مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی) جلد 37 شماره 1، تابستان 1393

ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در منطقه زرین شهر و مبارکه (اصفهان)

وجیهه شاهرخ[1*] و شمس اله ایوبی[2]

1*- **نویسنده مسوول**: دانشجوی دکتری خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان (v.shahrokh@yahoo.com)
2- دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: 1392/09/07 تاریخ پذیرش:1393/02/03

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی تناسب اراضی منطقه زرین‌شهر و مبارکه واقع در غرب اصفهان به روش تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) برای کاربری‌های مهم منطقه انجام گرفت. برای انجام ارزیابی، ابتدا ساختار سلسله مراتبی متشکل از هدف، معیار، زیرمعیار و گزینه ایجاد شد. هدف، تعیین اولویت کاربری در هر واحد اراضی (32 واحد)، معیارها شامل تناسب خاک، تناسب اقلیم، سودآوری ناخالص، فاصله تا بازار فروش، دسترسی به شبکه آب، عواقب محیطی فیزیکی و عواقب محیطی شیمیایی و گزینه‌ها نیز عبارت از کشت گندم و کشت برنج بود. برای انجام مطالعات در منطقه به روش نظارت شده در واحدهای خاک با دانش کارشناسی، 39 خاک‌رخ تشریح و معیارها بررسی گردید. با استفاده از پرسشنامه‌های تکمیل شده (30 پرسشنامه) توسط کارشناسان و نرم‌افزار Expert Choice 2000، وزن-های همه فاکتورها محاسبه شد؛ سپس با ضرب مقادیر واقعی استاندارد شده همه معیارها و زیرمعیارها در وزن‌های محاسبه شده، وزن نهایی هر یک از کاربری‌ها مشخص شد. نتایج نشان داد که حداکثر شاخص اراضی برای گندم در واحد 3-2 به میزان 77/4 و حداقل این شاخص در واحد 9-4 و به میزان 18/86 بود. بیشترین و کمترین مقدار شاخص اراضی برای برنج نیز به ترتیب 26/85 (در واحد 10-4) و 7/43 (در واحد 11-4) محاسبه گردید. بیشترین و کمترین وزن به ترتیب متعلق به معیار تناسب اقلیم و معیار فاصله تا بازار فروش با نرخ ناسازگاری 0/09 بود. نتایج این روش نشان داد که در همه واحدهای اراضی اولویت کاربری با کشت گندم می‌باشد.

کلید واژه‌ها: ارزیابی اراضی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، گندم و برنج، زرین‌شهر و مبارکه

مقدمه

از دیرباز و از زمان حضور بشر بر روی کره خاکی تا کنون استفاده از زمین به طور دائم در تغییر بوده است. بشر با تغییر در احتیاجات خود، در نحوه استفاده از زمین نیز تغییر ایجاد کرده است (محنت کش، 1378). برای حفظ منابع جهت استفاده نسل‌های آینده باید بین استعداد ذاتی و بهره‌برداری از آن توازنی برقرار باشد که این توازن از طریق ارزیابی تناسب اراضی میسر می گردد (بازگیر، 1378). ارزیابی تناسب اراضی درجه سازگاری و مطابقت مشخصات اراضی را با احتیاجات نوع به خصوصی از بهره‌وری تعیین می‌کند و اراضی یک منطقه بر حسب درجه تناسب آنها برای انواع استفاده‌های پیش‌بینی شده به قسمت‌های مختلف گروه‌بندی می‌شوند (مهاجر شجاعی، 1363).

چنانچه ارزیابی تناسب یا استعداد زمین به صورت یک مسأله تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه مطرح شود، الگویی برای کاربری زمین مهیا می‌کند که مناقشات را به حداقل می‌رساند و نظرات دست‌اندرکاران را نیز تا حد زیادی ملحوظ می‌کند. برای ارزیابی تناسب زمین و تحلیل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری، روش‌ها و مدل‌های متعددی توسعه یافته است (کرم، 1384). یکی از این تکنیک‌ها، تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[1] می‌باشد. این تکنیک برای اولین بار توسط توماس ال ساعتی[2] در سال 1980 مطرح شد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی‌معیارها و زیرمعیارها را دارد. این فرآیند همچنین بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید و میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که خود از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با تجزیه مسائل مشکل و پیچیده، آنها را به شکلی ساده تبدیل کرده و به حل آنها می‌پردازد (قدسی پور، 1379).

این تکنیک که کاربرد وسیعی در عرصه علوم زمین و برنامه‌ریزی فضا و محیط دارد. اخیراً به وسیله محققان مختلف در ارزیابی‌ها و برنامه‌ریزی‌ها نیز مورد استفاده قرار گرفته است (کرم، 1387).

در منطقه هونان چین از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی برای ارزیابی کیفیت اکولوژی-محیط استفاده شد. در این تحقیق، هر یک از اوزان عناصر ارزیابی به وسیله فرآیند تحلیل سلسله مراتبی پس از برقراری واحدها و شاخص‌های ارزیابی انتخابی، تعیین شد (ینگ و همکاران، 2007)[3]. آنادا و هراس(2007)[4]در انتخاب بهترین کاربری اراضی برای جنگل وترکیب اولویت‌های سهامداری از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در استرالیا استفاده نمودند. برای ارزیابی اراضی مناطق کشاورزی در این مطالعه واقع درهانوی ژاپن، تلفیق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی به کار گرفته شد. فاکتورهای مهم مؤثر در کشاورزی حاشیه شهری شامل آنالیز داده‌های خاک، کاربری اراضی، منابع آب، شبکه راه‌ها و بازار است (تاپا و موراياما[5]، 2007). تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و مدل فازی برای تعیین شاخص‌های وزنی سیستم‌های کشاورزی در منطقه هوبی چین استفاده گردید. طبق این آنالیزها مشکلات هر منطقه بررسی و راه حل‌هایی برای رسیدن به اوج سود اقتصادی، اجتماعی، اکولوژیکی و مدیریت اکوسیستم ها به دست آمد (لی و همکاران[6]، 2005). در زیر حوزه قره سو رودخانه کرخه، برای گسترش آبیاری از روش ارزیابی چند معیاره فازی و GIS استفاده نمودند. تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مانند رتبه-بندی و درجه‌دهی و غیره برای آنالیز تناسب به کار برده شد (ابریشم چی و همکاران[7]، 2008). در پژوهشی در سال 2008 با استفاده از آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی، مدل تغییر کاربری اراضی که تلفیقی از مدل‌های تناسب و سازشی است، به دست آمد (بختیاری فر و همکاران[8] ، 2008). سرور (1383) برای مکان‌یابی جهت توسعه آتی شهر میاندوآب از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی کمک گرفت.

از آنجایی که مطالعات ارزیابی و تعیین کاربری اراضی از اهمیت خاصی برخوردار است، پژوهش حاضر با هدف انتخاب بهترین کاربری از بین کاربری‌های موجود شامل کشت آبی گندم و برنج با استفاده از تکنیک AHP دراراضی منطقه زرین شهر و مبارکه واقع در استان اصفهان انجام گردید.

