



شماره ۱۱۶، پاییز ۱۳۹۶

پژوهش‌های آبخیزداری

(پژوهش و سازندگی)

روی‌کردی جدید و کمی در وزن‌دهی و ارزیابی توان بوم‌شناسی سرزمین و مقایسه‌ی آن با روش رایج ارزیابی چندمعیاره در کاربری‌های کشاورزی و مرتعی شهرستان سپیدان

پرویز جوکار

کارشناس ارشد، گروه مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه شیراز

مسعود مسعودی*

(نویسنده‌ی مسئول)* دانشیار، گروه مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز

سمیه رزاقی

کارشناس ارشد، گروه مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۶

*Corresponding Email: masoudi@shirazu.ac.ir

چکیده

آمایش سرزمین نوع استفاده‌ی بهینه از سرزمین را با توجه به ویژگی‌های بوم‌شناسی سرزمین و شرایط اقتصادی-اجتماعی آن مشخص می‌سازد. در این تحقیق ارزیابی توان بوم‌شناسی کاربری‌های کشاورزی و مرتعی در شهرستان سپیدان فارس با استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی بررسی شده است. روش‌های مختلفی برای وزن‌دهی شاخص‌ها وجود دارد. در این تحقیق از یک روش کمی پیشنهادی برای وزن‌دهی معیارها و ارزیابی کاربری‌ها در مقایسه با روش رایج ارزیابی چندمعیاره استفاده شد. در روش رایج ارزیابی چندمعیاره نیز روی‌کرد وزن‌دهی با روش تحلیل سلسله‌مراتبی اصلاح‌شده به کار گرفته شد. برای بررسی عمل‌کرد هر یک از شبیه‌ها ارزیابی صحت براساس روی‌کرد ماتریس خطا انجام شد. نتایج نشان داد که برای تخمین توان بوم‌شناسی منطقه، روش پیشنهادی وزن‌دهی منطقه‌ی دقت بیش‌تری از روش رایج ارزیابی چندمعیاره‌ی اصلاح‌شده دارد. در مجموع، نتایج این مطالعه نشان داد که روش پیشنهادی وزن‌دهی منطقه‌ی به‌دلیل سادگی، نیازنداشتن به پرسش‌نامه، و صرفه‌جویی در زمان و هزینه می‌تواند جای‌گزین روش‌های معمول وزن‌دهی شود.

واژه‌های کلیدی: آمایش سرزمین، توان بوم‌شناسی، روش اصلاح‌شده، وزن‌دهی منطقه‌ی

A New and Quantitative Approach to Weighting and Ecological Capability Evaluation and Comparison with the Current Method of Multi-Criteria Evaluation in Agriculture and Rangeland Uses, Sepidan County

Parviz Jokar

Department of natural resources and environmental engineering, Faculty of agriculture, Shiraz University, Fars, Iran

Masoud Masoudi*

*(Corresponding author) Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Fars, Iran

Somayeh Razaghi

Department of natural resources and environmental engineering, Faculty of agriculture, Shiraz University, Fars, Iran

Abstract

Land-use planning is a science that specifies the optimized land-use based on ecological and socioeconomic characteristics. This study investigated ecological capability evaluation for agriculture and rangeland uses using the GIS in the Sepidan County, Fars Province. There are different methods for weighting of parameters. A proposed quantitative method was used in this research for weighting criteria and land-use evaluation compared to the current method of multi-criteria evaluation. In relation to the common method of multi-criteria evaluation, it uses weighting approach based on the Modified Analytic Hierarchy Process (M-AHP). The performance of each of the mentioned models was evaluated throughout error matrix. Results showed that the proposed method of Regional Weighting (RW) has higher accuracy than MCE (M-AHP) in estimation of the ecological potential of the study area. In overall, the results showed that the proposed method of Regional Weighting can be replaced with common methods of weighting due to simplicity, as it has no need for questionnaires, which saves time and costs.

Keywords: Ecological potential, land use planning, modified method, regional weighting

مقدمه

ارزیابی توان بوم‌شناسی برای برنامه‌ریزی صحیح و استفاده‌ی همه‌جانبه‌ی سرزمین براساس شناخت استعدادها و توان تولید، به‌ویژه در زمان حاضر که دیدگاه‌های محیط‌زیستی در مدیریت و برنامه‌ریزی رعایت نمی‌شود، اهمیت بسیار دارد (احمدی‌ثانی و همکاران ۲۰۱۱؛ مسعودی و جوکار ۲۰۱۵؛ مسعودی و همکاران ۲۰۱۷). تاکنون روش‌های مختلفی برای ارزیابی توان اکولوژیکی به‌کار گرفته شده است، که مهم‌ترین آن‌ها در کشور شبیه ارزیابی توان بوم‌شناسی مخدوم (۲۰۰۱) است. ارزیابی این شبیه بر منطق بولین استوار است، به‌طوری‌که معمولاً برای

تفکیک مناطقی که مجموعه‌ی از شرایط دل‌خواه را داشته باشند کاربرد دارد. این روش روی کردی کیفی دارد و سامانه‌ی برای وزن‌دهی به معیارها در تعیین مناطق مناسب ندارد (امیری و همکاران ۲۰۱۰)؛ اما امروزه به‌علت نقش بارز اقتصاد در ارزیابی، برنامه‌ریزان آمایش سرزمین نیازمند آن‌گونه ارزیابی کمی‌اند که جواب‌گوی نیازهای اقتصادی باشد. از ابزارهای توانمند برای کمی‌کردن ارزیابی و وزن‌دهی می‌توان از روش تحلیل سلسله‌مراتبی، که از روش‌های معروف تصمیم‌گیری چندمعیاره است، نام برد (فلاح‌شمسی ۱۹۹۷). امیری و همکاران (۲۰۱۰) با مقایسه‌ی روش سامانه‌ی (منطق بولین) ادغام نقشه‌ها و روش جدید ترکیب منطق بولین-فازی در ارزیابی توان اکولوژیک

