پژوهش های صورت گرفته در زمینه تناسب اراضی بودهاست (سرمیدیان و همکاران، ۱۳۸۲؛ فرج زاده و میرزا بیاتی، ۱۳۸۶؛ ضیائیان و همکاران، ۱۳۸۹، سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Prakash, 2003; Perveen & Nagasawa, 2011; Samanta et.al, 2007).

جدول (۱) آستانه های اقلیمی و آبی برای رشد گیاه برنج

مرحله رشد	جوانه زنی	پنجه زنی	گلدهی	رسیدن
دما (°C)	حداقل	۱۰-۱۵	۱۵	۱۹
	حداکثر	۴۰	۴۰	۳۵-۴۰
	مطلوب	۲۵-۳۰	۲۵-۳۰	۲۵-۳۰
رطوبت نسبی (%)	حداقل	۴۰	۴۰	۴۰
	حداکثر	۸۰	۸۰	۸۰
نیاز آبی (m ³ /hec.)	۳۰	۷-۱۱	۱۰۰	کم

منبع: پور نصیر، ۱۳۸۴

ترتیب در وارپته های زودرس، متوسط رس و دیررس و آستانه رشد ۱۰°C اشاره کرد (پور نصیر، ۱۳۸۴).

از سایر نیازهای اقلیمی گیاه برنج می توان به درجه روز ۲۱۰۰، ۳۵۰۰-۲۴۰۰ و ۳۵۰۰-۴۵۰۰ به

منطقه گیلوان تا ۳۲۰۰ متر در منطقه ماه‌نشان در آن قابل مشاهده است. حدود ۵/۵٪ از سطح استان دارای شیب کمتر از ۵٪، حداکثر دما در مرداد ماه برابر $25/8^{\circ}\text{C}$ ، حداقل دما $4/1^{\circ}\text{C}$ در بهمن ماه، حداکثر رطوبت نسبی ۷۲٪ در دی و بهمن ماه، متوسط بارندگی در دشت ۲۹۱mm و ارتفاعات ۳۷۰/۵mm است. استان زنجان با ۴۰۸۱ هکتار سطح زیر کشت و با عملکرد ۳۸۳۳/۴Kg/hect. به ترتیب رتبه هفتم و پانزدهم را در تولید برنج در کشور دارد (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۱).

منابع داده

برای ساخت لایه‌های بارش، رطوبت نسبی، دما و درجه روز با بهره‌گیری از روش Spline در محیط GIS از آمار و اطلاعات نرمال ۱۰ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی موجود در استان، و برای افزایش دقت از ۱۰ ایستگاه مناطق همجوار استفاده شد (شکل ۱).

از نظر خاک‌شناختی، گیاه برنج در اکثر خاک‌ها قادر به رشد بوده و عملاً در خاک‌هایی که بافت تشکیل دهنده آنها رسی (۶۰-۴۰ درصد)، رس لیمونی و لومی با عمق بیش از ۵۰ cm باشد، بهترین محصول را تولید می‌کند (Prakash, 2003; Samanta et.al, 2011).

داده و روش پژوهش

منطقه مورد مطالعه

استان زنجان در شمال غرب فلات مرکزی ایران با جمعیتی بالغ بر ۹۸۳۰۰۰ نفر و با وسعتی بیش از ۲۲۰۰۰ کیلومتر مربع در حدود ۱/۳۴٪ مساحت کشور را شامل می‌شود. از نظر مختصات جغرافیایی مدارهای $35^{\circ}33'$ تا $37^{\circ}15'$ منته‌الیه شمالی و جنوبی و نصف‌النهارات $47^{\circ}10'$ تا $49^{\circ}26'$ ، حد شرقی و غربی آن را شامل می‌شوند. استان زنجان از نظر پستی و بلندی دارای تنوع زیادی بوده و از ارتفاع ۳۰۰ متر در

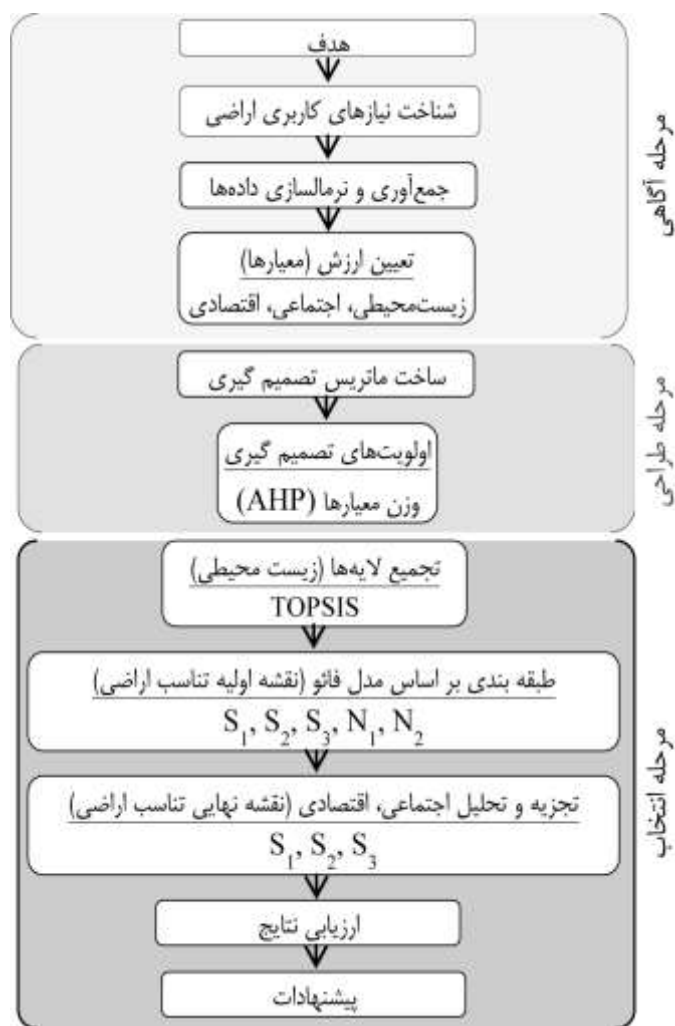


شکل (۱) ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده

فرایند ارزیابی تناسب اراضی

چهارچوب پژوهش حاضر براساس فرایند تصمیم‌گیری فضایی با استفاده از روش‌های MCDM به سه مرحله آگاهی، طراحی و اجرا تقسیم گشته و برای دستیابی به منابع چندگانه دانش و تجربه و همچنین نتیجه مناسب، از ترکیب دو روش AHP و TOPSIS استفاده شده است. در زیر به توضیح هر کدام از مراحل پرداخته می‌شود (شکل ۲).