1- Analytical Hierarchy Process (AHP)
2- Saaty
3- Ying *et al.*
4- Anada and Herath

5- Tapha and Murayama
6- Li *et al.*
7- Abrishamchi *et al*
8- Bakhtiarifar *et al*

مواد و روش ها

توصیف منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب غرب اصفهان، بین منطقه سده لنجان و فلاورجان به وسعت حدود 10000 هکتار، در محدوده 51 درجه و 15 دقیقه تا 53 درجه و 33 دقیقه طول جغرافیایی و 32 درجه و 18 دقیقه تا 33 درجه و 25 دقیقه عرض جغرافیایی واقع شده است (شکل 1). این منطقه دارای رژیم حرارتی ترمیک و رژیم رطوبتی اریدیک و اکوئیک می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه درآن 160 میلیمتر، میانگین رطوبت نسبی 28 درصد، میانگین حداکثر درجه حرارت سالانه 22/1 درجه سانتیگراد، میانگین حداقل درجه حرارت سالانه 3/9 درجه سانتیگراد، متوسط درجه حرارت 15/3 درجه سانتیگراد و تعداد روزهای یخبندان 93 روز می‌باشد. کاربری‌های مختلف اراضی در منطقه شامل کشاورزی (عمدتاً کشت گندم و برنج)، شهری، صنعتی و زمین‌های بایر و کشت نشده می‌باشد.

جمع آوری اطلاعات

در این مطالعه، واحدهای نقشه خاک به عنوان واحدهای اراضی در نظر گرفته شدند؛ از این‌رو مطالعات ارزیابی تناسب اراضی بر پایه مطالعات خاکشناسی است (شاه‌نظرپور، 1388). در سال 1353 مطالعات تفصیلی خاکشناسی منطقه مورد مطالعه انجام و سری‌های خاک در منطقه تعیین شده‌اند؛ اما به دلیل تغییر شرایط و کشاورزی فشرده و تغییر کاربری کشاورزی به مسکونی، سری‌های موجود قابل استفاده نمی‌باشند. بنابراین از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس 1/25000 تهیه شده در سال 1370 استفاده گردید و با استفاده از نرم‌افزار ILWIS نقشه خاک قدیمی بر روی این نقشه توپوگرافی منتقل و محدوده جغرافیایی اجزاء واحد خاک بر روی آن مشخص گردید. با توجه به استانداردهای فنی برای به هنگام‌سازی اطلاعات موجود، تعداد 39 گودال حفر و خاک‌رخ آنها (در هر واحد حداقل یک خاک‌رخ) تشریح گردید. انتخاب محل خاک‌رخ‌ها به صورت کارشناسی شده و در زمین‌های زراعی بود. براساس نقشه خاک به هنگام‌شده، تعداد 32 واحد نقشه خاک (واحد اراضی) در منطقه مطالعاتی موجود است (شکل2). نتایج مطالعات خاکشناسی نشان داد که در این منطقه خاک‌ها در 2 رده و در نهایت در 5 فامیل قرار گرفته‌اند که نتایج رده‌بندی در جدول 1 ارائه شده است. بر روی نمونه‌های جمع‌آوری شده از افق‌های متفاوت خاک‌رخ‌ها آزمایشات فیزیکی (اندازه‌گیری میانگین وزنی قطر خاکدانه، وزن مخصوص ظاهری، بافت) و شیمیایی (اندازه‌گیری میزان شوری، فسفر، کادمیم، pH، ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد سدیم تبادلی و کربنات کلسیم معادل، درصد گچ و آهک) و تعیین ساختمان و عمق خاک انجام گردید. در مرحله گردآوری اطلاعات اقتصادی و اجتماعی، آمار اقتصادی جمع‌آوری شده از مزارع مبنای مطالعه بوده است. براساس نوع نهاده‌های مصرفی برای تولید محصولات مختلف، پرسشنامه ویژه‌ای به تعداد 69 فرم شامل نوع نهاده و قیمت آن تهیه و با اطلاعات زارعین تکمیل گردید. در این مطالعات از اطلاعات مدیریت‌های جهاد کشاورزی زرین-شهر و اصفهان نیز استفاده شد. اطلاعات لازم از سطح سفره آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان دریافت گردید.

پردازش داده‌ها

در این مطالعه براساس هدف مورد بررسی 7 معیار به شرح زیر انتخاب شد: تناسب خاک، تناسب اقلیم، سودآوری ناخالص، فاصله تا بازار فروش، دسترسی به شبکه آب، عواقب زیست محیطی فیزیکی و عواقب زیست محیطی شیمیایی. برای محاسبه شاخص تناسب خاک از خصوصیات خاک و اراضی برای هر کاربری با توجه به دستورالعمل فائو و روش پارامتریک (معادله 1) استفاده شد (سایس و همکاران[1]، 1991)

1- Sys *et al*

معادله (1)

$$I = R_{\min}\sqrt{\frac{A\times B\times\cdots}{100}}$$

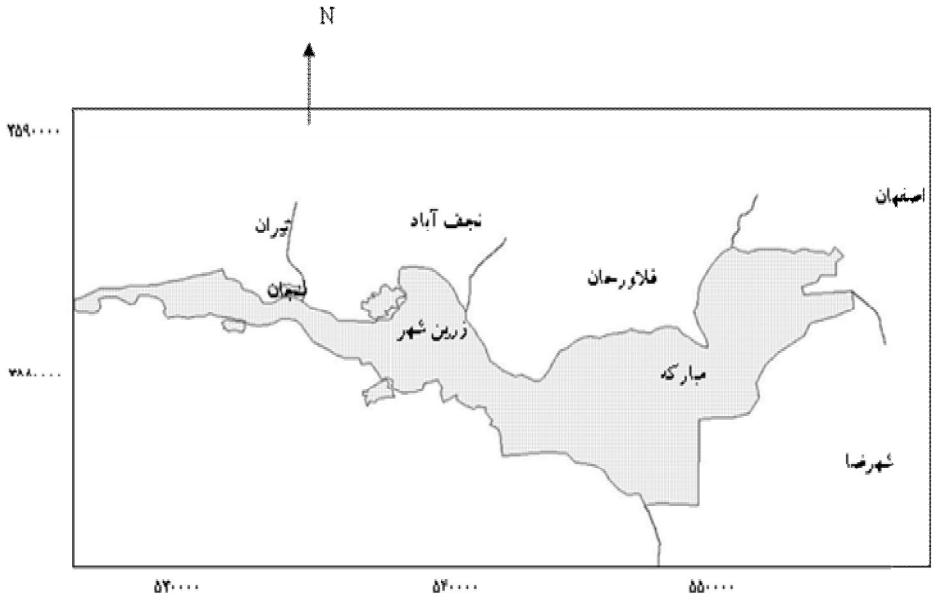
که در این معادله:

I= اندیس یا شاخص

Rmin= حداقل درجه مربوط به خصوصیات مختلف است و , A, B... =درجات خصوصیات دیگر غیر از خصوصیت با درجه حداقل

این خصوصیات شامل درجه شیب، وضعیت رطوبتی خاک (عمق آب زیرزمینی)، ویژگی‌های فیزیکی (بافت، درصد حجمی سنگریزه سطحی و عمق خاک) و شیمیایی خاک (درصد آهک، درصد گچ، pH، ECe و ESP) با توجه به نیازهای هر محصول در هر واحد اراضی می‌باشند. برای تعیین شیب از نرم‌افزارهای ArcView و ArcGIS استفاده گردید. درجه شیب در اکثر واحدهای اراضی به طور متوسط حدود 3 درجه به دست آمد. خصوصیات اقلیمی در چهار گروه نزولات جوی، حرارت، رطوبت نسبی و تابش خورشیدی قرار می‌گیرند. برای ارزیابی هر خصوصیت اقلیمی، مقدار آن در دوره مربوطه با استفاده از آمار هواشناسی محاسبه شده و با جداول نیازها، مقایسه و درجه آن تعیین شد. درجات خصوصیات اقلیمی به وسیله روش پارامتریک و با استفاده از معادله ریشه دوم تلفیق گردید و شاخص اقلیمی محاسبه شد. سپس درجه و کلاس اقلیم نیز برای گندم و برنج تعیین گردید.