و ارزیابی عمل کرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی بررسی کردند. نتایج نشان داد که شبیه پیشنهادی در این تحقیق امکان شناخت میزان اهمیت معیارهای مختلف مؤثر بر عمل کرد و ارزیابی کارایی و مقایسه‌ی شبکه‌های آبیاری و اجزای مختلف آن را با دقت مناسبی فراهم می‌نماید. سرور و خلیجی (۲۰۱۴) ارزیابی توان بوم‌شناسی توسعه‌ی شهری شهرستان تبریز را با استفاده از شبیه فرآیند تحلیل شبکه بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که نیمه‌های شرقی و مرکزی تبریز بهترین مکان برای توسعه، و نیمه‌های شمالی و جنوبی (نزدیک به بلندی‌ها) از دیدگاه توسعه نامناسب است. برخی تحقیقات نیز نشان‌دهنده‌ی مناسب بودن تلفیق روش تحلیل سلسله‌مراتبی و فازی است که توانایی ارزیابی را نسبت به روش تحلیل سلسله‌مراتبی افزایش می‌دهد (گوموس ۲۰۰۹؛ وحیدنیا و همکاران ۲۰۰۹).

از سوی دیگر تحقیقاتی مانند پورقاسمی و همکاران (۲۰۱۳، ۲۰۱۶) روش وزن دهی تحلیل سلسله‌مراتبی را به دلیل قضاوت شخصی به چالش می‌کشد. در واقع این فرآیند برای اولویت‌بندی معیارها با توزیع پرسش‌نامه میان کارشناسان و نخبگان صورت می‌گیرد، در حالی که تحقیقات پیش‌گفته نشان داده است که در این روش و سایر روش‌های مشابه، اولویت‌بندی و مقایسه‌ی معیارها براساس نظر کارشناسی انجام می‌شود. بنابراین، ممکن است با محدودیت‌های شناختی و ذهنی افراد در شناخت هدف خود مواجه شود (پور قاسمی و همکاران ۲۰۱۶).

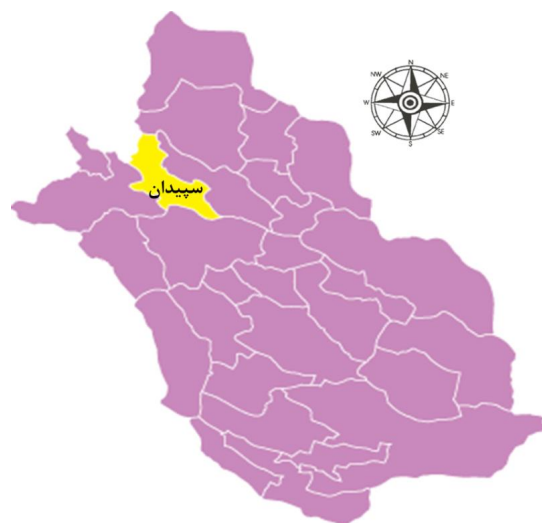
این تحقیق به بررسی روشی جدید و کمی در اولویت‌بندی معیارها برای کاربری‌های کشاورزی (آبی و دیم) و مرتعی می‌پردازد. ارزیابی توان بوم‌شناسی سرزمین نیز با روش جدید و در قیاس با روش رایج ارزیابی چندمعیاره انجام شده است.

مواد و روش‌ها منطقه‌ی مطالعه

این تحقیق در شهرستان سپیدان، استان فارس انجام شد. شهرستان سپیدان (مرکز: شهر اردکان) با وسعت حدود ۲۹۰۰۰۰ هکتار در شمال غربی استان فارس است و اقلیمی عمدتاً نیمه‌مرطوب و مرطوب دارد (مسعودی و همکاران ۲۰۱۶). جمعیت این شهرستان برپایه‌ی سرشماری سال ۱۳۹۵، ۹۱۰۴۹ تن بوده است. این شهرستان از مناطق مهم کشاورزی استان است. موقعیت این شهرستان در شکل (۱) مشخص شده است.

جنگل‌های حوزه‌های ۳۳ و ۳۴ شمال کشور، نتیجه گرفتند که روش منطق فازی براساس وزن‌دهی به‌روش تحلیل سلسله‌مراتبی سبب افزایش دقت در تعیین کاربری مناطق جنگلی می‌شود. نجفی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۳) برای تعیین توان اکولوژیک و آمایش سرزمین حوزه‌ی آبخیز چراغ‌ویس در جنوب شهرستان سقز، از دو روش سامانه‌ی مخدوم و تخصیص سرزمین چندعاملی استفاده کردند. نتایج نشان داد که روش تخصیص سرزمین چندعاملی توانایی بهتری برای آمایش کاربری‌ها در آبخیز مطالعه‌شده دارد و نقش آن در کاهش فرسایش و رسوب مؤثرتر است. ژوو و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی ۲۵۶ پژوهش گوناگون در باره‌ی تحلیل تصمیم‌پی‌بردند که روش‌های تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره از معمول‌ترین روش‌های تحلیل تصمیم است. نتایج العالم و همکاران (۲۰۱۰) در ارزیابی تناسب محصول جو در منطقه‌ی شمال غربی دشت جفارا در لیبی با مقایسه‌ی دو رویکرد منطق بولین و فازی نشان داد که در ارزیابی با رویکرد منطق بولین فقط یک عامل کافی است تا تناسب زمین از خیلی مناسب به تناسب پایین‌تر برود، اما روش فازی با وزن‌دهی عامل‌ها روش مناسب‌تری است. شناور و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی ارزیابی چندمعیاره، و به‌طور مشخص روش الگوی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در ارزیابی توان سرزمین حوزه‌ی آبخیز زرد خوزستان برای توسعه‌ی شهری در محیط سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، دریافته‌اند که معیارهای نقاط زلزله‌خیز، کاربری زمین و خاک‌شناسی وزن بیشتری از دیگر معیارها دارد؛ براساس نقشه‌ی نهایی، قسمت شمالی، مرکزی و شرقی حوزه‌ی آبخیز زرد و از لحاظ تقسیمات سیاسی دهستان قلعه‌تل از بخش مرکزی شهرستان باغ‌ملک از لحاظ توسعه‌ی شهری بیش‌ترین اولویت را داشت. با وجود سودمندی‌هایی که روش تحلیل سلسله‌مراتبی دارد، ایرادهایی نیز دارد که موجب می‌شود رویکرد ارزیابی، نیمه‌کیفی باشد. دیگر محدودیت این روش این است که اگر تعداد معیارها یا گزینه‌ها زیاد شود، تصمیم‌گیرندگان معمولاً در مقایسه‌های زوجی سردرگم می‌شوند. وقتی برخی معیارها مثبت و برخی منفی باشند این سردرگمی تشدید می‌شود. برای حل این مشکل از سایر روش‌های چندمعیاره نیز استفاده می‌شود. نعمتی‌ابوذر و بهشتی‌نیا (۲۰۱۷) از رویکرد ترکیبی روش‌های فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و تاپسیس^۱ فازی برای اولویت‌بندی و ارزیابی تأمین‌کنندگان در صنعت تبلیغات استفاده کردند. به‌علت بهره‌گیری از مزایای هر دو روش، نتایج نیز حاکی از بهینه بودن ارزیابی بود. نصیری و همکاران (۲۰۱۰) روش ترکیبی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و روش تاپسیس را در تعیین ارزش وزنی معیارها