لایه‌های شیب، ارتفاع، فاصله از جاده و بازار از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری، تعداد و نوع ماشین‌آلات کشاورزی، کاربری اراضی، تعداد چاه‌های دیزلی و شرکت‌های تعاونی از اداره جهاد کشاورزی استان، تعداد جمعیت و نیروی کار از سازمان آمار ایران، مشخصات سدها و رودخانه‌ها از شرکت آب منطقه‌ای استان و نقشه خاکشناسی از مؤسسه پژوهش‌های خاک و آب در سال ۲۰۱۲، تهیه شد.



شکل (۲) فلوچارت فرایند انجام پژوهش

مرحله آگاهی

این مرحله شامل تعریف مسأله، شناخت نیازهای کاربری اراضی، کیفیت اراضی، محدودیت‌های تصمیم‌گیری و جمع‌آوری داده‌هاست. در این پژوهش انتخاب معیارها و شاخص‌ها بر اساس نیازهای ارزیابی تناسب اراضی و در دسترس بودن داده‌ها صورت پذیرفت. به واسطه اینکه هر کدام از شاخص‌ها در مقیاس خاصی مورد سنجش قرار گرفته بودند، لازم است از طریق روش‌های بهنجارسازی قابلیت مقایسه با یکدیگر را پیدا کنند. در این زمینه برای شاخص‌هایی که مقادیر بالا از مطلوبیت بیشتری برخوردار بودند (لایه‌های بارش، رطوبت نسبی، درجه روز، خاک، نیروی کار، چاه‌های دیزلی، ماشین‌آلات کشاورزی و شرکت‌های تعاونی)، از تابع خطی (۱) و برای شاخص‌هایی که مقادیر پایین از مطلوبیت بیشتری برخوردار بودند (شیب و ارتفاع، رودخانه‌ها، جاده‌ها، سد‌ها و بازار) از تابع خطی (۲) استفاده شد:

(تابع ۱)

$$X'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}$$

(تابع ۲)

$$X'_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}$$

که X_j^{\min} و X_j^{\max} به ترتیب معرف نمرات

استاندارد شده، خام، حداکثر و حداقل هستند. به دلیل وجود حدود آستانه برای دماهای حداقل و حداکثر، برای نرمال‌سازی این لایه‌ها از توابع عضویت فازی مثلثی استفاده و در آنها نقاط ۱۵ و C^0 ۳۰ به عنوان نقاط ایده‌آل به ترتیب در لایه اول و دوم در نظر گرفته شد.

مرحله طراحی

با تعیین مجموعه‌ای از گزینه‌ها و معیارهای ارزیابی در مرحله آگاهی، اقدام به تعیین اولویت‌های تصمیم‌گیران می‌شود. اولویت‌ها بر حسب وزن‌هایی از اهمیت نسبی یک معیار/گزینه نسبت به یک معیار/گزینه دیگر بیان می‌شود. در این پژوهش برای استخراج وزن‌ها از روش AHP که توسط ساعتی (۱۹۸۰) ارائه شده، استفاده شد. این روش بادر نظر گرفتن معیارهای گوناگون کمی و کیفی یکی از بهترین روش‌های تحلیل چند متغیری گسسته بوده و به عنوان روش و ابزار تجزیه و تحلیلی در شاخه‌های گوناگون فناوری مورد استفاده قرار گرفته است. مدلسازی با این روش به شرح ذیل است:

- ساختن یک ساختار سلسله مراتبی

در ساختار سلسله مراتبی سطح یک نشان دهنده هدف، به معنی مدل‌سازی تناسب اراضی برای کشت برنج در استان زنجان است. سطح دو نشان دهنده معیارهای انتخاب بهترین مکان است (زیست محیطی، اجتماعی-اقتصادی). گزینه‌های گوناگون برای این امر در سطوح بعدی قرار می‌گیرند.

- تعیین ماتریس مقایسه زوجی، محاسبه وزن معیارها

در این مطالعه تمام عناصر به صورت زوجی با توجه به عنصر متناظر بالاتر از خود برای به دست آوردن وزن نسبی با استفاده از مقادیر ۹ کمیته ساعتی مقایسه و با استفاده از روش میانگین هندسی با یکدیگر ترکیب شدند (جداول ۲ الی ۸).

جدول (۲) مقایسه زوجی معیارهای اصلی (سطح ۲)

وزن	اجتماعی-اقتصادی	زیست محیطی	
۰/۷۵	۳	۱	زیست محیطی
۰/۲۵	۱		اجتماعی-اقتصادی

جدول (۳) مقایسه زوجی گزینه‌های مترتب بر معیار زیست محیطی (سطح ۳)

وزن	توپوگرافی	خاک	اقلیم	منابع تامین آب	
۰/۴۸	۴	۳	۲	۱	منابع تامین آب
۰/۲۲	۲	۱	۱		اقلیم
۰/۲	۲	۱			خاک
۰/۱۰	۱				توپوگرافی
CR= 0.007					

جدول (۴) مقایسه زوجی گزینه‌های مترتب بر شاخص منابع تامین آب (سطح ۴)

وزن	سد	بارش	چاه	رودخانه	
۰/۵۶	۷	۵	۳	۱	رودخانه
۰/۲۶	۵	۳	۱		چاه
۰/۱۲	۳	۱			بارش
۰/۰۶	۱				سد
CR= 0.04					

جدول (۵) مقایسه زوجی گزینه‌های مترتب بر شاخص اقلیم (سطح ۴)

وزن	رطوبت نسبی	دما	درجه روز	
۰/۶۴	۵	۳	۱	درجه روز
۰/۲۶	۳	۱		دما
۰/۱۰	۱			رطوبت نسبی
CR= 0.03				

جدول (۶) مقایسه زوجی گزینه‌های مترتب بر شاخص خاک (سطح ۴)

وزن	اریدوسل	انتی سل	اینسپتی سل	آلفی سل	
۰/۵۶	۷	۵	۳	۱	آلفی سل
۰/۲۶	۵	۳	۱		اینسپتی سل
۰/۱۲	۳	۱			انتی سل
۰/۰۶	۱				اریدوسل
CR= 0.04					

جدول (۷) مقایسه زوجی گزینه‌های مترتب بر شاخص توپوگرافی (سطح ۴)

وزن	ارتفاع	شیب	
۰/۶۶	۲	۱	شیب
۰/۳۴	۱		ارتفاع

جدول (۸) مقایسه زوجی گزینه‌های مترتب بر معیار اجتماعی - اقتصادی (سطح ۳)

وزن	شرکت‌های تعاونی	بازار	جاده	نیروی کار	کشاورزی ماشین آلات	
۰/۵	۷	۵	۵	۶	۱	ماشین آلات کشاورزی
۰/۲۵	۵	۴	۴	۱		نیروی کار
۰/۱	۴	۱	۱			فاصله تا جاده
۰/۱	۴	۱				فاصله تا بازار
۰/۰۵	۱					شرکت‌های تعاونی
CR= 0.02						

Prakash, 2003; Samanta et.al, 2011; Kuria et.al, 2013; Dengiz, 2011) استفاده شده است.