برای هر کاربری مورد نظر و در هر واحد، اراضی شاخص اراضی با استفاده از روش پارامتریک تعیین گردید و پس از آن با استفاده از جدول 2 کلاس ارزیابی کیفی تناسب اراضی مشخص شد.



شکل 1- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جدول 1- رده‌بندی خاک‌های منطقه مورد مطالعه در سیستم طبقه‌بندی خاک آمریکایی و فائو

سری خاک	رده بندی بر اساس طبقه بندی خاک آمریکایی	رده بندی بر اساس WRB (2007)
زاینده رود	Coarse-Loamy, Mixed, Active, Thermic Typic Torriorthents	Calcaric Fluvisols
لنجان	Fine-Loamy, Mixed, Active, Thermic Fluventic Haplocambids	Calcaric Cambisols
گلشهر	Clayey, Carbonatic, Thermic Typic Calcigypsids	Calcic Gypsisols
خمینی شهر	Fine, Mixed, Semiactive, Thermic Typic Haplocalcids	Haplic Calcisols

جدول 2- مقادیر شاخص اراضی در کلاس‌های تناسب اراضی

شاخص اراضی	کلاس تناسب
75-100	S1: خیلی مناسب
50-75	S2: تناسب متوسط
25-50	S3: تناسب بحرانی
12/5-25	N1: نامناسب در شرایط فعلی
0-12/5	N2: نامناسب دائمی

درنهایت برای ترسیم نقشه تناسب کیفی اراضی از نرم‌افزار ArcGIS استفاده گردید.

برای ارزیابی کمّی، ارتباط ریاضی بین شاخص اراضی و تولید مشاهده شده در هر واحد اراضی محاسبه گردید. مقادیر ضریب تشخیص روابط رگرسیونی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشند. این بدان معنی است که می‌توان معادلات به دست آمده را برای تعیین تولید برآورد شده در هر واحد اراضی به کار برد. حدود کلاس‌های کمّی تناسب اراضی براساس دستورالعمل فائو محاسبه گردید.

معادله (2)

هزینه‌های متغیر - (عملکرد × قیمت) = سود ناخالص

دسترسی به شبکه آب و فاصله تا بازار فروش به ترتیب توسط نزدیکی به رودخانه و چاه‌های آب و بازارهای بزرگ و عمده در منطقه محاسبه گردیدند. عواقب زیست محیطی فیزیکی با اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری، هدررفت عمقی آب آبیاری و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در هر واحد و کاربری به دست آمد. عواقب زیست محیطی شیمیایی با استفاده از شوری، غلظت فسفر و کادمیم در نمونه‌های خاک سطحی هر واحد اراضی محاسبه شد.

به منظور تعیین معیارهای تشکیل‌دهنده ساختار سلسله مراتبی از تلفیق معیارهای مؤثر در تعیین اولویت کاربری

استفاده شد. پس از تشکیل ساختار سلسله مراتبی برای تعیین وزن هر عنصر تصمیم‌گیری، مقایسه دو به دوی هر سطح از عناصر صورت گرفت.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

در این مرحله از مطالعه، برای تعیین اهمیت نسبی فاکتورهای مؤثر در تعیین اولویت کاربری در هر واحد اراضی از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. در این مطالعه گروه‌های تصمیم‌ساز شامل کارشناسان مجرب جهاد کشاورزی اصفهان و زرین‌شهر و اساتید دانشگاه صنعتی اصفهان در زمینه علوم خاک، آب، توسعه و ترویج آموزش کشاورزی بودند که از منطقه و محصولات مورد مطالعه شناخت کافی داشتند.

بدین ترتیب ساختار سلسله مراتبی در قالب پرسشنامه‌ای مدون شد و توسط گروه‌های تصمیم‌ساز تکمیل گردید. پرسشنامه شامل مقایسات زوجی معیارهای مؤثر در تعیین اولویت کاربری از دیدگاه کارشناسان و اساتید، در هر سطح از ساختار خوشه‌ای است (شکل 3):

در بالاترین سطح از ساختار سلسله مراتبی هدف مطالعه، در سطح بعد معیارهای مؤثر در تعیین اولویت کاربری اراضی و در پایین‌ترین سطح کاربری‌های مورد نظر واقع شد. ارجحیت معیارها براساس روش ساعتی (1980):

1: اهمیت هر دو عامل برابر است.

3: اهمیت یک عامل بر دیگری کم است.

5: اهمیت یک عامل بر دیگری متوسط است.

7: اهمیت یک عامل بر دیگری زیاد است.

9: اهمیت یک عامل بر دیگری بسیار زیاد است. :
اهمیت هر دو عامل برابر است.

3: اهمیت یک عامل بر دیگری کم است15: اهمیت یک عامل بر دیگری متوسط است.

7: اهمیت یک عامل بر دیگری زیاد است.

9: اهمیت یک عامل بر دیگری بسیار زیاد است.

پس از تکمیل پرسشنامه‌ها (30 پرسشنامه)، برای آنالیز آن‌ها از نرم‌افزار Expert Choice که براساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی عمل می‌کند، استفاده شد (آقایی و مازیار، 1386). بدین ترتیب برای هر معیار در هر سطح از مجموع نظرات کارشناسان و اساتید، میانگین هندسی گرفته شد و سپس میانگین‌ها به نرم‌افزار Expert Choice وارد گردید و یک جدول نهایی در هر سطح به دست آمد که این جدول اولویت‌بندی معیارها را در همان سطح نشان می‌داد. همواره در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌توان میزان سازگاری تصمیم را محاسبه نمود. در صورتی‌که شاخص ناسازگاری از 0/1 بیشتر باشد، سطح ناسازگاری مجموعه رتبه‌ها غیر قابل قبول بوده و رتبه‌بندی‌ها بایستی مجدداً تکرار گردند(آرماکوست و همکاران[1]، 1999). در نهایت نرم‌افزار از روی قضاوت‌های اصلاح شده، وزن نهایی هر گزینه را محاسبه می‌کند. گزینه‌های مورد مطالعه شامل کاربری‌های گندم، برنج می‌باشند. گزینه‌ها به صورت دو به دو با هر یک از معیارها مقایسه می‌گردند. پس از مقایسه دو به دوی معیارها و زیرمعیارها نسبت به گزینه‌های موجود، اهمیت هر یک از معیارها و زیرمعیارها برای هر گزینه به دست می‌آید. با استفاده از وزن نسبی معیارها نسبت به هدف و زیرمعیارها نسبت به معیارها و هدف، وزن نهایی گزینه‌ها به دست می‌آید. وزن نهایی هر گزینه از مجموع حاصل ضرب وزن هر معیار در وزن گزینه مربوطه از آن معیار محاسبه می‌گردد. هر گزینه‌ای که وزن بیشتری دارد، نسبت به دیگر گزینه‌ها در اولویت است و پس از آن گزینه‌های با وزن کمتر را می‌توان انتخاب کرد. پس از محاسبه وزن‌ها، اقدام به ضرب کردن این وزن‌ها در مقادیر واقعی به دست آمده از طریق آزمایش‌ها گردید. برای انجام این کار از نرم‌افزار ILWIS استفاده شد. به دلیل ناهم‌جنس بودن مقادیر واقعی هر پارامتر، این مقادیر توسط معادله 3 استاندارد گردید تا همه داده‌ها در محدوده 1-0 قرار گیرند.