1- The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)



شکل ۱- موقعیت منطقه‌ی مطالعه در استان فارس.

روش تحقیق

روش تحقیق در این پژوهش توصیفی-تحلیلی و روش گردآوری اطلاعات، اسنادی و میدانی (پرسش‌نامه برای روش تحلیل سلسله‌مراتبی) است. برای انجام تحلیل‌ها از نرم‌افزار آرک‌جی‌آی اس ۹٫۳ و اکسل استفاده شد. داده‌های استفاده‌شده در این تحقیق از راه‌های زیر به‌دست آمد:

۱. لایه‌های اطلاعاتی ارتفاع، شیب، جهت شیب، منابع آب و داده‌های هواشناسی (سازمان آب استان)، پوشش گیاهی و خاک‌شناسی (سازمان جهاد کشاورزی استان فارس) که بر اساس جدول ۱ تهیه و با بررسی و بازدیدهای میدانی به‌روز رسانده شدند.

۲. داده‌های جمع‌آوری شده از پرسش‌نامه برای بررسی روش تحلیل وزنی است. برای ارزیابی روش‌ها نیز از نقشه‌ی کاربری زمین (به‌روز شده با بازدیدهای میدانی و تصاویرهای گوگل ارث) و تصاویرهای ماهواره‌یی ان‌دی‌وی‌آی استفاده شد. کاربری‌های در نظر گرفته‌شده در شهرستان سپیدان نیز کشاورزی (آبی و دیم) و مرتعی است. شبیه این کاربری‌ها به‌همراه معیارها و شاخص‌های آن‌ها در جدول (۱) آورده شده است. نکته‌ی مهم در امتیازبندی کاربری‌ها این است که با توجه به چهار طبقه بودن هر کاربری، امتیازی از صفر (بدترین طبقه یا طبقه‌ی چهارم) تا سه (بهترین طبقه یا طبقه‌ی یک) به طبقه‌ها داده می‌شود.

جدول ۱- شاخص های مؤثر و فاصله ی طبقه های پیشنهادی آن ها برای کاربری های مختلف (مخدوم ۲۰۰۱؛ مخدوم و همکاران ۲۰۰۹؛ مسعودی و جوکار ۲۰۱۶).

طبقات توان	مرتعداری	کشاورزی دیم	کشاورزی آبی	شاخص	معیار
۱	۰-۱۵	۰-۵	۰-۸ (زراعت: ۵-۰)	درصد شیب	
۲	۱۵-۲۵	۵-۱۵	۸-۱۵ (زراعت: ۵-۸)		
۳	۲۵-۴۰	۱۵-۲۵	۱۵-۳۰ (زراعت: ۸-۱۵)		
۴	۴۰< (در زمین های کوهستانی)	۲۵<	۳۰< (زراعت: ۱۵<)		
۱		دشت	دشت (زراعت: دشت (نوع های دشت دامنه یی، رسوبی رودخانه یی، پست و گود، سیلابی))	ارتفاع (متر) و نوع اراضی	پستی و بلندی
۲	-	-	- (زراعت: نوع های ۳، ۸ و ۹ شامل فلات ها و پادگانه های فوقانی و مخروط افکنه))		
۳		تپه	تپه		
۴		کوه	کوه (زراعت: تپه و کوه)		
۱			نیمه خشک تا مرطوب	اقلیم	
۲			خشک		
۳			فرا خشک		
۴			-		
۱	کم	کم	کم	خطر خشک سالی در این تحقیق بر اساس روش پی ان آی	اقلیم
۲	متوسط	متوسط	متوسط		
۳	شدید و خیلی شدید	شدید و خیلی شدید	شدید و خیلی شدید		
۴	-	-	-		
۱	۴۰۰<	۴۰۰<		بارش (میلی متر)	
۲	۲۰۱-۴۰۰	۲۰۱-۴۰۰	-		
۳	۵۱-۲۰۰	۵۱-۲۰۰			
۴	۵۰>	۵۰>			
۱	بیش تر بافت ها (شامل سبک، متوسط و سنگین)	بیش تر بافت ها (شامل سبک، متوسط و سنگین)	بیش تر بافت ها (شامل سبک، متوسط و سنگین)	بافت	
۲	درشت (مانند شن درشت بافت متوسط و شن ریز)	درشت (مانند شن درشت بافت متوسط و شن ریز)	درشت (مانند شن درشت بافت متوسط و شن ریز)		
۳	خیلی درشت (شنی و شن درشت)	خیلی درشت (شنی و شن درشت)	خیلی درشت (شنی و شن درشت)		
۴	-	-	-		
۱	۰-۳۵	۰-۳۵	۰-۳۵	درصد سنگ ریزه	
۲	۳۵-۷۵	۳۵-۷۵	۳۵-۷۵		
۳	۷۵<	-	۷۵<		
۴	-	۷۵<	-		
۱	نیمه عمیق تا عمیق (>۵۰)	عمیق (>۸۰)	عمیق (>۸۰)	عمق (سانتی متر)	خاک
۲	کم عمق (۲۵-۵۰)	نیمه عمیق (۵۰-۸۰)	نیمه عمیق (۵۰-۸۰)		
۳	خیلی کم (>۲۵)	کم عمق (۵۰-۲۵)	کم عمق (۵۰-۲۵)		
۴	بی خاک (۰)	خیلی کم تا بی خاک (>۲۵)	خیلی کم تا بی خاک (>۲۵)		