همچنین در گزینه دما، دمای حداقل و حداکثر به ترتیب ۰/۶۶ و ۰/۳۴، در گزینه رودخانه، رودخانه‌های دائمی و فصلی به ترتیب ۰/۶۶ و ۰/۳۴، و در نوع ماشین آلات کشاورزی، کمباین ۰/۳۹، تراکتور

برای وزن‌دهی به معیارها با در نظرگیری موقعیت و شرایط منطقه، به ترتیب نظر ۱۲ نفر از اساتید و دانشجویان دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه‌های تربیت مدرس و تهران (گروه زراعت)، در درجه دوم از نظرات ۲۴ نفر از کشاورزان برنج‌کار و در مرحله بعدی از پژوهش‌ها و مقالات پیشین (پورنصیر، ۱۳۸۴؛

۰/۳۲، تیلر ۰/۱۶ و دروگر وزن ۰/۱۳ را به دست آوردند.

- بررسی سازگاری سیستم

برای هر ماتریس، خارج قسمت شاخص ناسازگاری (I.I) به شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی (I.I.R) به عنوان معیاری برای قضاوت در مورد نرخ ناسازگاری (I.R) مقادیر ترجیحات درج شده در هر یک از جداول AHP مورد استفاده قرار می گیرد.

(تابع ۳)

$$I.I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \text{ and } I.R = \frac{I.I}{I.I.R}$$

که λ_{\max} بزرگترین مقدار ویژه و n مرتبه ماتریس است. در مواردی که این مقدار از ۰/۱ کمتر باشد، سیستم دارای سازگاری قابل قبول بوده، در غیر این صورت قضاوتها و مقادیر باید تجدید نظر شوند. در این پژوهش نسبت ناسازگاری کل ۰/۰۴ به دست آمد، که بیانگر یک سطح منطقی از پایداری در مقایسه های صورت گرفته، است (Saaty, 1980).

مرحله انتخاب

این مرحله شامل استفاده از قواعد تصمیم گیری برای تجمع، رتبه بندی و انتخاب بهترین گزینه، از میان گزینه های موجود است. در این پژوهش، از روش رتبه بندی بر اساس تشابه به حد ایده آل (TOPSIS) به عنوان قاعده تصمیم گیری استفاده شد. این روش توسط هوانگ و یون (۱۹۸۱) بر این مفهوم

بنا شده است، که گزینه انتخابی باید، کمترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. به عبارت دیگر، فاصله گزینه ها از ایده آل مثبت و منفی محاسبه گشته و سپس برحسب ارزش به دست آمده، رتبه بندی می شوند. در چند دهه گذشته این روش یکی از مهمترین شاخه های تصمیم گیری چندمعیاره بوده و برای شناخت بهتر این روش، ویژگی های آن با روش AHP در جدول ۹ مقایسه شد است.

- 1 Inconsistency Index
- 2 Inconsistency Index Ratio
- 3 Inconsistency Ratio

جدول (۹) مقایسه خصوصیات روش‌های AHP و TOPSIS

خصوصیات	AHP	TOPSIS
۱	اطلاعات عددی	اطلاعات عددی
۲	مقایسات زوجی (اندازه‌گیری نسبی)	فاصله از PIS و NIS (اندازه‌گیری مطلق)
۳	معین و معلوم	معین و معلوم
۴	مقایسه زوجی	معین و معلوم
۵	ارایه می‌شود	-
۶	۷±۲	خیلی زیاد
۷	۷±۲	خیلی زیاد
۸	عملکرد جبرانی	عملکرد جبرانی

منبع: Shih et.al, 2007

- بعد از به‌دست آوردن لایه‌های استاندارد شده وزنی از طریق ضرب نقشه‌های معیار نرمال شده در وزن نسبی هر یک بر اساس توضیحات مراحل قبل، با استفاده از توابع ذیل اقدام به تعیین نقاط ایده‌آل مثبت (V_{+j}) و منفی (V_{-j}) شد.

(تابع ۴)

$$V_{+j} = \{(\max V_{ij} | j \in J), (\min V_{ij} | j \in J')\}$$

$$V_{+j} = \{V_1^*, V_2^*, \dots, V_n^*\}$$

(تابع ۵)

$$V_{-j} = \{(\min V_{ij} | j \in J), (\max V_{ij} | j \in J')\}$$

$$V_{-j} = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_n^-\}$$

که در آن J' به ترتیب صفات مبتنی بر سود و هزینه و V_{ij} صفات استاندارد شده موزون است.

- گام بعدی اندازه‌گیری فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل‌های مثبت و منفی با استفاده از فاصله اقلیدسی است.

مهمترین ضعف TOPSIS، عدم امکان برآورد وزن نسبی معیارهای تصمیم‌گیری است. همچنین مهم‌ترین نقاط ضعف روش AHP تعداد زیاد مقایسه‌های زوجی در مسایل بزرگ و نتایج نسبتاً غیر دقیق به واسطه تعامل (عدم استقلال) معیارهای ارزیابی است (عالم تبریز و باقرزاده، ۱۳۸۸). با توجه به امکان استفاده مستقیم از آرای کارشناسان و برآورد نرخ سازگاری در روش AHP و از طرفی مناسب بودن روش TOPSIS برای مسائل پیچیده بواسطه سادگی و اندازه‌گیری مستقیم بهترین گزینه (Lafleur, 2011) و همچنین عدم وجود مشکلات ملازم با فرض استقلال صفات، استفاده از دو روش در کنار یکدیگر باعث دستیابی به مزیت‌های هر دو می‌گردد.

در این پژوهش، برای بهره‌گیری از روش TOPSIS مراحل ذیل به اجرا گذاشته شد:

جداگانه، لایه به دست آمده از معیار زیست محیطی به عنوان نقشه اولیه تناسب اراضی، در قالب رویکرد مبتنی بر مدل فائو در دو رده S (مناسب) و N (نامناسب) و در پنج کلاس مربوطه (FAO, 1976)، به شرح جدول ۱۰ و یک کلاس به عنوان مناطق دارای محدودیت (C)، طبقه بندی شد. سپس سه کلاس موجود در رده S نقشه اولیه با نقشه به دست آمده از معیار اجتماعی-اقتصادی تجمیع، و نقشه نهایی تناسب اراضی منطقه در شش کلاس مذکور مجدداً طبقه بندی و ارائه شد.