1- Armacost *et al*

معادله (3)

$$X(st) = \left[\left(\frac{X - \overline{X}}{X_{\max} - X_{\min}} \right) \times 0.5 \right] + 0.5$$

X (st): مقدار داده استاندارد شده

X : مقدار داده واقعی

$\overline{X}$: مقدار میانگین داده‌های مربوط به هر فاکتور مورد آزمایش

Xmax : بیشترین مقدار داده مربوط به هر فاکتور مورد آزمایش

Xmin : کمترین مقدار داده مربوط به هر فاکتور مورد آزمایش

برای انجام ارزیابی اراضی جهت کشت گندم و برنج، وزن‌های به دست آمده از طریق نرم‌افزار Expert Choice در واحدهای مختلف را در مقادیر واقعی استاندارد شده آنها ضرب کرده و سپس تمامی معیارها به وسیله نرم‌افزار ILWIS با هم جمع گردیدند (معادله 4). برای محاسبه فاصله هر واحد اراضی تا بازار فروش و شبکه آب و همچنین به دست آوردن سطح سفره آب زیرزمینی نیز از این نرم‌افزار استفاده شد. در نهایت نقشه تناسب برای واحدهای اراضی در هر کاربری با استفاده از نرم افزار Arc GIS ترسیم گردید.

معادله 4

(تناسب محصول)= وزن معیار تناسب خاک (+) وزن معیار تناسب اقلیم (+) وزن معیار سودآوری ناخالص (-) وزن معیار دسترسی به شبکه آب (-) وزن معیار فاصله تا بازار فروش(-) وزن معیار عواقب محیطی فیزیکی(-) وزن معیار عواقب محیطی شیمیایی