۱	آهسته تا سریع (۰/۱-۲۵)	آهسته تا سریع (۰/۱-۲۵)	آهسته تا سریع (۰/۱-۲۵)	
۲	خیلی سریع یا خیلی آهسته (>۰/۱ یا <۲۵)	خیلی سریع یا خیلی آهسته (>۰/۱ یا <۲۵)	خیلی سریع یا خیلی آهسته (>۰/۱ یا <۲۵)	زهکشی (نفوذپذیری سانتی متر بر ساعت)
۳	-	-	-	
۴	-	-	-	
۱	کم	کم	کم	فرسایش خاک
۲	متوسط	متوسط	متوسط	در این تحقیق بر اساس روش بی‌اس‌آی‌اسی
۳	شدید و خیلی شدید	شدید	خیلی شدید	
۴	-	خیلی شدید	خیلی شدید	
۱	کم (>۸) و (>۱۵)	کم (>۸) و (>۱۵)	کم (>۸) و (>۱۵)	شوری (ds/m) و قلیائیت
۲	متوسط (>۸-۱۶) و (>۱۵-۳۰)	متوسط (>۸-۱۶) و (>۱۵-۳۰)	متوسط (>۸-۱۶) و (>۱۵-۳۰)	
۳	شدید و خیلی شدید (<۱۶) و (<۳۰)	شدید (<۱۶-۳۲) و (<۵۰-۳۰)	شدید (<۱۶-۳۲) و (<۳۰-۵۰)	
۴	-	خیلی شدید (<۳۲) و (<۵۰)	خیلی شدید (<۳۲) و (<۵۰)	
۱	خوب تا متوسط (<۱)	خوب تا متوسط (<۱)	خوب (<۱/۵)	حاصل خیزی (درصد ماده‌ی آلی)
۲	کم (۱)	کم (۱)	متوسط (۱-۱/۵)	
۳	خیلی کم (>۱)	خیلی کم (>۱)	کم و خیلی کم (>۱)	
۴	-	-	-	
۱			تحول یافته (دانه‌یی)	ساختمان (تحول یافتگی)
۲			نیمه تحول یافته	
۳			کم	
۴			تحول نیافته (بی ساختمان)	
۱			<۳۰۰۰ (m ³ /ha/year) (زراعت):	میزان آب استفاده‌شونده
۲			<۴۰۰۰	
۳			۱۵۰۰-۳۰۰۰ (زراعت): -۴۰۰۰	
۴			>۱۵۰۰	
			زمین‌های بی‌منابع آب	
۱			۰-۲۰	آب (در واحدهای آب‌شناسی) و تخریب منابع آب (دشت)
۲			۲۰-۳۰	
۳			<۳۰	
۴			-	
۱			۰-۷۵۰	EC (μmho/cm)
۲			۷۵۰-۲۲۵۰	
۳			<۲۲۵۰	
۴			-	
۱			۰-۱۸	SAR
۲			۱۸-۲۶	
۳			<۲۶	
۴			-	
۱	<۵۰ (علفی)			پوشش گیاهی
۲	۲۵-۵۰			درصد تاج پوشش (درختی و علفی)
۳	۵-۲۵			
۴	>۵			
۱	<۵۰۰			میزان علوفه‌ی خشک در سال (کیلوگرم در هکتار)
۲	۳۵۰-۵۰۰			
۳	>۳۵۰			
۴	-			

مرحله‌هاى ارزىابى در اين تحقيق

۱. ارزىابى سرزمين با روش تحليل سلسله‌مراتبى اصلاح‌شده^۱ و تركيب خطى وزنى^۲

روش تركيب خطى وزنى رايج‌ترين روش در تحليل ارزىابى چندمعيارى است و روش امتىازدهى نيز ناميده مى‌شود (قربانى و همكاران ۲۰۱۴). براى وزن دهى معيارها از روش اصلاحى تحليل سلسله‌مراتبى استفاده شد. براين اساس ۳۵ پرسش‌نامه براى هر كبرى به متخصصان (استادان دانشگاه و نخبگان) مربوط داده شد. پس از بررسى و ميانگين‌گيرى امتىازها، وزن نهايى با بهنجارسازى امتىاز هر معيار به دست آمد. در اين روش مجموع وزن‌هاى شاخص‌ها يا معيارها ۱ خواهد شد. پس از طبقه‌بندى نقشه‌ها و امتىازدهى براساس جدول ۱ (امتىاز صفر تا سه)، روش تركيب خطى وزنى (تابع جمع‌وزنى^۳) با معرفى نقشه‌هاى معيارها در نرم‌افزار آر ك جى آى اس ۹،۳ اجرا شد. براى ارزىابى كبرى‌ها براساس زيرمعيار (شاخص) و معيار در دو مرحله از رابطه‌ى ۱ و ۲ استفاده شد. براساس رابطه‌ى (۱) ابتدا شاخص‌هاى مرتبط با هر معيار با روش تركيب خطى وزنى محاسبه شد تا امتىاز معيار آن (X_1) به دست آيد. در گام بعد براساس رابطه‌ى (۲) معيارها با روش تركيب خطى وزنى تركيب شد و امتىازهاى نهايى هر كبرى (X_2) محاسبه شد.