(تابع ۶)

$$S_{i+} = [\sum_j (V_{ij} - V_{+j})^2]^{0.5}$$

(تابع ۷)

$$S_{i-} = [\sum_j (V_{ij} - V_{-j})^2]^{0.5}$$

- در مرحله بعد، نزدیکی نسبی گزینه‌ها به نقطه

ایده آل (C_{i+}) محاسبه می‌گردد:

(تابع ۸)

$$C_{i+} = \frac{s_{i-}}{s_{i+} + s_{i-}}$$

به طوری که $C_{i+} < 10$ بوده و هر گزینه‌ای که

بالاترین ارزش C_{i+} را داشته باشد، بهترین گزینه است.

بعد از تجمیع صفات مترتب بر معیارهای

زیست محیطی و اجتماعی-اقتصادی به صورت

جدول (۱۰) نحوه طبقه بندی نتایج به دست آمده

دامنه	کلاس	رده
0.8 - 1	S_1	S
0.6 - 0.8	S_2	
0.4 - 0.6	S_3	
0.2 - 0.4	N_1	N
0 - 0.2	N_2	

دارای محدودیت هستند. به عبارت دیگر ۳۷/۵٪ (۸۳۱۱ km²) از مساحت استان فاقد هرگونه پتانسیل زیست محیطی برای کشت محصول برنج بوده و تنها ۲۷٪ مساحت منطقه (کلاس‌های S_1 , S_2) دارای پتانسیل مطلوب هستند. در سیستم طبقه بندی فائو کلاس S_1 کاملاً متناسب بوده و به این معنی است که در منطقه هیچ گونه محدودیتی وجود نداشته و سود حاصل از استفاده پایدار از این نوع اراضی هزینه‌های لازم را توجیه می‌کند. کلاس S_2 به معنی نسبتاً متناسب با محدودیت‌های کم، و کلاس S_3 دارای تناسب بحرانی

بحث و نتایج

- نقشه‌های اولیه تناسب اراضی از دیدگاه

معیارهای زیست محیطی

شکل ۳ نتایج نقشه اولیه تناسب اراضی به دست

آمده را نشان می‌دهد. مطابق این نقشه حدود ۱۱۴ km²

از وسعت منطقه در کلاس تناسب S_1 ، ۳۷۱۱ km² در

کلاس S_2 ، ۱۰۰۰۸ km² در کلاس S_3 ، ۵۴۴۱ km² در

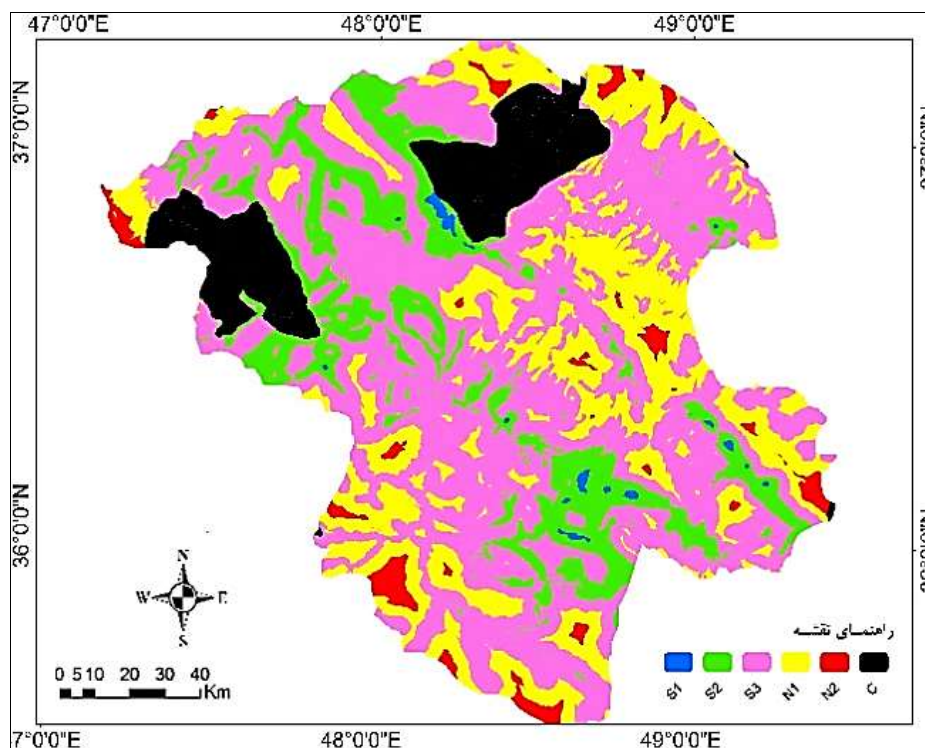
کلاس N_1 ، ۶۳۶/۵ km² در کلاس N_2 و ۲۲۳۳/۶ km²

در کلاس C قرار دارد. بر این اساس، از منظر زیست

محیطی حدود ۶۲/۵٪ از کل مساحت استان در رده

متناسب، ۲۷/۵٪ در رده نامتناسب و ۱۰٪ در مناطق

برای کاربری معین است. در آخر، کلاس‌های N_1 و N_2 نشان دهنده نامتناسب بودن منطقه است.