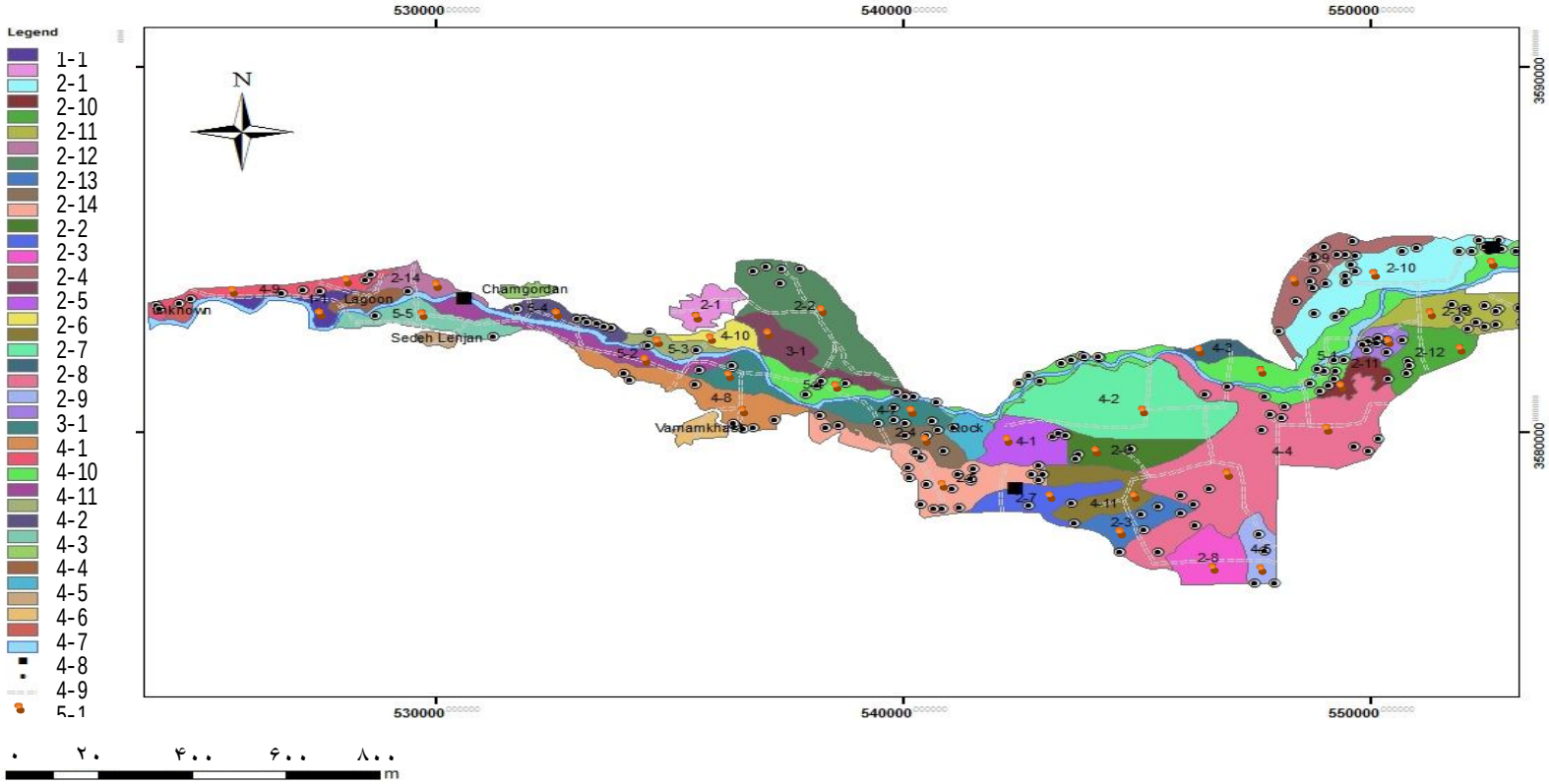
نتایج و بحث

معیارها

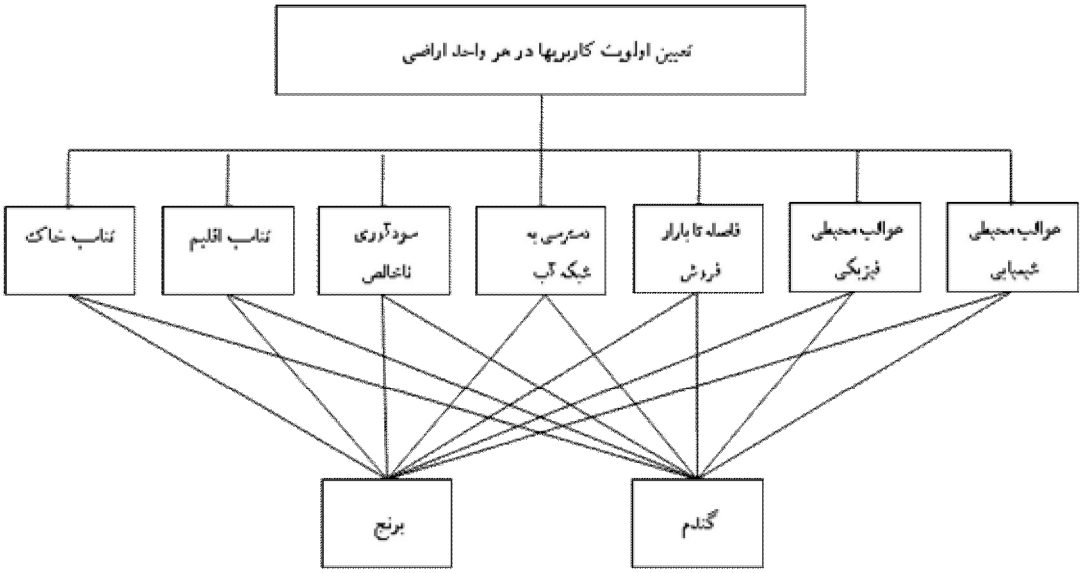
معیارهای بررسی شده شامل تناسب خاک، تناسب اقلیم، سودآوری ناخالص، فاصله تا بازار فروش، دسترسی به شبکه آب، عواقب زیست محیطی فیزیکی و عواقب زیست محیطی شیمیایی به ترتیب دارای وزن 0/228، 0/338، 0/042، 0/۰۲۴/۰،۱۵۹/۰، 0/119 و 0/09 می باشند. با توجه به نظر کارشناسان مجرب معیار تناسب اقلیم با 0/338 بیشترین نسبت را به خود نسبت داده است که این اهمیت به دلیل خشک بودن منطقه و نوسانات دمایی می‌باشد. معیار فاصله تا بازار فروش با مقدار 0/024 کمترین نسبت را به خود اختصاص داده است. نرخ ناسازگاری محاسبه شده 0/09 به دست آمد که از 0/1 کمتر و در نتیجه قابل قبول می‌باشد (ساعتی،1990؛ کانادا و همکاران[1]، 1996). اگر این نرخ از 0/1 بیشتر باشد، باید قضاوت دوباره تکرار گردد (ساعتی، 1980). در منطقه مورد مطالعه، مقدار واقعی شاخص اقلیم برای گندم و برنج به ترتیب 91/1 و 26/53 به دست آمد. شاخص اراضی واقعی برای گندم دارای حداکثر میزان 77/4 در واحد 3-2 و حداقل میزان 18/86 در واحد 9-4 و بیشترین و کمترین مقدار برای برنج نیز به ترتیب 26/85 (واحد 10-4) و 7/43 (واحد 11-4) محاسبه گردید.

در پژوهش انجام گرفته در استرالیا نرخ ناسازگاری در مقایسات زوجی معیارهای مورد مطالعه برای انتخاب بهترین مکان برای مدیریت محیط و منابع طبیعی، 0/033 محاسبه شد که نشان‌دهنده اعتبار خوب این مقایسات بود (زو و دیل، 2001)[2]. مطالعه صورت گرفته در سال 2000 ، چهار معیار شیب، ارتفاع، ضخامت لایه‌های شنی و ضخامت لایه‌های آلی را انتخاب و وزن آنها را به ترتیب 0/101، 0/041، 0/249 و 0/608 تعیین نمود (ماریونی، 2004)[3].

1- Canada *et al.*
2- Zhu and Dale
3- Marinoni



شکل 2- نقشه واحدهای اراضی و موقعیت خاک‌رخ‌ها در منطقه مورد مطالعه



شکل 3- ساختار سلسله مراتبی هدف، معیارها وگزینه‌های مورد مطالعه

زیرمعیارها

وزن‌های حاصل از مقایسه زوجی زیرمعیارهای مربوط به معیارهای دسترسی به شبکه آب، عواقب محیطی فیزیکی و عواقب محیطی شیمیایی در جدول 3 ارائه گردیده است.

با توجه به جدول 3، در میان زیرمعیارهای عواقب محیطی فیزیکی، بیشترین تأثیر سوء را زیرمعیار افزایش سطح سفره آب زیرزمینی با وزن 0/65 و کمترین اثر مخرب را کاهش میانگین وزنی قطر خاکدانه با مقدار 0/15 به خود اختصاص می‌دهند. از بین زیرمعیارهای عواقب محیطی شیمیایی، بیشترین و کمترین اثر مخرب به ترتیب مربوط به زیرمعیارهای افزایش غلظت کادمیم با وزن 0/58 و افزایش غلظت فسفر با مقدار 0/17 می‌باشد.

در بخش مقایسه زیرمعیارهای عواقب محیطی فیزیکی، بیشترین و کمترین وزن به ترتیب مربوط به افزایش سطح سفره آب زیرزمینی و کاهش میانگین وزنی قطر خاکدانه می‌باشد. در میان زیرمعیارهای عواقب محیطی شیمیایی بیشترین وکمترین وزن به ترتیب برای افزایش غلظت کادمیم و افزایش غلظت فسفر به دست آمد.

پژوهش صورت گرفته در فارس برای معیار اقتصادی: زیرمعیار تولیددهی با وزن 0/046، سودآوری با وزن 0/023، اشتغال‌زایی با وزن 0/082، برای معیار اجتماعی زیرمعیارهای کیفیت زندگی (سلامت، رفاه و غیره)، سرمایه و مشارکت به ترتیب با اوزان 0/031، 0/043، 0/07 و برای معیار اکولوژیکی زیرمعیار حفاظت محیط (تنوع زیستی، جلوگیری از گسیل و انتشار و غیره) با وزن 0/192، استفاده صحیح از منابع با0 مورد بررسی قرار گرفت (رضایی مقدم و کرمی، 2008)[1].

گزینه‌ها

نتایج حاصل از مقایسه زوجی معیارها برای گزینه-های مورد مطالعه در شکل 4 ارائه شده است.

طبق شکل 4، مؤثرترین معیارها برای کشت گندم، برنج به ترتیب تناسب اقلیم (0/34)، عواقب محیطی

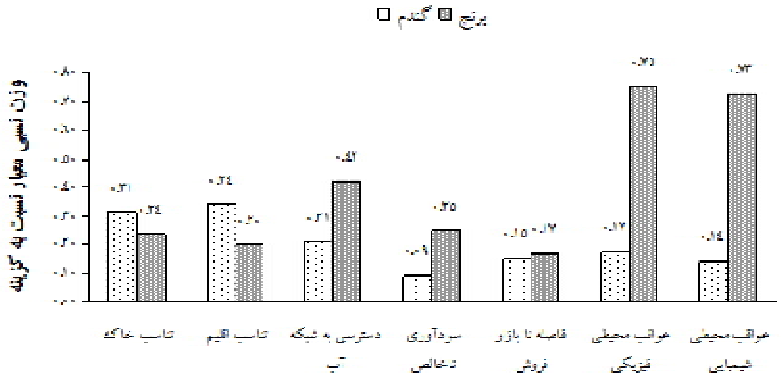
1- Rezaei-Moghaddam and Karami

فیزیکی (0/75) و کمترین اثر مربوط به معیار سودآوری ناخالص (0/09) برای گندم و فاصله تا بازار فروش (0/17) برای برنج می‌باشد.