رابطه‌ى (۱)

$$X_1 = [(W_1 \times \text{Indicator}_1) + (W_2 \times \text{Indicator}_2) \dots + (W_n \times \text{Indicator}_n)]$$

كه در آن: W برابر وزن به دست آمده براى هر شاخص و Indicator برابر امتىاز شاخص مى‌باشد. از رابطه‌ى زير براى به دست آوردن عدد نهايى به وسيله‌ى معيارها استفاده مى‌شود:

رابطه‌ى (۲)

$$X_2 = [(W_1 \times \text{Criteria}_1) + (W_2 \times \text{Criteria}_2) \dots + (W_n \times \text{Criteria}_n)]$$

كه در آن: W وزن به دست آمده براى هر معيار و Criteria امتىاز معيار است.

۲. ارزىابى سرزمين با روش وزن دهى پيشنهادهى (وزن دهى منطقه‌يى^۴) و تركيب خطى وزنى

روش پيشنهادهى وزن دهى منطقه‌يى روشى كاملاً كمى و مبتنى بر شرايط منطقه‌يى ارزىابى شده است. در اين روش وسعت و طبقه‌يى محدوديت نقش اصلى در تعيين وزن هر معيار يا شاخص دارد. نحوه‌ى وزن دهى براساس

مراحل زير است كه در جدول اطلاعات توصيفى سامانه‌يى اطلاعات جغرافىيى انجام شد:

(الف) طبقه‌بندى هر معيار (مانند پستى و بلندى)

در مقياسى مشخص (ساده يا فازى) براى تمام معيارها و براساس طبقه‌هاى شبیه و هدف ارزىابى: مانند طبقه‌بندى شيب به چهار طبقه‌يى صفر تا هشت؛ ۱۵-۸؛ ۳۰-۱۵ و $30 <$.

(ب) امتىازدهى به هر طبقه از كم تر به بيش تر و براساس تعداد طبقه: در مثال قبلى با توجه به چهار طبقه‌يى بودن، امتىاز از يك (بهترين طبقه) تا چهار (بدترين طبقه) داده مى‌شد.

(پ) تعيين مساحت هر طبقه

(پ) تعيين وزن اوليه (ميانگين وزن) هر معيار براساس رابطه‌ى (۳)

$$RW = [E(A_i \times C_i)] / EA \quad (3)$$

كه در آن: A_i مساحت هر طبقه (طبقه‌يى محدوديت)؛ A مساحت كل منطقه؛ C_i امتىاز محدوديت (هر طبقه).

براساس رابطه‌يى بالا، ابتدا مساحت هر طبقه در امتىاز همان طبقه ضرب و سپس حاصل ضرب‌ها با هم جمع شدند. در نهايت مجموع به دست آمده بر مساحت كل منطقه تقسيم شد.

(ت) بهنجار كردن وزن‌هاى اوليه

در اين مرحله وزن هر معيار بر مجموع وزن‌هاى معيارها تقسيم شد تا وزن بهنجار شده‌يى هر معيار به دست آيد. اين عمل موجب مى‌شود تا وزن هر معيار نسبت به ساير معيارها محاسبه شود. مجموع وزن‌هاى نهايى نيز يك بود. در اين روش مقياس امتىازدهى و مساحت بايد براى تمامى معيارها يكسان باشد. هم‌چون اين، در مراحل بالا وزن معيارها به دست مى‌آيد. پس از طبقه‌بندى نقشه‌ها و امتىازدهى براساس جدول ۱ (امتىاز صفر تا سه)، امتىاز هر معيار (مانند اقليم) از ميانگين هندسى امتىازات شاخص آن حساب مى‌شود.

(ث) تركيب خطى وزنى: در گام نهايى روش تركيب خطى وزنى (تابع جمع‌وزنى) با معرفى نقشه‌هاى معيارها در نرم‌افزار آر ك جى آى اس ۹،۳ اجرا شد (رابطه‌يى ۴).

$$X = [(W_1 \times \text{Criteria}_1) + (W_2 \times \text{Criteria}_2) \dots + (W_n \times \text{Criteria}_n)]$$

كه در آن W وزن به دست آمده براى هر معيار و Criteria امتىاز معيار است.

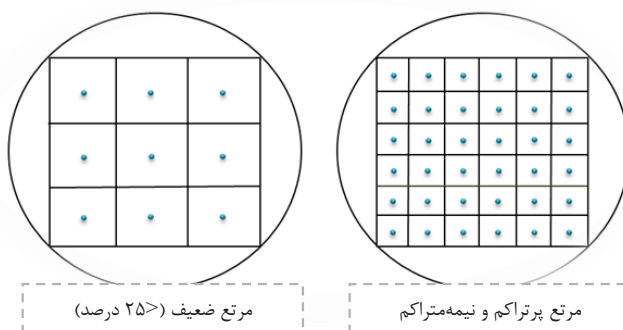
در اين تحقيق عامل محدوديت (C_i) در هر دو روش ارزىابى نشد تا مشخص شود كه با در نظر گرفتن اين عامل مهم، كدام شبیه توانايى شناسايى اين مناطق محدود كننده را دارد.

- 1- M-AHP
- 2- WLC
- 3- weighted sum
- 4- regional weighting (RW)

نحوه‌ی نمونه‌گیری از طبقه‌های واقعیت زمینی ماتریس (نقشه‌ی کاربری زمین و تصویرهای ماهواره‌ی آن‌دی‌وی‌آی) به‌صورت تصادفی سامان‌هاتیک است و به‌علت توزیع پراکنده‌ی طبقه‌ها در شهرستان، براساس شکل (۲) از طبقه‌هایی که اهمیت بیش‌تری در ماتریس دارند (مانند مرتع پرتراکم (تراکم بیش از ۵۰ درصد) و نیمه‌متراکم (تراکم میان ۵۰-۲۵ درصد در کاربری مرتع)، نمونه‌ی بیش‌تری گرفته شد. وسعت طبقه‌ها نیز در بررسی صحت در نظر گرفته شد (فلاح‌شمسی ۱۹۹۷).

