مقایسه ارزیابی تناسب اراضی برای جو دیم با استفاده از روش فائو و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (مطالعه موردی: 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

در این تحقیق، ارزیابی تناسب اراضی برای جو دیم با استفاده از روش فائو و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در قسمتی از اراضی کوهین مقایسه شده است. بر اساس مطالعه ۲۳ پروفیل خاک، تفسیر عکس‌های هوایی ۱/۴۰۰۰۰ منطقه، همچنین در نظر گرفتن خصوصیات مورفولوژی خاکها ۱۶ واحد خاک (واحد اراضی) در منطقه 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 انتخاب و بعد از آن به مقایسه معیارها در غالب ماتریس تصمیم پرداخته شد. مقایسه شاخص اراضی به دست آمده نشان داد که شاخص اراضی در تمامی واحدهای اراضی در روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بیشتر از روش فائو بوده است. بیشترین شاخص اراضی در واحد پنج به میزان ۷۱/۸۵ و کمترین شاخص به میزان ۴۸/۴۳ در واحد نه به دست آمد.

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

مقدمه

با توجه به رشد سریع جمعیت و توسعه مناطق صنعتی و مسکونی، اراضی برای کشاورزی محدود و محدودتر شده و نیاز به استفاده بهینه از اراضی هر چه بیشتر احساس می‌شود. محصولات حاصل از زراعت‌های آبی و باغی دارای ارزش اقتصادی بسیار بالا هستند و نقش ویژه‌ای در صادرات غیر نفتی ایفا می‌کنند و شناسایی مناطق مستعد کشت آن‌ها در سطح کشور، زمینه را برای برنامه‌ریزی‌های لازم در مورد آن‌ها فراهم خواهد کرد. 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 تصمیم‌گیری‌های پیچیده نظیر تصمیم‌گیری در رابطه با بررسی تناسب اراضی گردیده است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[۱] یکی از جامع‌ترین سیستم‌ها و مدل‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره است. این روش خود در برگیرنده مجموعه‌ای از قضاوت‌ها و ارزش‌گذاری‌ها به یک شیوه منطقی بوده، به طوری که می‌توان گفت این تکنیک از یک سو وابسته به تصورات شخصی و طرح‌ریزی سلسله مراتبی یک مسئله بوده و از سویی دیگر با منطق، درک و تجزیه، جهت تصمیم‌گیری و قضاوت نهایی مرتبط می‌شود (موسوی، ۱۳۹۲). روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[۲] پتانسیل زیادی را به منظور کاهش دادن هزینه و بالا بردن دقت در تصمیم‌گیری‌های مکانی دارا می‌باشند و می‌توانند چهارچوبی مناسب برای حل مسئله فراهم آورند. 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 مختلف استفاده شده است از جمله (Thi Thu et al., 2012) ارزیابی تناسب اراضی را برای کشت موز با استفاده از

1- Analytic Hierarchy Process (AHP)
2- Multi-Criteria Decision Making (MCDA)

تکنیک AHP در منطقه‌ای از ویتنام انجام دادند. آنها هدف از این تحقیق را بررسی تناسب اراضی برای تولید موز با استفاده از تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی[1] (GIS)، به منظور دستیابی به مصرف بهینه‌ی منابع اراضی برای کشاورزی پایدار اعلام کردند. هشت پارامتر از تناسب محصول و پنج پارامتر محیطی تناسب اراضی را در نظر گرفتند و آنالیز تناسب را با استفاده از روابط فازی انجام دادند. در نتایج حاصله دیده شد که تناسب فیزیکی اراضی در ۲۶٪ کل ناحیه کاملاً متناسب، و در ۵۶٪ و ۳۸٪ مناطق به ترتیب متوسط و کم بود. (شاهرخ و ایوبی، ۱۳۹۰) ارزیابی اراضی زرین شهر و مبارکه اصفهان را برای محصولات گندم آبی و خیار گلخانه‌ای انجام دادند و گزارش کردند که خیار گلخانه‌ای به دلیل بالا بودن فاکتور سودآوری ناخالص و تناسب بالای اقلیم به دلیل تحت کنترل بودن در فضای گلخانه دارای تناسب بیشتری می‌باشد. در پژوهش انجام گرفته این نتیجه به دست آمد که ارزیابی اراضی با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در مقایسه با روش ارزیابی رایج به علت استفاده از فاکتورهای مختلف از جامعیت بیشتری برخوردار است. این تحقیق با هدف مقایسه ارزیابی تناسب اراضی برای جو دیم با استفاده از روش فائو و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در بخشی از اراضی کوهین 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[2] مشخص و مختصات تعیین شده به دستگاه مکان‌یاب جغرافیایی[3] 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