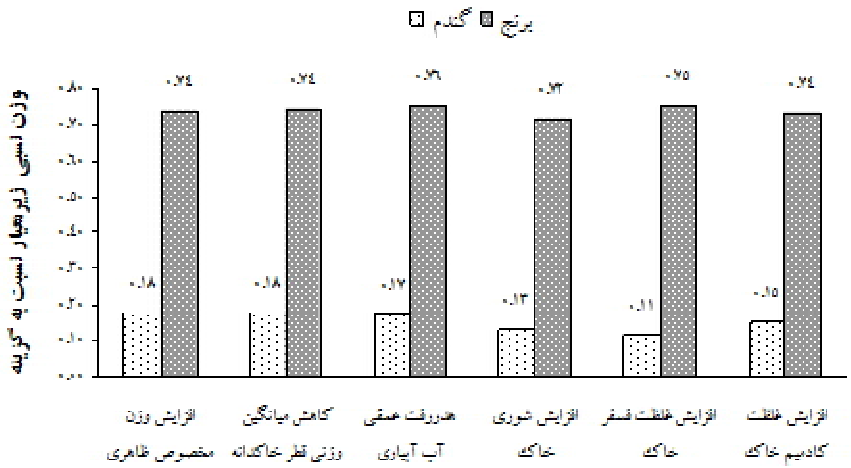
در منطقه مورد مطالعه گندم در فصل پاییز و برنج در فصل بهار کشت می‌گردد. در کشت برنج هرچند که تناسب اقلیم نیزمانند گندم اهمیت دارد؛ ولی به دلیل آبگیری دائم، اقلیم اثر کمتری نسبت به عواقب محیطی فیزیکی و متراکم شدن خاک از خود نشان می‌دهد. همان‌گونه که از شکل 5 استنتاج می‌شود، از میان فاکتورهای عواقب محیطی فیزیکی و شیمیایی بیشترین اثر سوء برای گندم مربوط به افزایش وزن مخصوص ظاهری (0/18)، هدررفت عمقی آب آبیاری (0/76) برای برنج می‌باشد. کارشناسان دلیل اهمیت بیشتر افزایش چگالی برای گندم را مدیریت زارعین و سوزاندن بقایا و چرای دام می‌دانند. هرچند که میزان بقایا نیز در گندم نسبت به برنج کمتر می‌باشد، برنج به دلیل مصرف زیاد آب باعث کاهش سطح آب می‌گردد و زیرمعیار هدررفت عمقی آب آبیاری بیشترین اثر منفی را در این محصول دارد. در کشت گندم به علت استفاده کم از کود فسفره در منطقه مورد مطالعه، کمترین تخریب ناشی از افزایش غلظت فسفر خاک (0/11) به دست آمد. دلیل کمترین اثر منفی زیرمعیار افزایش شوری خاک (0/72) برای کشت برنج در منطقه زرین شهر، استفاده کمتر از

جدول 3- مقایسه زوجی زیرمعیارها

وزن	زیرمعیار
	دسترسی به شبکه آب
0/75	رودخانه
0/24	چاه
	عواقب محیطی فیزیکی
0/2	افزایش وزن مخصوص ظاهری
0/15	کاهش میانگین وزنی قطر خاکدانه
0/65	هدررفت عمقی آب آبیاری
	عواقب محیطی شیمیایی
0/23	افزایش شوری خاک
0/17	افزایش غلظت فسفر خاک
0/58	افزایش غلظت کادمیم خاک



شکل 4- مقایسه زوجی معیارها نسبت به گزینه ها



شکل ۵- مقایسه زوجی زیر معیارها نسبت به گزینه ها

آب رودخانه و شور کمتر شناخته شد. مطالعه انجام شده در استان فارس گزینه‌های مدل برنامه‌ریزی شده بر اساس نوسازی اکولوژی (EM) و مدل برنامه‌ریزی شده بر اساس عدم نوسازی اکولوژی (DM) انتخاب شد. مدل EM دارای وزن 0/614 و مدل DM دارای وزن 0/386 بود که مدل EM به دلیل داشتن وزن بیشتر، در اولویت اول قرار دارد (رضایی مقدم و کرمی، 2008).

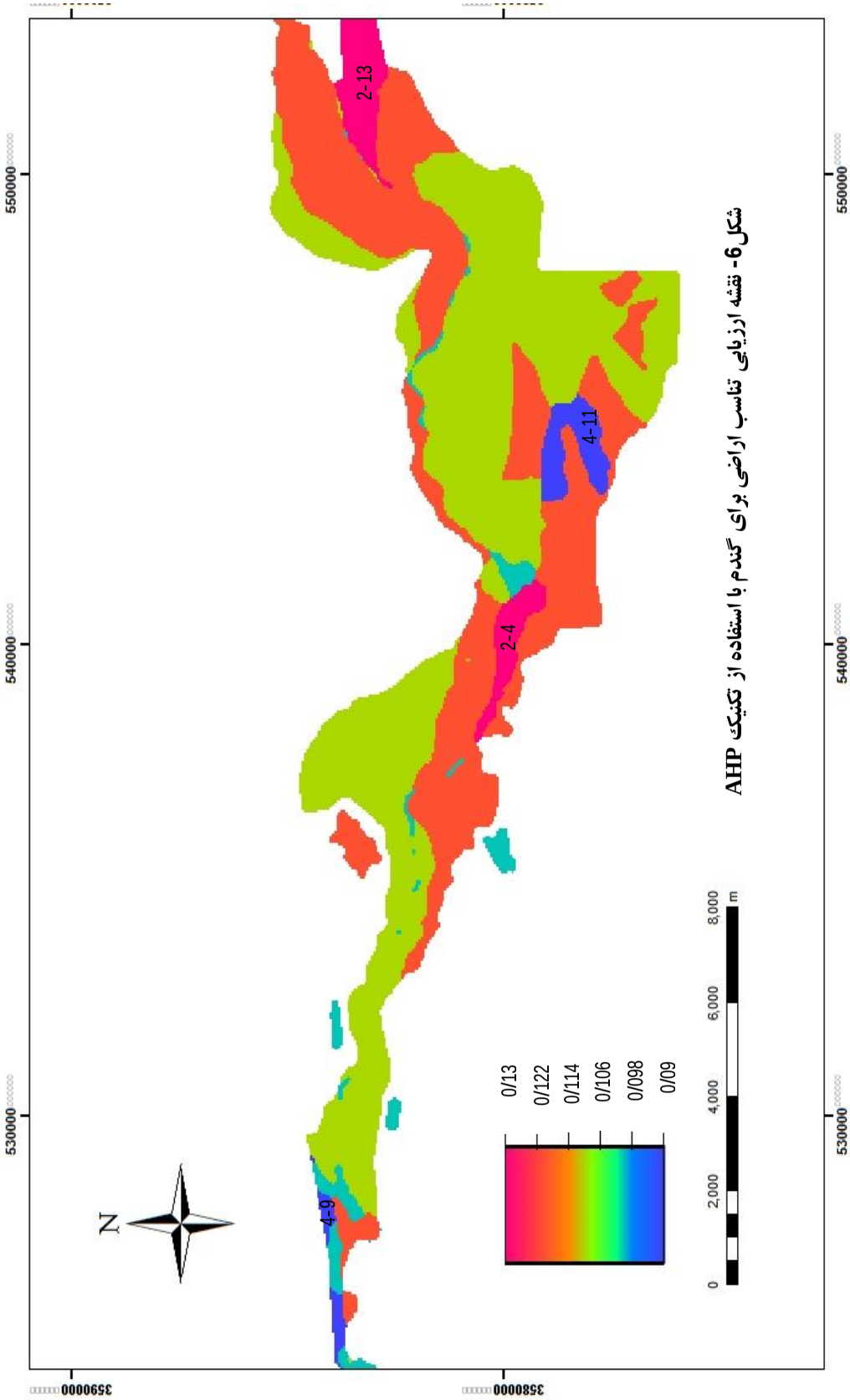
تحقیق صورت گرفته در سال 1998 چهار گزینه را مورد بررسی قرار داد که مشتمل بر اراضی کشت شده، اراضی جنگلی، اراضی ساخت و ساز شده و اراضی دارای پارک و باغ بود. محققان وزن آنها را به ترتیب 0/18، 0/42، 0/1 و 0/3 به دست آوردند. نتایج نشان داد که اولویت کاربری اراضی با اراضی جنگلی (0/42) بود و کمترین تناسب برای اراضی ساخت و ساز شده (0/1) به دست آمد (بانتایان و بیشوپ[1]، 1998).