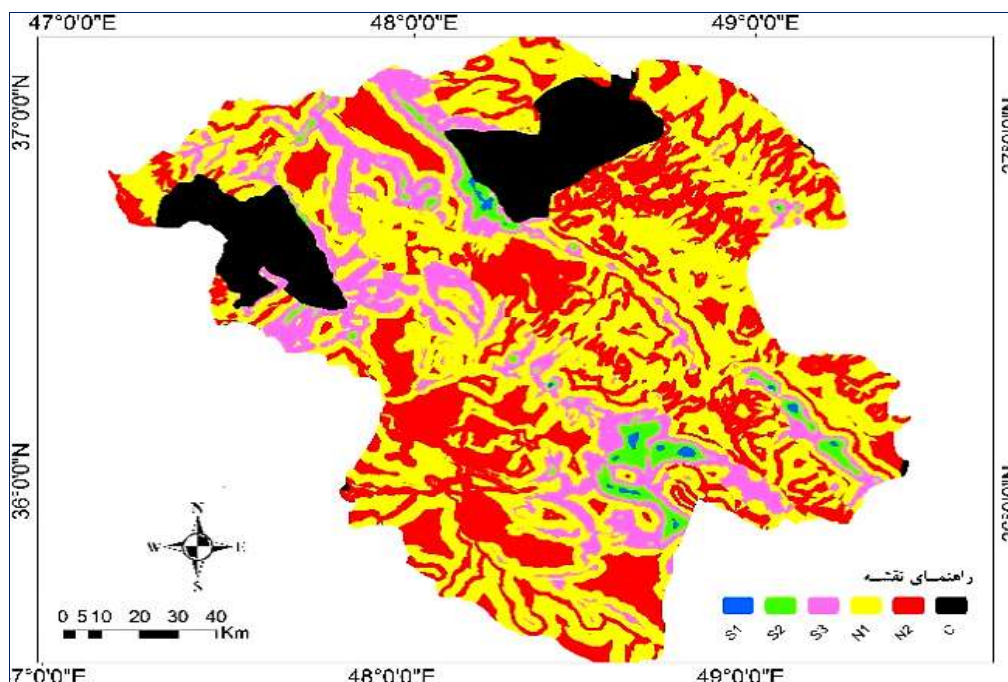
شکل (۳) نقشه اولیه تناسب اراضی برای کشت برنج

سنگین از سایر ویژگی‌های این مناطق بوده که در ادبیات پژوهش اشاره شده است.

- نقشه نهایی تناسب اراضی از دیدگاه معیارهای اجتماعی-اقتصادی

بر اساس نقشه ۴ حدود 73 km^2 از مساحت استان در نقشه نهایی در کلاس تناسب S_1 ، $557/6 \text{ km}^2$ در کلاس S_2 ، $310/4 \text{ km}^2$ در کلاس S_3 ، $964/3 \text{ km}^2$ در کلاس نسبتاً نامناسب (N_1)، $653/4 \text{ km}^2$ در کلاس (N_2) و $2233/6 \text{ km}^2$ در کلاس (C) قرار دارد.

کلاس S_1 عمدتاً در دهستان‌های زنجان رود بالا و پایین، گیلوان، غنی بیگلو، قلعه جوق، حومه، حرارود، صائین قلعه، خرم‌دره و سجاس رود قرار گرفته است. بررسی شاخص‌های زیست‌محیطی نشان می‌دهد که شیب کلی این مناطق ۰ تا ۵ درصد و میزان پستی و بلندی کمتر از ۵۰ متر است. همچنین بارش بیش از 500 mm ، فاصله تا رودخانه و جاده به ترتیب کمتر از ۲۰۰۰ و ۵۰۰ متر، خاک عمیق با بافت سنگین تا خیلی



شکل (۴) نقشه نهایی تناسب اراضی برای کشت برنج

از نتایج قابل ذکر در این پژوهش، وجود کلاس تناسب S_1 در شهرستان‌های ابهر، خداپنده و ایجرود است؛ در حالی که با توجه به آمار به‌دست آمده، محصول برنج در شهرستان‌های مذکور مورد کشت واقع نمی‌گردد (جدول ۱۱). از علل این مسأله می‌توان به احداث سدّ و آب بند در نقاط بالادست و به خصوص در شهرستان‌های شمالی استان ذکر کرد. در صورتی که بر اساس یافته‌های این پژوهش این مناطق دارای شرایط و پتانسیل مناسبی برای کاربری مورد نظر بوده، و می‌توانند در جهت افزایش میزان تولید مورد توجه و استفاده قرار بگیرند.

کلاس تناسب S_3 با بیش از ۴۵٪ بیشترین مساحت منطقه را در نقشه اولیه به خود اختصاص داده بود؛ در حالی که در نقشه نهایی بیشترین مساحت با ۴۳/۵ درصد به کلاس N_1 متعلق است. همچنین دو کلاس S_1 و S_2 به ترتیب ۴۱ و $3153/7 \text{ km}^2$ در نقشه نهایی نسبت به نقشه اولیه کاهش مساحت داشته‌اند. به طور کلی کاهش مساحت رده متناسب (S) از ۶۲/۵٪ در نقشه زیست محیطی به ۱۶/۸٪ در نقشه نهایی نشان دهنده وضعیت نامناسب استان زنجان بخصوص در بخش‌های شمالی از نظر شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی است.

جدول (۱۱) مساحت کشت برنج در استان زنجان (hec).

سال زراعی	شهرستان
۱۳۹۱-۱۳۹۲	ایجرود
۰	خرمدره
۰	خداپنده
۰	ابهر
۵۵۰	طارم
۲۰۵۰	زنجان
۱۷۰	ماه‌نشان

منبع: اداره جهاد کشاورزی استان زنجان، ۱۳۹۳

هستند. به طوری که گیاهان زراعی برای رسیدن به هر یک از درجات مختلف فنولوژیکی رشد، نیاز به میزان واحد حرارتی معینی دارند. همچنین در برنامه‌ریزی کشاورزی، اطلاعات اقلیمی، برای انتخاب نوع محصول، زمان کاشت و برداشت، آبیاری، برای توجیه نوسان‌های تولید محصول و... کاربرد دارند (سلیمانی، ۱۳۹۱). ساختمان خاک و اندازه ذرات بدلیل تأثیر زیاد در تبادل انرژی، نگهداری آب و مواد مغذی از عوامل موثر در رشد گیاه محسوب می‌شوند.

در بین محصولات کشاورزی، برنج از محصولاتی است که با رنج بسیار حاصل می‌گردد و این مسأله باعث کاهش رغبت جوانان به کشت این محصول، افزایش مهاجرت و تغییر کاربری زمین‌های کشاورزی می‌گردد. این مشکلات به‌مراه کاهش ضایعات محصول، افزایش عملکرد برنج، افزایش سطح زیر کشت، کاهش ۴۰-۳۰ درصد هزینه تولید و صرفه‌جویی در وقت و انجام بموقع امور کشاورزی

درجه‌بندی گزینه‌ها بر اساس وزن‌های مرکب نشان دهنده این است که در سطح سوم سلسله مراتب تصمیم‌گیری، گزینه‌های منابع تأمین آب، اقلیم، خاک، ماشین‌آلات کشاورزی و توپوگرافی به ترتیب با اوزان ۰/۳۶، ۰/۱۶۵، ۰/۱۵، ۰/۱۲۵ و ۰/۰۷۵ دارای بیشترین اهمیت و لایه شرکت‌های تعاونی با نمره ۰/۱۲۵ دارای کمترین اهمیت هستند؛ که در زیر به صورت مختصر توضیح داده می‌شوند.