به منظور ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از روش فائو عمل انطباق خصوصیات اراضی در هر یک از پهنه‌های تعریف شده با نیازهای رویشی جو انجام و کلاس نهایی اراضی تعیین گردید. در این تحقیق از روش پارامتریک (ریشه دوم) که به وسیله (Sys et al., 1991) ارائه شده است برای تعیین کلاس‌های تناسب اراضی استفاده شد.

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

1- Geographic Information System (GIS)
2- Google Earth
3- Global Positioning System (GPS)

کربن آلی، درصد سنگریزه سطحی، عمق خاک، بافت خاک، pH و ACEC در کنار شیب نماینده‌ی توپوگرافی و شاخص اقلیمی می‌باشند.

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 مقایسه‌ها 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

همان طور 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

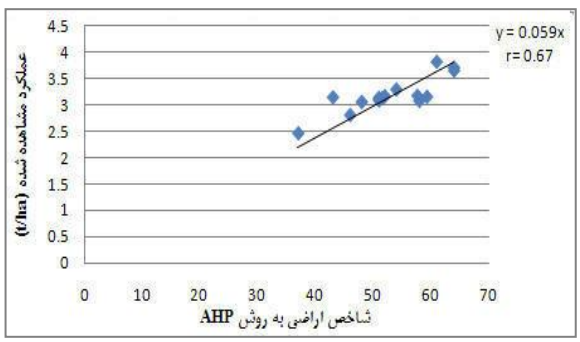
معیار	درصد شیب	بافت خاک	درصد آهک	CEC ظاهری	درصد کربن آلی	درصد سنگریزه	عمق خاک	pH	اقلیم
وزن	۰/۳۰۵	۰/۲۲۷	۰/۱۵۲	۰/۱۱۱	۰/۰۷۳	۰/۰۶۰	۰/۰۳۳	۰/۰۲۰	۰/۰۱۹

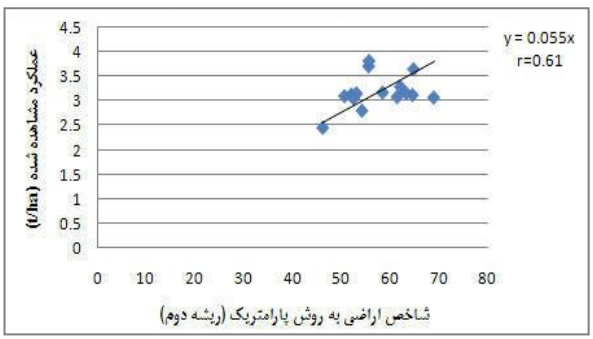
همانطور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، مجموع ضرایب اهمیت معیارهای فوق معادل عدد یک است و این نشان دهنده نسبی بودن اهمیت معیارها است و همچنین شیب به عنوان محدود کننده‌ترین عامل بالاترین وزن و اقلیم نیز پایین‌ترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. در ادامه کلاس تناسب اراضی در هر واحد اراضی با استفاده از روش‌های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

همانطور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در تمامی واحدهای اراضی، موجب افزایش شاخص اراضی شده است. همچنین اکثر واحدهای اراضی برای کشت محصول جو دیم با استفاده از هر دو روش در کلاس S2 قرار گرفتند. همچنین، بیشترین و کمترین میزان محصول به ترتیب در واحدهای پنج و نه مشاهده می‌شود که میزان محصول در واحد شماره نه به علت محدودیت شیب و بالا بودن میزان سنگریزه دارای کمترین میزان است. همبستگی بین شاخص اراضی و میزان عملکرد محصول با استفاده از روش‌های AHP و پارامتریک (ریشه دوم) در شکل (۱) نشان داده شده است.

