ارزیابی تناسب اراضی برای جو دیم با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و GIS در بخشی از اراضی کوهین

سید امین موسوی*[۱]، فریدون سرمدیان[۲]
۱- دانشجوی دکتری مهندسی علوم خاک دانشگاه تبریز
*amin_mousavi@ut.ac.ir
۲- استاد گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران

چکیده

هدف از این تحقیق، ارزیابی تناسب اراضی برای جو دیم در قسمتی از اراضی کوهین به مساحت ۵۰۰ هکتار با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و GIS می‌باشد. بر اساس مطالعه و تشریح ۲۳ پروفیل خاک، تفسیر عکس‌های هوایی ۱/۴۰۰۰۰ منطقه و همچنین درنظرگرفتن خصوصیات مورفولوژی خاک‌ها ۱۶ واحد خاک در منطقه مورد مطالعه مشخص گردید و ارزیابی تناسب اراضی در این واحدها صورت گرفت. بدین منظور نه معیار شامل درصد آهک، درصد کربن آلی، درصد سنگریزه سطحی، عمق خاک، بافت خاک، pH، ACEC، شیب و اقلیم که در رشد جو دیم مؤثر بودند انتخاب و بعد از آن به مقایسه معیارها در قالب ماتریس تصمیم پرداخته شد. نتایج نشان داد که حداکثر شاخص اراضی در واحد پنج به میزان ۷۱/۸۵ و حداقل شاخص به میزان ۴۸/۴۳ در واحد نه بود. همچنین بیشترین و کمترین وزن به ترتیب متعلق به معیار شیب و اقلیم بود.

واژه های کلیدی: فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، شاخص اراضی، عکس‌های هوایی، معیار

مقدمه

یکی از مشکلات کشورهای جهان سوم، افزایش بی‌رویه و روزافزون جمعیت می‌باشد. به طوری که افزایش جمعیت در کنار صنعتی شدن، افزایش تقاضا و ایجاد فشار بر منابع اراضی، بهره‌برداری بیش از حد از توان اراضی را افزایش داده‌اند. افزایش تولیدات کشاورزی یا با افزایش سطح زیر کشت و یا با افزایش تولید در واحد سطح امکان‌پذیر است. در افزایش بهره‌برداری از اراضی به منظور افزایش تولید در واحد سطح باید به توان تولیدی خاک نیز توجه نمود، به طوری که بهره‌برداری بیش از حد از اراضی، موجب کاهش توان تولیدی آنها در دراز مدت نگردد. از این رو نیاز به یافتن شیوه‌ای جدید در توسعه کشاورزی که بر مبنای حفاظت منابع مربوط به کشاورزی استوار بوده ضروری می‌باشد. برای نیل به این مقصود، شناخت ظرفیت تولید اراضی و انتخاب نوع کاربری متناسب با این ظرفیت از جایگاه و اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که یکی از راه‌های رسیدن به این مهم ارزیابی تناسب اراضی است. ارزیابی اراضی عبارت است از کارایی اراضی برای اهداف خاص مورد نظر که شامل تفسیر و اجرای مطالعات پایداری مربوط به اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و سایر جنبه‌های اراضی با در نظر گرفتن نیازهای انواع کاربری مورد نظر است (FAO,2007). توجه محققین در دهه‌های اخیر معطوف به مدل‌های چند معیاره برای تصمیم‌گیری[۱]های پیچیده نظیر تصمیم‌گیری در رابطه با بررسی تناسب اراضی گردیده است. در این تصمیم‌گیری‌ها به جای استفاده از یک معیار ممکن است از چندین معیار سنجش استفاده گردد. این روش شامل یکسری تکنیک‌ها است که اجازه می‌دهد طیفی از معیارهای وابسته، امتیازدهی و وزن‌دهی شده و سپس به وسیله کارشناسان و گروه‌های ذینفع رتبه‌بندی شود (هاشم‌وند، ۱۳۹۲). روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره پتانسیل زیادی را به منظور کاهش دادن هزینه و بالا بردن دقت در تصمیم‌گیری‌های مکانی دارا می‌باشد و می‌تواند چهارچوبی مناسب برای حل مسئله فراهم آورد. یکی از روش‌های مطرح در زمینه تصمیم‌گیری-

1- Multi-Criteria Decision Making (MCDM)