بررسی صحت و عمل‌کرد شبیه‌های طرح‌ریزی شده

برای بیان کمی صحت نقشه می‌توان آن را با واقعیت زمینی مقایسه، و نتیجه‌ها را در جدولی به‌نام جدول ماتریس خطا (کانگالتون ۱۹۹۱؛ فلاح‌شمسی ۱۹۹۷) آورد. طبقه‌های نقشه‌ی طبقه‌بندی‌شده در ردیف‌های جدول، و واقعیت زمینی در ستون‌های جدول آورده می‌شود. به‌این ترتیب تعداد پیکسل‌هایی (نقاطی) که درست طبقه‌بندی شده‌اند در قطر جدول قرار خواهد گرفت. بر پایه‌ی این جدول می‌توان معیارهای کمی نظیر صحت کلی، ضریب کاپا، و ضریب درون طبقه‌ی را برای بیان صحت محاسبه کرد.



شکل ۲- نحوه‌ی نمونه‌گیری از طبقه‌های ماتریس خطا برای طبقه‌های مهم‌تر از سایر طبقه‌ها.

فرآیند ارزیابی توان بوم‌شناسی را نشان می‌دهد. معیارهای مختلف در دو روش با هم تفاوت دارند.

نتایج

جدول ۲ نتایج به‌دست‌آمده از تشکیل روش‌های اولویت‌بندی استفاده‌شده در

جدول ۲- وزن‌های به‌دست‌آمده از دو روش M-AHP و RW.

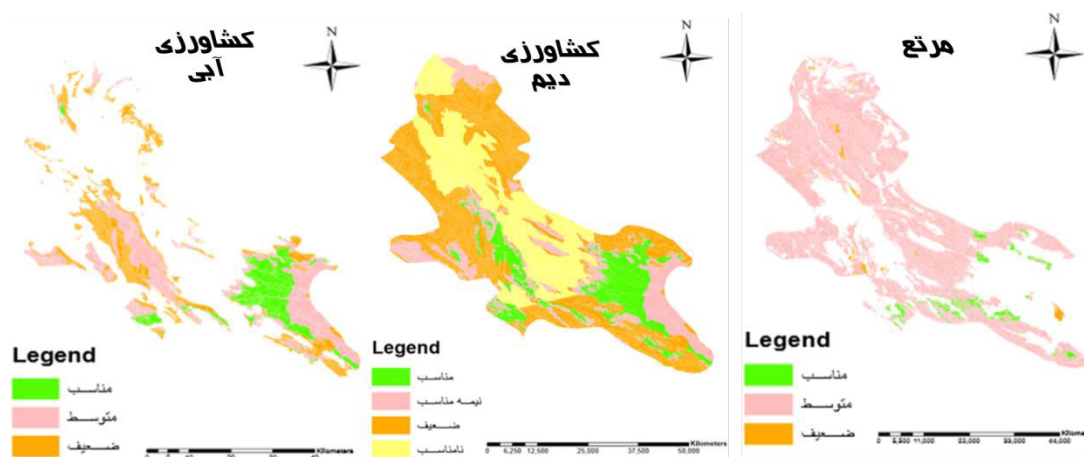
مرتع (حفاظتی)		کشاورزی دیم		کشاورزی آبی		ویژگی
M-AHP	RW	M-AHP	RW	M-AHP	RW	
*	*	۰/۳۱	۰/۴۲	۰/۲۳	۰/۳۲	پستی‌وبلندی
۰/۳۵	۰/۳	۰/۳۶	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۱۸	اقلیم
۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۲۶	۰/۲۶	خاک
*	*	*	*	*	*	زمین‌شناسی
۰/۳۴	۰/۳۸	*	*	*	*	پوشش گیاهی
*	*	*	*	۰/۲۷	۰/۲۴	آب

شد (جدول ۳). در شکل ۳ نیز نقشه‌ی توان بوم‌شناسی سه کاربری بررسی شده در شهرستان سپیدان که بیش‌ترین دقت را دارد مشاهده می‌شود.

برای سنجش و ارزیابی این که کدام‌یک از روش‌های بالا توان سرزمین را صحیح برآورد کرده‌اند، پس از ارزیابی توان با روش ترکیب وزنی خطی، صحت دو نقشه ارزیابی شد. نقشه‌ی توان سرزمین با واقعیت زمینی مقایسه

جدول ۳- شاخص های ارزیابی صحت برای بررسی روش های ارزیابی توان بوم شناسی کاربری های مختلف.

کاربری	شاخص ارزیابی	MCE (RW)	MCE (M-AHP)
کشاورزی آبی	صحت کلی (درصد)	۸۱	۵۸
	ضریب کاپا	۰/۲۲	۰/۱۷
	ضریب درون منطقه‌یی	۴/۶۹	۲/۲۲
کشاورزی دیم	صحت کلی (درصد)	۸۱	۷۳
	ضریب کاپا	۰/۵۷	۰/۴۶
	ضریب درون منطقه‌یی	۱/۲۱	۱/۰۸
مرتعداری	صحت کلی (درصد)	۵۸	۵۷/۸
	ضریب کاپا	۰/۰۶۵	۰/۰۶۲
	ضریب درون منطقه‌یی	۱/۳۲	۱/۳۱



شکل ۳- نقشه‌ی توان بوم شناسی کاربری های بررسی شده با بیشترین دقت.

بحث و نتیجه گیری

بر اساس بررسی روش های مختلف ارزیابی توان، از جمله روش پیشنهادی وزن دهی منطقه‌یی و تحلیل سلسله مراتبی اصلاح شده (جدول ۳) مشخص شد که روش پیشنهادی وزن دهی منطقه‌یی صحت بیش تری از روش رایج تحلیل سلسله مراتبی اصلاح شده دارد، به این معنی که روش پیشنهادی توانسته است مناطق مناسب (بر اساس ضریب درون طبقه‌یی و سایر شاخص های صحت)، و نامناسب را که بر اساس ماتریس خطا تشکیل شد با دقت بیش تری تشخیص دهد. اهمیت روش های وزن دهی در فرآیند ارزیابی توان بوم شناسی در تحقیقات مختلف بررسی شده است. در تحقیق اسدی فرد (۲۰۱۵) برای تمامی کاربری های شهرستان فیروزآباد، رزاقی (۲۰۱۶) برای کاربری های کشاورزی و مرتعی، فریدی و همکاران (۲۰۱۶) برای کاربری جنگل داری، میان روش بولین (بی وزن) و روش تحلیل سلسله مراتبی مقایسه انجام شد. نتایج نشان داد که روش های وزنی توانایی بیش تری در برآورد و پیش بینی واقعیت دارند.