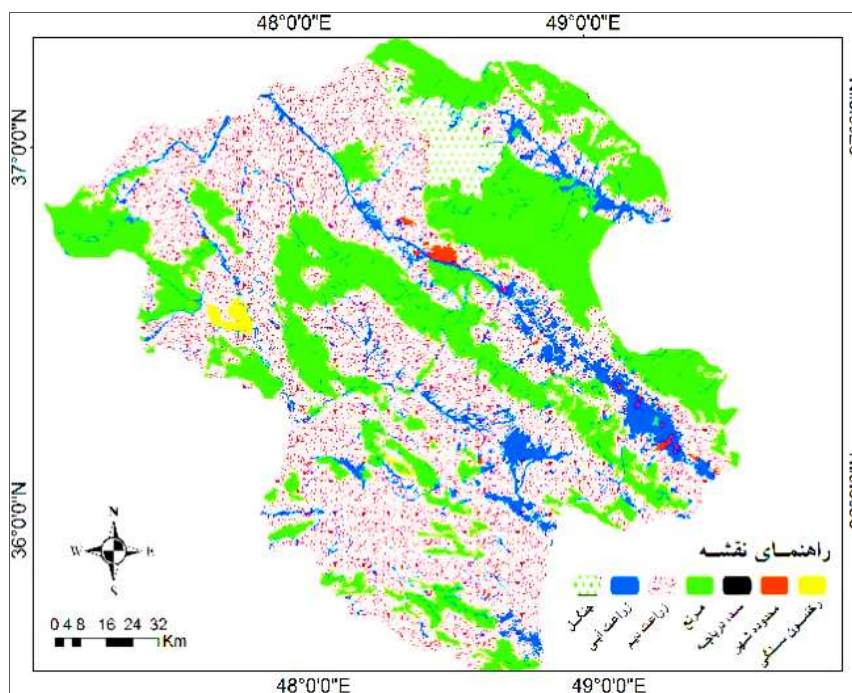
آبیاری شالیزار از مهمترین عملیات‌هایی است که باید در زراعت برنج انجام شود، چون برنج گیاهی است متحمل به غرقابی، وجود آب سبب انتقال مواد مختلف از ریشه به ساقه، برگ و دانه‌ها شده و در نتیجه موجب تهیه مواد خشک می‌گردد. مقدار آب مورد نیاز برنج به طور متوسط $35000 \text{ m}^3/\text{hec}$ - در طول دوره زندگی است (پورنصیر، ۱۳۸۴). در بین شرایط محیطی پارامترهای اقلیمی جزو مهمترین فاکتورهای مؤثر بر رشد گیاهان زراعی

این شرکت‌ها، وزن کمتری نسبت به سایر گزینه‌ها به این گزینه اختصاص پیدا کرده است.

– ارزیابی نتایج

برای ارزیابی نتایج به دست آمده در مقایسه با نقشه کاربری اراضی منطقه (شکل ۵)، از ماتریس خطا (آشفتگی) در نرم افزار ENVI استفاده شد (جدول ۱۲). میزان دقت کلی برای نقشه اولیه و نهایی به ترتیب ۷/۷۴٪ و ۳/۸۹٪ به دست آمد.

در کشت مکانیزه نسبت به کشت سنتی، اهمیت مکانیزاسیون کشاورزی را ثابت می‌کند (دستی و همکاران، ۱۳۸۹). تجزیه و تحلیل شیب بخش بسیار مهمی از اطلاعات حیاتی برای فرایند برنامه‌ریزی و استفاده از زمین است. از جمله شیب در حفظ و انتقال آب، ذرات خاک، ضریب رواناب و شدت فرسایش خاک تأثیر بسزایی دارد. افزایش ارتفاع باعث افزایش هزینه پمپاژ آب برای تولیدات کشاورزی می‌شود. در نهایت بدلیل محدودیت منابع تولید کشاورزی در شرکت‌های تعاونی منطقه مانند میزان سرمایه، زمین، آب، نیروی کار و در نتیجه نارضایتی مردم از عملکرد



شکل (۵) نقشه کاربری اراضی استان زنجان (۲۰۱۰)

جدول (۱۲) ماتریس خطای نتایج به‌دست آمده در مقایسه با نقشه کاربری اراضی منطقه (درصد)

نهایی						اولیه						
C	N ₂	N ₁	S ₃	S ₂	S ₁	C	N ₂	N ₁	S ₃	S ₂	S ₁	
۰	۰	۰	۸/۷۲	۷۹	۹۸/۶	۰	۰	۰/۵۱	۶/۲۵	۶۲/۷۹	۹۰	زراعت آبی
۴/۵۵	۸	۲۰/۱	۶۸/۱۸	۱۵/۷	۱/۰۲	۴/۵۵	۶/۳	۱۹/۷۷	۵۲/۸۹	۲۸	۸/۳۸	زراعت دیم
۱۷	۶۹/۵	۵۵	۲۱/۴۷	۵/۳	۰/۳۸	۱۷	۶۵	۵۰/۲۱	۳۸/۹	۹/۲۱	۱/۶۲	مرتع، چمنزار
۰	۰	۰/۰۱	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰	۰	دریاچه، سد
۱/۶۶	۷/۷	۹	۱/۶۳	۰	۰	۱/۶۶	۱۵	۷/۵	۰/۶	۰	۰	شهر، رخنمون سنگی
۷۶/۷۹	۱۴/۸	۱۵/۸۹	۰	۰	۰	۷۶/۷۹	۱۳/۶۹	۲۲	۱/۳۵	۰	۰	جنگل

مسئولان و کشاورزان با آگاهی از درجه تناسب زمین‌ها برای کاربری‌های گوناگون، می‌توانند خدمات، تجهیزات و برنامه‌های زراعی منطبق با شرایط منطقه ارایه کنند و یقیناً این امر در بهبود فعالیت کشاورزی در زمینه‌هایی از قبیل بذرهای اصلاح شده، خدمات مکانیزه، توزیع آب و مدیریت بهینه زمین‌های کشاورزی، مفید واقع می‌گردد. در این زمینه پیشنهاد می‌گردد که مناطق دارای تناسب بالا (S₁, S₂)، با در نظر گرفتن نتایج این پژوهش و شرایط محلی به‌عنوان مناطق جدید کشت برنج در نظر گرفته شوند.

با توجه به تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته در مرحله قبل و بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

- توپوگرافی منطقه تأثیر بسزایی در توزیع فضایی کلاس‌ها دارد. منطبق بودن کلاس‌های S₁ و S₂ بزرگ عوارض هیدرولوژیکی (به خصوص رودخانه قزل اوزن) تأییدی بر این مدعاست.