های چندمعیاره، روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[1] می‌باشد، که با در نظر گرفتن قابلیت‌های این روش انتظار می‌رود که به منظور بررسی تناسب اراضی نتایج رضایت بخشی به همراه داشته باشد. این تکنیک در کشورهای مختلف برای مقاصد متفاوت به کار گرفته شده است. به عنوان نمونه می‌توان به مطالعه ارزیابی تناسب و برآورد پتانسیل تولید اراضی کشاورزی از طریق استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره در مناطقی که در آن محدودیت آب وجود داشت اشاره نمود (Malczewski and Rinner, 2005). (جعفربیگلو و همکاران، ۱۳۸۷) با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی خاکهای استان قزوین را برای کشت زعفران مورد ارزیابی قرار داده و گزارش کردند که قسمتی از استان برای کشت زعفران مناسب بوده و عمدتاً مناطق دشتی مانند دشت قزوین و بوئین زهرا را شامل می‌شود. قسمتی برای کشت زعفران نسبتاً مناسب بوده و عمدتاً مناطق کوهپایه‌ای و دامنه‌ای را شامل می‌شود. دسته سوم برای کشت زعفران مناسب نبوده و شامل مناطق پرشیب استان می‌باشد. آن‌ها دما، ساعات آفتابی، یخبندان، بارش، شیب و سطوح ارتفاعی را به عنوان عوامل مؤثر در رشد زعفران گزارش نمودند. (Chen et al., 2010) به بررسی تناسب اراضی در استان هنان چین برای کشت تنباکو با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و سامانه اطلاعات جغرافیایی[2] (GIS) پرداختند. آنها در این تحقیق از ۱۷ شاخص مرتبط با اقلیم، خاک و شکل زمین استفاده کردند. نتایج نشان داد که ۲۲/۵۲٪ از اراضی این استان واقع در قسمت‌های غرب و جنوب دارای تناسب بسیار مناسب برای کشت تنباکو است. (Akinci and Turgut, 2013) در مطالعه‌ای برای تعیین تناسب کاربری کشاورزی با استفاده از تکنیک AHP از پارامترهای گروه‌های خاک، کلاس‌های استعداد اراضی، تحت کلاس‌های قابلیت کاربری اراضی، عمق خاک، شیب، جهت شیب، ارتفاع، درجه‌ی فرسایش و دیگر خصوصیات خاک استفاده کردند. به منظور تعیین اوزان از نظرات کارشناس استفاده گردید و در نهایت نقشه‌ی نهایی تناسب اراضی با توجه به طبقه‌بندی فائو به پنج کلاس تقسیم شد. (Houshyar et al., 2014) در مطالعه‌ای به ارزیابی تناسب اراضی برای کشت ذرت در منطقه مرکزی استان فارس با استفاده از تکنیک AHP و فازی در ترکیب با GIS پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که ۷۳/۴۷٪ از اراضی مورد مطالعه بسیار مناسب و تنها ۷/۳۶٪ تناسب نامناسب را برای تولید این محصول دارند. این تحقیق با هدف ارزیابی تناسب اراضی برای جو دیم با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و GIS در بخشی از اراضی کوهین استان قزوین انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل بخشی از اراضی منطقه کوهین واقع در محور قزوین- رشت در استان قزوین می‌باشد که بین طول‌های جغرافیایی "۴۹°۳۴'۵۸ تا "۴۹°۳۷'۱۳ شرقی و عرض‌های جغرافیایی "۳۶°۲۲'۱۴ تا "۳۶°۲۲'۵۱ شمالی قرار دارد. مساحت منطقه مورد مطالعه حدود ۵۰۰ هکتار می‌باشد و کاربری غالب آن مرتع و دیم می‌باشد. این منطقه دارای بارندگی سالیانه ۳۵۱/۲۶ میلی‌متر و متوسط دمای ۱۲/۲۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک منطقه مورد مطالعه، به ترتیب زریک و مزیک می‌باشد. در مطالعات صحرایی ابتدا موقعیت حفر ۲۳ پروفیل بر اساس الگوی نمونه‌برداری به صورت شبکه منظم بر روی تصاویر گوگل ارث[3] مشخص و مختصات تعیین شده به دستگاه مکان‌یاب جغرافیایی[4] داده شد و با استفاده از این دستگاه مکان دقیق نقاط نمونه‌برداری در صحرا تعیین و اقدام به حفر و تشریح پروفیل‌ها گردید و در نهایت ۷۵ نمونه خاک تهیه شده و برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی مختلف به آزمایشگاه منتقل شد. تمامی مقاطع خاک بر اساس روش طبقه‌بندی خاک آمریکایی (Key to Soil Taxonomy, 2014) تشریح و طبقه‌بندی گردید و خاک‌های منطقه مورد مطالعه در دو رده اینسپتی سول و انتی سول طبقه‌بندی شدند.