جدول ۳- کلاس تناسب اراضی در هر واحد اراضی با استفاده از روش‌های AHP و پارامتریک (ریشه دوم) برای جو دیم

عملکرد مشاهده شده (تن در هکتار)	روش AHP		روش پارامتریک (ریشه دوم)		واحد اراضی
	کلاس تناسب	شاخص اراضی	کلاس تناسب	شاخص اراضی	
۴/۶۷	S2	۵۹/۶۶	S2	۵۸/۳۹	۱
۴/۲۵	S2	۵۸/۲۵	S2	۵۱/۹۵	۲
۴/۹۴	S2	۶۷/۴۷	S2	۵۲/۸۶	۳
۴/۱۵	S2	۵۵/۱۶	S3	۴۶/۰۳	۴
۵/۶۵	S2	۷۱/۸۵	S2	۶۴/۸	۵
۵/۰۷	S2	۷۰	S2	۶۸/۹۷	۶
۴/۱۲	S2	۵۷/۴۸	S2	۶۴/۵۸	۷
۴/۳۵	S2	۵۹/۳۷	S2	۵۳/۰۴	۸
۳/۰۵	S3	۴۸/۴۳	S3	۴۷/۴۱	۹
۴/۵۱	S2	۶۱/۵۶	S2	۵۴/۱۷	۱۰
۴/۷۱	S2	۶۲/۷۷	S2	۵۵/۵۴	۱۱
۴/۴۳	S2	۵۲	S3	۴۷/۵۶	۱۲
۳/۳۸	S3	۴۸/۷۳	S3	۴۵/۶۱	۱۳
۴/۶۸	S2	۶۲/۷۵	S3	۴۷/۳۹	۱۴
۴/۷۹	S2	۶۵	S3	۴۸/۰۸	۱۵
۴/۸۶	S2	۶۷	S3	۴۹/۲۸	۱۶





شکل ۱- رگرسیون خطی بین شاخص اراضی و عملکرد مشاهده شده محصول جو برای دو روش AHP و پارامتریک (ریشه دوم)

همانطور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، همبستگی بین شاخص اراضی و میزان عملکرد محصول جو برای روش AHP (r =۰/۶۷)، بیشتر از روش پارامتریک (r =۰/۶۱)، به دست آمد، که با نتایج (Sanchez et al., 2003)، همخوانی دارد.

منابع

شاهرخ، و. و ایوبی، ش. ۱۳۹۰. ارزیابی اراضی منطقه زرین شهر و مبارکه (اصفهان) برای کشت آبی گندم و خیار گلخانه‌ای با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. مجموعه مقالات دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، تبریز.

موسوی، ا. ۱۳۹۲. ارزیابی تناسب اراضی برای کشاورزی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

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.

FAO, 2007. Land evaluation: Towards a revised framework. Land and Water Discussion Paper. No. 6, Rome.

Saaty TL. 1990. Decision making for leaders. RWS Publication, USA.

Sanchez P., Palm, A. and Buol S.W. 2003. Fertility capability soil classification: a tool to help assess soil quality in the tropics. Geoderma, 3: 157-185.

Sys C.,Van Ranst, E. and Debaveye J. 1991. Land evaluation. Part I: Principles in land evaluation and crop production calculations. General Administration for Development cooperation. Agricultural Publisher. No. 7, Brussels, Belgium, 274pp.

Thi Thu HL., and Tien Long, N. 2012. Multicritria anlaysis for land suitability assessment for land suitability assessment for gia lun banana in nam dong district, thu thien hue province, Vietnam, tropentag, gottingen, Germany, September, 19-21.

USDA. 2014. Soil Survey Staff. Keys to Soil Taxonomy. 12 th edition.

Comparison of land suitability evaluation for rainfed barley using AHP and FAO method (A Case Study: 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
In this study compared land suitability evaluation for rainfed barley using AHP and FAO methods in Kuhin area. According to the study, 23 soil profiles, aerial photo 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. Comparison of AHP and FAO land indices showed that AHP method has increased the land indices in all of land units. maximum and minimum calculated land indices were 71.85 ((unit 5) and 48.43 (unit 9)), respectively.

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