- با توجه به نقشه شاخص‌های اقلیمی، مناطق شمالی استان برای کشت برنج‌های دیررس و مناطق

همانطوری که مشاهده می‌گردد در نقشه اولیه از توزیع فضایی کلاس کاملاً متناسب (S₁)، ۱۰٪ و از کلاس S₂، ۳۱/۲۱٪ با گروه زراعت آبی تطابق ندارد؛ این مقادیر در نقشه نهایی به ترتیب ۱/۴ و ۲۱ درصد مساحت دو کلاس را شامل گردیده و نشان دهنده افزایش دقت مدل‌سازی با ورود شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی است.

نتیجه‌گیری

نظر به رشد سریع جمعیت و توسعه شهرها که عوامل موثری در محدود شدن زمین برای کشاورزی به شمار می‌آیند، نیاز به استفاده بهینه از اراضی بیش از هر زمان دیگری احساس می‌گردد. کشاورزی پایدار در صورتی تحقق می‌یابد که اراضی بر حسب تناسب برای انواع مختلف کاربری‌ها طبقه‌بندی و مورد بهره‌برداری قرار گیرند. در این راستا پراکندگی فضایی اراضی استان زنجان در کلاس‌های مختلف برای کشت محصول برنجبا استفاده از قابلیت‌های ترکیبی GIS و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بر اساس مدل فائو به‌دست آمد.

از نقاط قوت پژوهش حاضر نسبت به پژوهش‌های پیشین مبتنی بر مدل فائو می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: (۱) با استفاده از روش‌های MCDM معیارها و متغیرهای مورد استفاده با وزن مخصوص بخود در خروجی تأثیر داشته‌اند. (۲) در این پژوهش بر خلاف مطالعات پیشین، نتایج به دست آمده در شش کلاس طبقه‌بندی شد؛ زیرا وجود محدودیت‌ها در برخی از مناطق، فرصت اجرایی شدن بعضی از اقدام‌ها را نمی‌دهند. (۳) مدل ارائه شده در این روش باعث تسهیل بازنگری در طرح‌های مرتبط با تناسب اراضی با توجه به مکان طرح‌ها، می‌گردد. (۴) همچنین مدل فوق یک راهنمای علمی و عملی برای تخصیص اراضی برای انواع کاربری‌هاست.

تخصیص مدل کشت چند محصولی در میان مجموعه‌ای از نواحی جغرافیایی از پیش تعیین شده در مقابل تخصیص مدل کشت تک محصولی، برای مطالعات آینده در زمینه ارزیابی تناسب اراضی، پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از اساتید گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه‌های تربیت مدرس و تهران به جهت راهنمایی‌های ارزنده‌شان و همچنین داوران محترم که با ارائه نظرات ارزشمند خود موجب ارتقای این مقاله شدند، تقدیر و تشکر به عمل آورند.

جنوبی برای کشت برنج‌های زودرس دارای تناسب بالایی هستند.

- شهرستان‌های شمالی استان در شاخص‌های اقلیمی و شهرستان‌های جنوبی استان در شاخص‌های اجتماعی - اقتصادی از پتانسیل بالایی برخوردارند.

- از مشکلات کشت برنج در استان زنجان منطبق بودن فصل رشد با فصل تابستان و در نتیجه کمبود بارش است. با توجه به اینکه رخداد بارش امری طبیعی و غیر قابل کنترل است، باید با اتخاذ تدابیری از جمله کاهش رواناب سطحی، ذخیره آب و برنامه‌ریزی جهت کشت گونه‌های مناسب با رژیم بارش منطقه، میزان کارایی زمینهای کشاورزی در منطقه را افزایش داد.

- با افزایش جمعیت و بالطبع افزایش نیاز به محصولات کشاورزی در آینده، پهنه‌های دارای تناسب N_1 و S_3 می‌توانند با انجام فعالیت‌های بهسازی، مورد بهره‌برداری قرار گیرند.

- ضعف بهره‌برداری به شیوه کشت سنتی به‌عنوان موانعی در جهت استفاده از پتانسیل‌های اجتماعی و اقتصادی استان در جهت افزایش عملکرد برنج در واحد سطح عمل می‌نمایند.

- کمبود منابع آب و شوری خاک از مهمترین محدودیت‌های کشت برنج در برخی مناطق استان هستند.

- از مهمترین کاربرد ترکیب سیستم اطلاعات مکانیو روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، تعیین میزان مناسب کاربری‌های مختلف برای هر واحد مکانی است.

منابع

- اتاق بازرگانی تهران، (۱۳۹۱)، آمار کل واردات و صادرات، برنج، www.tccim.ir، تاریخ دسترسی به سایت: ۱۳۹۱/۶/۱۱.
- ایوبی، شمس‌الله؛ گیوی، جواد؛ جلالیان، احمد؛ امینی، امیرمظفر، (۱۳۸۱)، ارزیابی کمی تناسب اراضی منطقه برآن شمالی (اصفهان) برای کشت گندم، جو، ذرت و برنج، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ج ۶، ش ۳، صص ۱۰۵-۱۱۸.
- بامری، مجید؛ بهرامی، حسینعلی؛ مسیح آبادی، محمد حسن، (۱۳۸۲)، ارزیابی کیفی تناسب اراضی دشت چاه شور ایرانشهر برای کشت آبی گندم، جو و یونجه، مجله علوم خاک و آب، ج ۱۷، ش ۲، صص ۱۹۰-۲۰۰.
- پور نصیر، فاطمه، (۱۳۸۴)، امکان سنجی کشت برنج در استان لرستان با تأکید بر پارامترهای اقلیمی، فرج زاده، منوچهر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، گروه اقلیم شناسی.
- جهاد کشاورزی استان زنجان، ۱۳۹۳، آمار و اطلاعات، www.zanjan.agri-jahad.ir، تاریخ دسترسی به سایت: ۱۳۹۱/۵/۱۵.
- دشتی، قادر؛ جوادی، اکرم؛ عارف عشقی، طراوت، (۱۳۸۹)، تعیین ارزش اقتصادی زمین و نیروی کار خانوادگی در تولید برنج (مطالعه موردی: شهرستان رشت)، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ج ۲۴، ش ۴، صص ۴۳۹-۴۳۳.
- سرمدیان، فریدون؛ مروج، کامران؛ محمودی، شهلا؛ ابراهیمی خممامی، سیدمحمدرضا، (۱۳۸۲)، مطالعه تناسب اراضی برای محصولات تحت آبیاری با استفاده از سنجش از دور وسامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در منطقه ورامین، مجله علوم کشاورزی ایران، ج ۳۴، ش ۴، صص ۸۹۹-۹۱۲.
- سلیمانی، حسین، (۱۳۹۱)، مدل سازی تناسب اراضی برای گندم دیم با استفاده از منطق فازی و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (مطالعه موردی: شهرستان میانه)، طالعی، محمد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی.
- سلیمانی، حسین؛ فرج زاده، منوچهر؛ کرمی، جلال، (۱۳۹۳)، ارزیابی تناسب اراضی جهت استقرار مزارع بادی با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و GIS (مطالعه موردی: آذربایجان شرقی)، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، س ۲۵، ش ۳، صص ۴۲-۲۱.
- شاهرخ، وجیهه؛ ایوبی، شمس‌الله؛ جلالیان، احمد، (۱۳۹۰)، ارزیابی کیفی، کمی و اقتصادی تناسب اراضی و بررسی عواقب محیطی کشت آبی گندم و برنج بر اراضی منطقه زرین شهر و مبارکه (اصفهان)، مجله پژوهش‌هایی حفاظت آب و خاک، ج ۱۸، ش ۳، صص ۳۷-۶۰.
- ضیائیان فیروزآبادی، پرویز؛ خالدی، شهریار؛ خندان، سکینه؛ علیزاده، انوش، (۱۳۸۹)، پهنه‌بندی