ارزیابی واحدهای اراضی مورد مطالعه برای کشت گندم و برنج

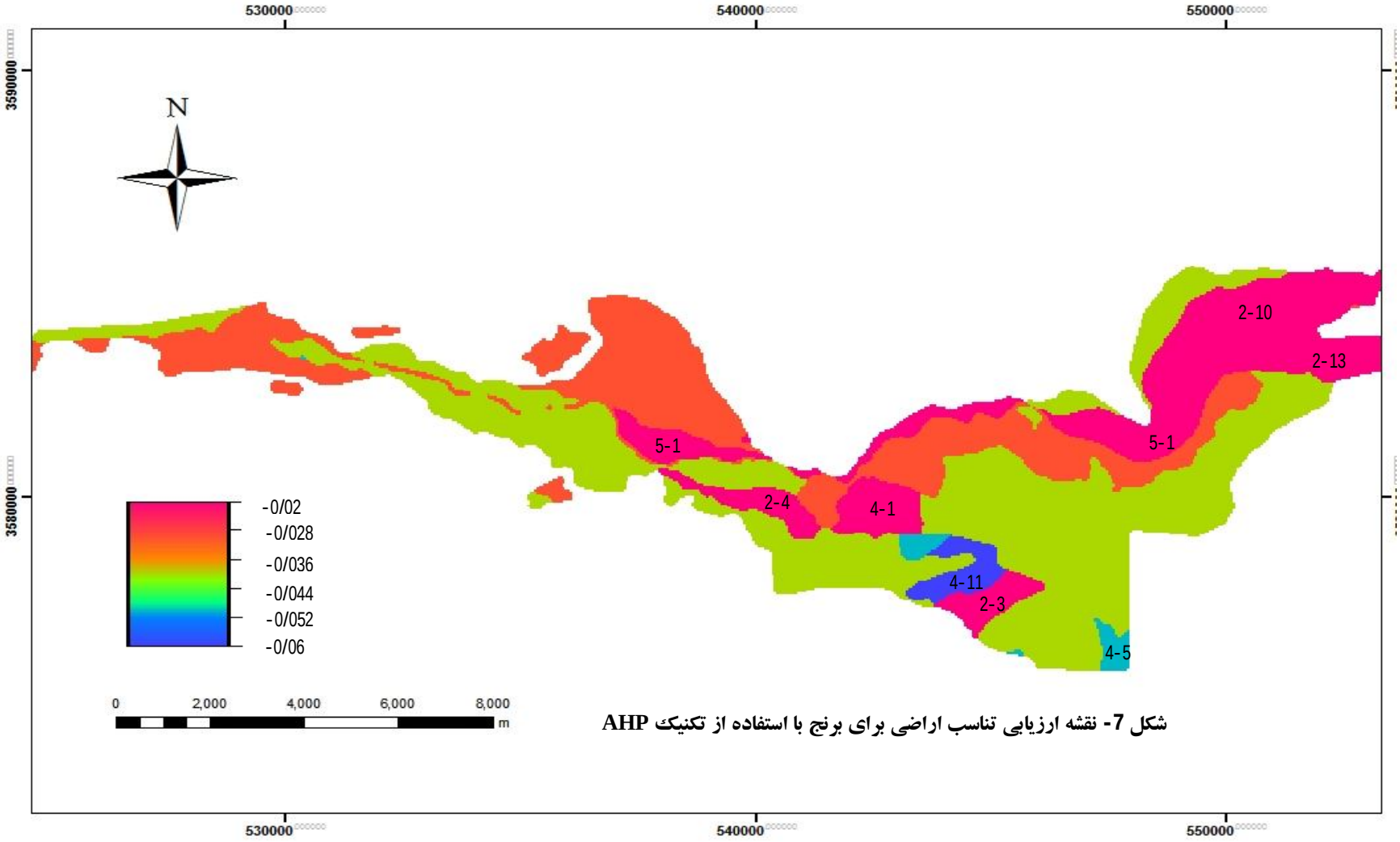
همان‌طور که در شکل 6 مشاهده می‌شود واحدهای اراضی 9-4 و 11-4 (با وزن 0/09) کمترین و واحدهای اراضی 13-2 و 4-2 (با وزن 0/13) بیشترین میزان تناسب برای گندم را نسبت به واحدهای دیگر دارا می‌باشند. تناسب کم واحدهای 9-4 و 11-4 به دلیل میزان کم معیار تناسب خاک و معیار سودآوری ناخالص و میزان زیاد معیارهای منفی عواقب محیطی فیزیکی و شیمیایی است. معیار تناسب خاک (با وزن 0/313) برای گندم از اهمیت زیادی برخوردار است. وزن معیار عواقب محیطی فیزیکی و عواقب محیطی شیمیایی برای گندم به ترتیب 0/173و 0/142 می‌باشد. واحدهای 3-2، 4-2، 10-2 و 13-2 به علت دارا بودن شاخص خاک بالا و معیارهای منفی عواقب محیطی فیزیکی و شیمیایی حداقل، از میزان بالایی از تناسب برای گندم برخوردار هستند.