ارزیابی تناسب اراضی

1- Analytic Hierarchy Process (AHP)
2- Geographic Information System (GIS)
3- Google Earth
4- Global Positioning System (GPS)

ساختن سلسله مراتب

اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد یک نمایش گرافیکی از مسئله می‌باشد که در رأس آن هدف کلی مسئله و در سطوح بعدی معیارها و گزینه‌ها نشان داده می‌شوند. هر چند که یک قاعده ثابت و قطعی برای رسم سلسله مراتبی وجود ندارد ولی در یک نگاه کلی می‌توان گفت که روش ساختن یک سلسله مراتبی به نوع تصمیمی که باید اتخاذ شود بستگی دارد. در سلسله مراتب طراحی شده برای این تحقیق در بالاترین سطح هدف (بررسی تناسب اراضی محصول مورد نظر)، در سطح دوم معیارها شامل خاک، اقلیم و توپوگرافی، در سطح سوم زیرمعیارها و در آخر کلاس‌های تناسب اراضی به عنوان گزینه‌های مورد انتظار در نظر گرفته شده است. معیارهای انتخاب شده برای محصول جو دیم در این تحقیق شامل درصد آهک، درصد کربن آلی، درصد سنگریزه سطحی، عمق خاک، بافت خاک، pH و ACEC در کنار شیب نماینده‌ی توپوگرافی و شاخص اقلیمی می‌باشد.

تعیین ضریب اهمیت معیارها، زیر معیارها و گزینه‌های مؤثر در کشت جو دیم

در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط خود در بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده، که بدین صورت وزن نسبی آنها به دست می‌آید و سپس با استفاده از وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه تعیین می‌گردد. در اصل در این مقایسه ها میزان ارجحیت عناصر بر یکدیگر مشخص می‌شود. این مقیاس‌بندی توسط (Saaty, 1990) ارایه شده است که در جدول (۲) نشان داده شده است.

تعیین وزن نسبی پارامترهای اصلی و مؤثر در کشت جو دیم

در ادامه به منظور تعیین وزن نسبی پارامترهای اصلی، ابتدا برای هر یک از آن‌ها ماتریس میانگین هندسی تشکیل شد و وزن نسبی هر یک از آن‌ها محاسبه گردید؛ سپس در ادامه کار به تعیین وزن نسبی زیر معیارها و گزینه‌ها اقدام شد و در نهایت وزن نهایی هر یک از گزینه‌ها تعیین گردید. برای به دست آوردن ضریب اهمیت زیر معیارهای مربوط به هر پروفیل در هر واحد اراضی، با استفاده از روش ترکیب خطی با ضرب نمودن میزان هر یک از معیارهای درصد آهک، درصد کربن آلی، درصد سنگریزه سطحی، عمق خاک، بافت خاک، pH، ACEC، شیب و شاخص اقلیمی در هر پروفیل موجود در هر واحد خاک، در میزان وزن نسبی به دست آمده آن‌ها (از طریق ایجاد ماتریس تصمیم و انجام مقایسات زوجی)، وزن نهایی هر یک از معیارهای مربوطه برای هر پروفیل در هر واحد اراضی به دست آمد، که در ادامه با استفاده از شاخص تناسب به دست آمده میزان تناسب هر پروفیل در هر واحد اراضی برای جو دیم به دست آمد، و هر چه میزان شاخص تناسب بیشتر باشد تناسب آن پروفیل در آن واحد اراضی برای آن محصول بالاتر خواهد بود. قبل از انجام این مراحل به دلیل ناهم جنس بودن مقادیر واقعی هر معیار پروفیل در هر واحد اراضی، این مقادیر توسط معادله (۱) نرمال گردید تا همه داده‌ها در محدوده ۱-۰ قرار گیرند.

$$Xnorm = 0.5 \times [\frac{X0 - \bar{X}}{X\max - X\min}] + 0.5 \qquad (۱)$$

در این معادله Xnorm مقدار نرمال شده داده ورودی X، X میانگین داده‌ها، Xmax و Xmin به ترتیب حداکثر و حداقل داده‌ها می‌باشد.