هر چند روش های وزنی مناسب اند، اما باید بررسی شود که همین روش وزنی تا چه حد به شرایط واقعی نزدیک است. رجایی و همکاران (۲۰۱۷) روش ارزیابی چند معیاره را برای پیش بینی مستعدترین پهنه های کشاورزی حوزه ی آبخیز تجن بررسی کردند. وزن شاخص ها نیز با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی تعیین شد که در واقع روی کردی کیفی دارد و ممکن است خطای محاسبه‌یی را افزایش دهد. این تحقیق نشان داد که روی کرد اولویت بندی معیارها و ارزیابی توان با روش رایج ارزیابی چند معیاره و تحلیل سلسله مراتبی ممکن است به دلیل قضاوت شخصی افراد خطا داشته باشد. این نتایج با تحقیقات پورقاسمی و همکاران (۲۰۱۳، ۲۰۱۶) نیز مطابقت دارد، به طوری که این خطا حتی بر محاسبه های ارزیابی، و در نهایت دقت آن نیز مؤثر خواهد بود. از این رو، به دلیل تسلط نسبی متخصصان بر مسئله ی ارزیابی شده، همیشه نمی توان به این نوع شبیه سازی اطمینان نکرد. با پیش رفت علم روش هایی نیز در ارزیابی توان بوم شناسی پیدا شده است که

Zagros forests with application of multi-criteria decision-making. GIS and Remote Sensing. Town and Country Planning. 3 (4): 45–64. (In Persian).

Amiri MJ, Salman Mahini A, Jalali SGH, Hosseini SM, Azari Dehkordi F. 2010. A comparison of maps overlay systemic method and Boolean- Fuzzy Logic in the Ecological Capability Evaluation of No. 33 and 34 Watershed Forests in Northern Iran. Environmental Sciences. 7(2): 109–124. (In Persian).

Asadifard E. 2015. Landuse planning in Firuzabad Township based on modifying method of current model using the GIS. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. Shiraz University. (In Persian).

Congalton RG. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of Remotely Sensed Data. Remote Sensing of Environment. 37: 35–46.

Elaalem M, Comber A, Fisher P. 2010. Land suitability analysis comparing Boolean logic with fuzzy analytic hierarchy process. Accuracy 2010 Symposium. July 20–23. Leicester, UK. pp. 245–247.

Fallah Shamsi SR. 1997. Accuracy assessment of satellite based maps using sampling. M.Sc Dissertation. Faculty of Natural Resources. University of Tehran, Iran. 86 p. (In Persian).

Faridi E, Valizadeh Kh, Rezvani M. 2016. Ecological land capability assessment of Arasbaran protected area for forestry using multi criteria Boolean and weighted linear combination techniques. Journal of environmental science and technology. In press. (In Persian)

Ghorbani R, Pourmohammadi MR, Mahmoodzadeh H. 2014. Environmental approach in sodeling land use change in Tabriz city using multi-temporal satellite images, MCE and Markov chain (1984-2038). Urban studies. 2: 13-30. (In Persian)

Gumus AT. 2009. Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two-step AHP-fuzzy and TOPSIS methodology. Expert Systems with Applications. 36: 4067–4074.

Jokar P. 2015. Mapping of land use planning based on modification and quantitative method of current model. (A case study: Jahrom Township). M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. Shiraz University, Iran. (In Persian).

پنجیدگی ارزیابی را دوچندان می کند. پورخباز و همکاران (۲۰۱۵) ارزیابی تناسب زمین را برای تعیین کاربری کشاورزی با شبیه های تصمیم گیری چندمعیاره ای دما تل- آن پی و اف آچ پی (مطالعه ای موردی: حاشیه ای بهمیان) انجام دادند. نتایج نشان داد که به دلیل نزدیکی منطقه به کوهستان و تپه های ماهوری و وجود سازندهای انجالی گچ و آهک منطقه ای مطالعه شده از نظر توان بوم شناسی برای کاربری کشاورزی در حد مناسب و دل خواه نیست. این نتیجه به وضوح در هر دو روش دیده می شود، اما با توجه به این که در روش اف آچ پی چانگ مناطق نامساعد مساحت بیشتری از روش دما تل- آن پی دارند می توان گفت که نتایج روش اف آچ پی چانگ با واقعیت سازگاری بیشتری دارد.

همچنین، روش پیشنهادی به دلیل ساده بودن مزیت عمده ای در مقایسه با تحقیقات امیری و همکاران (۲۰۱۰)، شناور و همکاران (۲۰۱۶)، سرور و خلیجی (۲۰۱۴) و پژوهش های دیگر دارد که از روش های اولویت دهی پیچیده استفاده کرده بودند. به طوری که جوکار (۲۰۱۵) نشان داد، شبیه های کاربر پسند شبیه هایی اند که هم ساده اند و هم دقت زیادی دارند. در واقع از مزیت های مهم روش پیشنهادی می توان به سادگی، نیازمند نبودن به پرسش نامه و صرفه جویی در زمان و هزینه، کمی بودن روش و دخالت ندادن قضاوت شخصی، توان تشخیص مناطق مناسب و نامناسب در منطقه، و مهم تر از همه، توانایی وزن دهی و ارزیابی آن متناسب با هر منطقه (مانند واحد ارزیابی) و به خصوص زمان اشاره نمود.