برای گندم، چغندر قند و یونجه به روش پارامتریک در اراضی پیرانشهر، مجله علوم خاک و آب، ج ۱۶، ش ۱، صص ۸۳-۹۴.
کوچکی، علیرضا؛ دهقانیان، سیاوش؛ کلاهی اهری، علی، (۱۳۸۴)، مقدمه ای بر جغرافیای کشاورزی، دانشگاه فردوسی، چاپ سوم، مشهد، ۳۰۴ صفحه.

وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۱، آمار نامه کشاورزی سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۹، www.agri-jahad.ir تاریخ دسترسی به سایت: ۱۳۹۱/۶/۱۰.

Burrough P A., R. A. MacMillan., W. Van

Deursen. (1992). Fuzzy classification methods for determining land suitability from soil profile observations and topography, Journal of Soil Science. Vol 43: 193-210.

Dengiz, O. (2013). Land suitability assessment for rice cultivation based on GIS modeling, Agriculture and Forestry, Vol37: 326-334.

Embretchts, J; C, Sys, (1988), Physical land evaluation. Using a parametric method application to oil palm in north Sumatra, Indonesia, Soil Survey and Evaluation, Vol 8: 111-122.

FAO, 2012, Food supply, Rice, faostat3.fao.org, Received: 1/9/2012.

FAO. (1976). A Framework for Land Evaluation. Soil Bulletin, FAO Rome. Vol 32.

Hwang, C. L. and Yoon, K. (1981), Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications, Berlin: Springer.

Kuria, D., D. Ngari., E. Waithaka. (2011). Using geographic information systems (GIS) to determine land suitability for rice crop growing in the Tana delta, Journal of

آگروکلیمایی مرکبات در استان لرستان با استفاده از مدل همپوشانی شاخص و منطق فازی و مقایسه مدل‌ها، فصلنامه جغرافیایی آمایش، س ۳، ش ۸، صص ۲۱-۵۵.

عالم تبریز، اکبر؛ باقرزاده آذر، محمد، (۱۳۸۸)، تلفیق ANP فازی و TOPSIS تعدیل شده برای گزینش تأمین کننده راهبردی، پژوهش‌های مدیریت، ش ۳، صص ۱۸۱-۱۴۹.

عبدالعلی، شهرام؛ عباسعلی، دماوندی؛ احمد، لندی، (۱۳۸۴)، ارزیابی تناسب اراضی بر روی محصولات یونجه و سیب‌زمینی در منطقه ابهر به روش پارامتریک، نهمین کنگره علوم خاک ایران، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، تهران.

فرج زاده، منوچهر؛ تکلوییغش، عباس، (۱۳۸۰)، ناحیه بندی آگروکلیمایی استان همدان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی با تأکید بر گندم دیم. پژوهش‌های جغرافیایی، ش ۴۱، صص ۹۳-۱۰۵.

فرج زاده، منوچهر؛ میرزا بیاتی، رضا، (۱۳۸۶)، امکان سنجی نواحی مستعد کشت زعفران در دشت نیشابور با استفاده از GIS، فصلنامه مدرس علوم انسانی-برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره ۱۱، ش ۱، صص ۶۷-۹۱.

قائمیان، نادر؛ برزگر، عبدالرحمن؛ محمودی، شهلا؛ عماری، پرویز، (۱۳۸۱)، ارزیابی تناسب اراضی

- Sharma, D. K., R. Jana., A. Gaur. (2007). Fuzzy goal programming for agricultural land allocation problems, Yugoslav Journal of Operations Research. Vol 17(1): 31-42.
- Shih, SH.H., H.J. Shyr., E.S. Lee. (2007). An extension of TOPSIS for group decision making, Mathematical and Computer Modelling. 45: 801-813
- Yang K., T. Koike., B. Ye. (2006). Improving estimation of hourly, daily, and monthly solar radiation by importing global data sets, Agricultural and Forest Meteorology. Vol 137: 43-55.
- Young, A. and P. F. Goldsmith. 1977. Soil survey and land evaluation in developing countries. A case study in Malawi. Geograph. J. Vol 143: 407-438.
- Geography and Regional Planning. Vol. 4(9): 525-532.
- Lafleur, J.M. (2011). Probabilistic AHP and TOPSIS for Multi-Attribute Decision-Making under Uncertainty, IEEE.
- Malczewski, J. (1999). Gis and Multi criteria Decision Analysis, John Wiley & Sons, USA.
- Perveen, F., R. Nagasawa. (2007). Crop land suitability analysis using a multicriteria evaluation & Gis approach, 5th International Symposium on Digital Earth. Berkley. pp. 27-42.
- Prakash, T. (2003). Land suitability analysis for agricultural crops: a fuzzy multicriteria decision making approach. M.Sc. Thesis, ITC, Enscheda, the Netherland.
- 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. Vol 101: 101-109
- Saaty, T.L. (1980). The analytic hierarchy process, McGraw-Hill. New York.
- Samanta, S., P. Babita., P. D. Kumar. (2011). Land Suitability Analysis for Rice Cultivation Based on Multi-Criteria Decision Approach through GIS, Int. J Sci. Emerging Tech. Vol 2(1): 12-20.