بررسی سازگاری در قضاوت‌ها

یکی از مزیت‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده در تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها است. مکانیزمی که برای بررسی سازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته شده است، محاسبه ضریبی به نام ضریب ناسازگاری است که از تقسیم شاخص سازگاری به شاخص تصادفی بودن حاصل می‌شود. چنانچه این ضریب کوچکتر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است وگرنه باید در مورد قضاوت‌های انجام شده تجدید نظر شود (Armacost et al., 1999).

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی اقلیم برای کشت جو دیم نشان داد که به طور کلی اقلیم محدودیت زیادی برای رشد ایجاد نمی‌کند و کلاس تناسب اقلیم، نسبتاً مناسب (S2) می‌باشد. جدول (۱) وزن نسبی و ایجاد ماتریس تصمیم برای معیارهای مؤثر در کشت جو دیم و جدول (۲) نیز وزن نسبی و ترتیب ارجحیت هر یک از معیارها را در رابطه با جو دیم نشان می‌دهد.

جدول ۱- تعیین وزن نسبی و ایجاد ماتریس تصمیم برای معیارهای مؤثر در کشت جو دیم

معیار	A (شیب%)	B (بافت)	C (آهک%)	D (CEC ظاهری)	E (کربن آلی %)	F (سنگریزه%)	G (عمق خاک)	H (pH)	I (شاخص اقلیم)
A (شیب%)	۱	۲	۳	۵	۶	۷	۸	۹	۹
B (بافت)		۱	۳	۴	۴	۶	۷	۸	۸
C (%$CaCo_3$)			۱	۳	۵	۳	۵	۷	۸
D (CEC ظاهری)				۱	۳	۵	۶	۴	۷
E (کربن آلی%)					۱	۲	۵	۶	۴
F (سنگریزه%)						۱	۴	۵	۵
G (عمق خاک)							۱	۳	۳
H (pH)								۱	۱
I (شاخص اقلیم)									۱

ضریب ناسازگاری: ۰/۰۹۴

همانطور که در جدول (۱) دیده می‌شود تصمیم‌گیرنده با توجه به کدهای ارجحیت که در روش ساعتی آمده است به کددهی معیارها با توجه به اهمیت هرکدام بر دیگری پرداخته است. ضریب ناسازگاری این مقایسه ۰/۰۹۴ می‌باشد و به علت این که از ۰/۱ کمتر است مقایسه درست بود و نیازی به تکرار نیست.

جدول ۲- وزن نسبی و ترتیب ارجحیت هر یک از معیارها در رابطه با جو دیم

معیار	درصد شیب	بافت خاک	درصد آهک	CEC ظاهری	درصد کربن آلی	درصد سنگریزه	عمق خاک	pH	اقلیم
وزن	۰/۳۰۵	۰/۲۲۷	۰/۱۵۲	۰/۱۱۱	۰/۰۷۳	۰/۰۶۰	۰/۰۳۳	۰/۰۲۰	۰/۰۱۹

همانطور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، مجموع ضرایب اهمیت معیارهای فوق معادل عدد یک است و این نشان دهنده نسبی بودن اهمیت معیارها است و همچنین شیب به عنوان محدود کننده‌ترین عامل بالاترین وزن و اقلیم نیز پایین‌ترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. در ادامه کلاس تناسب اراضی در هر واحد اراضی با استفاده از روش AHP برای جو دیم در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۳- کلاس تناسب اراضی در هر واحد اراضی با استفاده از روش AHP برای جو دیم

واحد اراضی	روش AHP	
	شاخص اراضی	کلاس تناسب
۱	۵۹/۶۶	S2
۲	۵۸/۲۵	S2
۳	۶۷/۴۷	S2
۴	۵۵/۱۶	S2
۵	۷۱/۸۵	S2
۶	۷۰	S2
۷	۵۷/۴۸	S2
۸	۵۹/۳۷	S2
۹	۴۸/۴۳	S3
۱۰	۶۱/۵۶	S2
۱۱	۶۲/۷۷	S2
۱۲	۵۲	S2
۱۳	۴۸/۷۳	S3
۱۴	۶۲/۷۵	S2
۱۵	۶۵	S2
۱۶	۶۷	S2