طبق شکل 7 کمترین میزان تناسب برای کشت برنج (0/06-) مربوط به واحد اراضی 11-4 و بخشی از واحد 5-4 می‌باشد. در این واحدها شاخص مثبت تناسب خاک (با وزن 0/237 برای برنج) از میزان کمی برخوردار است و شاخص‌های منفی عواقب محیطی شیمیایی (0/725) و به ویژه عواقب محیطی فیزیکی (0/749)

1- Bantayan and Bishop



شکل 6- نقشه ارزیابی تناسب اراضی برای گندم با استفاده از تکنیک AHP



شکل 7- نقشه ارزیابی تناسب اراضی برای برنج با استفاده از تکنیک AHP

که ناشی از کشت برنج است، نیز در این واحدها مقادیر بالایی دارند. واحدهای 1-5، 4-2، 1-4، -2، 13-2 و 10-2 در بین واحدهای اراضی مورد مطالعه دارای تناسب بالاتری (0/02-) می‌باشند. در این واحدهای اراضی شاخص خاک بیشترین مقدار و معیارهای عواقب محیطی شیمیایی و فیزیکی نیز کمترین میزان را دارا هستند. مجموع این عوامل باعث می‌گردند که وزن تناسب اراضی برای برنج در واحدهای مذکور نسبت به واحدهای دیگر زیاد باشد. در ارزیابی کیفی انجام شده، واحدهای اراضی از نظر کشت برنج در کلاس S3 و N با محدودیت اقلیم (c) قرار گرفتند و کشت گندم نیز در واحدهای اراضی مورد بررسی در کلاس های مختلف می‌باشد. تناسب اراضی برای کاربری برنج در منطقه در سطح پایین قرار دارد و عمدتاً به دلیل محدودیت اقلیم می‌باشد که این محدودیت مربوط به درصد رطوبت نسبی هوا در مرحله خاکورزی و رشد سبزینه‌ای است.

محدودیت رطوبتی منجر به کاهش عملکرد برنج و همچنین مصرف بالای آب در این دوره از رشد می‌شود. نتایج ارزیابی برنج به علت تخریب فیزیکی خاک، قابلیت زیاد اراضی برای شور شدن و این‌که برنج مصرف آب زیادی دارد و باعث بالا آمدن سفره آب زیرزمینی می‌شود، این کشت را توصیه نمی‌نماید.

در پژوهش صورت گرفته با تکنیک AHP کشت گندم به دلیل دارا بودن تناسب اقلیم بالاتر (0/339) و همچنین داشتن عواقب محیطی فیزیکی (0/173) و شیمیایی (0/142) کمتر، کاربری مناسب‌تری نسبت به کشت برنج می‌باشد.

منابع

1- آقایی، ش. و مازیار، م. ر. 1386. تصمیم‌گیری منطقی با بهره‌گیری از نرم‌افزار Expert Choice. انتشارات ارکان دانش اصفهان.

2- بازگیر، م. 1378. شناسایی و رده‌بندی خاک‌ها و ارزیابی کیفی و کمّی تناسب اراضی منطقه تالاندشت استان کرمانشاه برای گندم، جو و نخود دیم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، 214 صفحه.

3- سرور، ر. 1383. استفاده از روش AHP در مکان‌یابی جغرافیایی (مطالعه موردی: مکان‌یابی جهت توسعه آتی شهر میاندوآب). پژوهش‌های جغرافیایی، 49 : 19-38.

4- شاه‌نظرپور، غ .ر. 1388. ارزیابی کیفی و کمی تناسب اراضی برای محصولات زراعی مهم منطقه مبارکه اصفهان (مقایسه منطق فازی با منطق بولین). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، 175 صفحه.

5- قدسی پور، ح. 1379. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. چاپ دوم. انتشارات مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران).

6- کرم، ا. 1387. کاربرد روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در ارزیابی زمین برای توسعه کالبدی بر پایهٔ عوامل طبیعی (مطالعهٔ موردی :مجموعهٔ شهری شیراز). نشریه علوم جغرافیایی، 8 (11): 33-54.

7- کرم، ع. 1384. تحلیل تناسب زمین برای توسعهٔ کالبدی در محور شمال غرب شیراز با استفاده از رویکرد ارزیابی چند معیاری (MCE) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی. پژوهش‌های جغرافیایی، (54): 93-106.

8- محنت کش، ع. 1378. ارزیابی کیفی، کمّی و اقتصادی تناسب اراضی منطقه شهرکرد برای محصولات زراعی مهم منطقه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، 201 صفحه.

9- مهاجر شجاعی، م. ح. 1363. مبانی ارزیابی اراضی. نشریه شماره 32 سازمان خوار و بار جهانی، نشریه فنی شماره 655، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، 115 صفحه.

10- Abrishamchi, A., Tasbandi, M., Tajrishy, M., and Marino, M. 2008. Land use suitability analysis for irrigation development using GIS-based fuzzy multi criteria evaluation procedure: a case study of Karkheh River basin in Iran. *AWRA 2008 spring specialty conference San Mateo, California*.

11- Anada, J., and Herath, G. 2007. Multi-attribute preference modeling and regional land-use planning. Ecological Economics, 65:325-335.

12- Armacost, R., Hosseini, J., and Pet-Edwards, J. 1999. Using the Analytic Hierarchy Process as a Two-phase Integrated Decision Approach for Large Nominal Groups. Group Decision and Negotiation, 8: 535-555.

13- Bakhtiarifar, M., Bakhtiarifar, M., Mesgari, M., and Karimi, M. 2008. Changing Land uses, using Spatial Multi-Criteria Decision Analyses. Department of GIS Engineering. Toosi University of Technology.

14- Bantayan, N.C., and Bishop, I.D. 1998. Linking objective and subjective modeling for land use decision-making. Landscape and Urban Planning, 43:35-48.

15- Canada, J.R., Sullivan, W.G., and White, J.A. 1996. Capital Investment Analysis for Engineering and Management. Prentice-Hall, New Jersey.

16- Li, X., Min, M., and Tan, C. 2005. The functional assessment of agriculture ecosystem in Hubei Province, China. Ecological Modeling, 187:352-360.

17- Marinoni, O. 2004. Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS. Computers and Geosciences, 30:637–646.

18- Rezaei-Moghaddam, K., and Karami, E. 2008. A multiple criteria evaluation of sustainable agricultural development models using AHP. Environment, Development and Sustainability, 10:407-426.

19- Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill International, New York.

20- Saaty, T.L. 1990. Multi Criteria Decision Making-The Analytic Hierarchy Process. RWS Publication, Ellsworth Avenue, USA.

21- Sys, C., Van Ranst, E., and Debaveye, J. 1991. Land Evaluation. Part II. Methods in Land Evaluation. International Training Center for Post Graduate Soil Scientists. Ghent Univ., Ghent, Belgium.

22- Tapha, R.B., and Murayama, Y. 2007. Land evaluation for peri-urban agriculture using analytical hierarchical process and geographic information system techniques: A case study of Hanoi. Land Use Policy, 25: 225-239.

23- Ying, X., Guang- Ming, Z., Gui-Qiu, C., Lin, T., Ke-Lin, W., and Dao-You, H. 2007. Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environmental quality-A case study of Hunan Province, China. Ecological Modeling, 209: 97-109.

24- Zhu, X., and Dale, A.P. 2001. Java AHP: a web-based decision analysis tool for natural resource and environmental management. Environmental Modeling and Software, 16: 251-262.