با توجه به جدول (۳)، حداکثر شاخص اراضی در واحد پنج به میزان ۷۱/۸۵ و حداقل شاخص به میزان ۴۸/۴۳ در واحد نه به دست آمد. همچنین کلاس تناسب اراضی در واحدهای اراضی برای کشت جو دیم در کلاس S2 و S3 قرار گرفتند. عمده-ترین عامل محدودیت که باعث قرار گرفتن واحدهای اراضی در کلاس S2 و S3 شده است، محدودیت‌های مربوط به میزان درصد شیب (شیب بیش از ۱۶ درصد)، و درصد سنگریزه، درصد کربن آلی و درصد آهک می‌باشد که با اصلاح این محدودیت‌ها می‌توان شاخص اراضی را در واحدهای اراضی افزایش داد. (Mahabadi et al., 2012) روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و سیستم فازی را برای انجام ارزیابی تناسب اراضی برای کشت محصول جو در اردستان استان اصفهان به کار بردند و محدودیت‌های عمده در منطقه را خصوصیات فیزیکی خاک معرفی کردند.

منابع

جعفربیگلو، م. و مبارکی، ز. ۱۳۸۷. سنجش تناسب اراضی استان قزوین برای کشت زعفران بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره. مجله‌ی پژوهشهای جغرافیای طبیعی، شماره ۶۶. صفحه‌های ۱۰۱ تا ۱۱۹.

هاشم‌وند، پ. ۱۳۹۲. بررسی تناسب اراضی در اراضی دشت قزوین با استفاده از GIS و AHP. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

Akinci H. and Turgut B. 2013. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. Computers and Electronics in Agriculture, 97: 71–82.
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.
Chen HS., Liu GS., Yang YF., Ye XF. and Shi Zh. 2010. Comprehensive evaluation of tobacco ecological suitability of Henan province based on GIS. Agricultural Science in China, 9(4): 583-592.
FAO, 2007. Land evaluation: Towards a revised framework. Land and Water Discussion Paper. No. 6, Rome.
Houshyar E., Sheikh-Davoodi MJ., Almassi M., Bahrami H., Azadi H., Omidi M., Sayyad G. and Witlox F. 2014. Silage corn production in conventional and conservation tillage systems. Part 1: Sustainability analysis using combination of GIS/AHP and multi-fuzzy modeling. Ecological Indicators, 30: 102-114.
Mahabadi NY., Givi J., Naderi M., Mohammadi J. and Poch Claret RM. 2012. Land suitability evaluation for Alfalfa and Barley based on FAO and fuzzy multi-criteria approaches in Iranian arid region. Desert, 17: 77-89.
Malczewski J. and Rinner C. 2005. Exploring multi criteria decision strategies in GIS with linguistic quantifiers: a case study of residential quality evaluation. Journal of Geographical Systems, 7 (2): 168-249.
Saaty TL. 1990. Decision making for leaders. RWS Publication, USA. USDA. 2014. Soil Survey Staff. Keys to Soil Taxonomy. 12 th edition.

Land suitability evaluation for rainfed barley using Analytical Hierarchy Process technique and GIS in Kuhin area

SA Mousavi[1*], F Sarmadian[2]
1-Ph.D. Student Soil Science, Department, University of Tabriz, Iran
2- Professor., Soil Science, Department, University of Tehran, Iran
[*]Corresponding Author, Email: amin_mousavi@ut.ac.ir

Abstract
The purpose of the present study, is the land suitability assessment for rainfed barley in Kuhin area with an area of 500 ha using Analytical Hierarchy Process (AHP) and GIS. According to the study, 23 soil profiles, aerial photos interpretation 1/40000 region, also taking into account the characteristics of soil morphology 16 soil units (land units) was determined in the area. and land evaluation was performed on these units. 9 criteria including: (%CaCo3, %OC, %Gravel, Depth, Texture, Apparent CEC, pH, %Slope, Climate) were selected and then compared criteria examined in terms of decision matrix. The results showed that maximum and minimum calculated land indices were 71.85 (unit 5) and 48.43 (unit 9) ,respectively. also The maximum and minimum weight in order to criteria is the slope and climate.

Keywords: Aerial Photos, Analytical Hierarchy Process (AHP), Criteria, Land indices