برای ارزیابی صحت تحقیقاتی مانند این که بیشتر جنبه ای تحلیل مکانی دارد، بهتر است از روش ماتریس توافق استفاده شود. در تحقیقاتی مانند پروین و همکاران (۲۰۱۳) برای مقایسه ای کاربری فعلی و توان از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شده بود. این ضریب بیانگر همبستگی آماری دو متغیر است، در حالی که روش ماتریس توافق به دلیل جزئیات محاسبه ای بیش تر برای انطباق مکانی شرایط بالقوه و بالفعل مناسب تر است.

به طور کلی در این مطالعه ارزیابی توان بوم شناسی کاربری های مختلف، با به کارگیری روش های مختلف وزن دهی منطقه ای و تحلیل سلسله مراتبی اصلاح شده، و با نگرش همه جانبه به ویژگی های محیطی منطقه های مطالعه شده بررسی شد. برای بررسی عمل کرد هر یک از شبیه های اشاره شده، ارزیابی صحت با رویکرد ماتریس خطا انجام شد. نتایج نشان داد که روش پیشنهادی وزن دهی منطقه ای توان بیش تری برای تخمین توان بوم شناسی منطقه های بررسی شده دارد. برای اطمینان از روش پیشنهادی، دو نکته را می توان برای تحقیقات آینده توصیه کرد: ۱) انجام این روش در منطقه های دیگر با اقلیم های متفاوت برای به قطعیت رسیدن این نظریه، و ۲) در صورت به قطعیت رسیدن درست تر بودن این روش با تحقیقات بیشتر، جای گزین شدن وزن دهی منطقه ای با تحلیل سلسله مراتبی در روش های ارزیابی چندمعیاره.

منابع

Ahmadi Sani N, Babaie Kafaki S, Motaji A. 2011. Evaluating the feasibility of ecotourism activities in the northern

- for cotton crop land suitability: A Perspective from sindh province of Pakistan. Federal Urdu University of Arts, Sciences and Technology. 3(1): 31–37.
- Pourghasemi HR, Moradi HR, Fatemi Aghda SM. 2013. Landslide susceptibility mapping by binary logistic regression, analytical hierarchy process, and statistical index models and assessment of their performances. *Natural Hazards*. 69:749–779.
- Pourghasemi HR, Beheshtirad M, Pradhan B. 2016. A comparative assessment of prediction capabilities of modified analytical hierarchy process (M-AHP) and Mamdani fuzzy logic models using Netcad-GIS for forest fire susceptibility mapping. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. 7 (2): 861–885.
- Pourkhabbaz HR, Aghdar H, Mohammadyari F, Javanmardi S. 2015. Land suitability evaluation for determining of agricultural land use by Multi Criteria Decision Making models ANP- DEMATEL and FAHP Chang (Case study: Behbahan fringe). *Journal of environmental studies*. 41 (2): 429–445.
- Rajaei F, Esmaili A, Salmanmahiny A, Delavar M, Gholipour M, Massah Bavani A. 2017. Prediction the most suitable of agricultural zones in the Tajan Watershed using Multi Criteria Evaluation (MCE) Approach. *Town and country planning*. 9 (1): 111–127.
- Razaghi S. 2016. Assessment and comparison of landuse planning in Sepidan region using models of Makhdom, MCE and EMOLUP. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. Shiraz University. (In Persian)
- Sarvar R, Khaliji M. 2014. Evaluation of ecological capability of urban development in Tabriz City using network analysis process model. *Journal of Studies of Human settlements planning*. 9 (29): 17–30.
- Shenavar B, Hosseini M, Orak N. 2016. Assessing land capability for Urban Landuse by the Weighted Linear Composition (WLC) in GIS. *Journal of Environmental Science and Technology*. 18: 99–116. (In Persian)
- Vahidnia MH, Alesheikh A, Alimohammadi A. 2009. Hospital site selection using AHP -fuzzy and derivatives. *Journal of Environmental Management*. 90: 3048–3056.
- Zhou P, Ang BW, Poh KL. 2006. Decision analysis in energy and environmental modeling: an update. *Energy*. 31: 2604–2622.
- Makhdom M. 2001. Fundamental of land-use planning. Tehran University Press, Tehran, 289 p. (In Persian).
- Makhduom M, Darvishsefat A, Jafarzadeh H, Makhdom A. 2009. Environmental evaluation and planning by geographic Information system. University of Tehran. 304 p. (In Persian).
- Masoudi M, Jokar P. 2015. Land use planning using a quantitative model and Geographic Information System (GIS) in Shiraz Township, Iran. *Ecopersia*. 3 (2): 959–974.
- Masoudi M, Jokar P. 2016. Suggestion the proposed model of EMOLUP, with New approach in land use planning (Step one: ecological capability evaluation for different land uses). *Environmental Studies*. 14(2): 51–68. (In Persian).
- Masoudi M, Vahedi M, Nematollahi A, Fallah Shamsi SR. 2016. Comparison of land degradation risk between a semi humid to humid region (Sepidan) and arid region (Lamerd) based on a proposed model of RALDE in Fars Province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 22 (4): 802–820. (In Persian).
- Masoudi M, Jahantigh H, Jokar P. 2017. Land use planning using a quantitative model and Geographic Information System (GIS) in the Siestan Region, Iran. *Ecopersia*. 5 (2): 1745–1759.
- Najafinezhad A, Pishdad Soleimanabad L, Salmanmahini A. 2013. Comparison of the efficiency of systematic and multi objective land allocation methods for land use planning using geographic information system. *Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science*. 4:1–11. (In Persian).
- Nasiri O, Montazer A, Momeni M. 2010. Combined application of analytical hierarchy process and TOPSIS technique in determining the weight of the criteria and performance evaluation irrigation and drainage networks (Case study: Triple Areas of Sefidrood Irrigation Network). *Iranian Journal of Irrigation and drainage*. 4 (2): 284–296. (In Persian).
- Nemati Abouzar V, Beheshtinia M. 2017. Combine fuzzy hierarchy process and fuzzy topsis processes to choose supply. case study: Advertising company. *Journal of Modeling in Engineering*. 15 (48): 217–229. (In Persian).
- Perveen S, Arsalan M, Faheem siddiqui M, Ahmed khan I, Anjum SH, Abid M. 2013. GIS-Based multi-criteria model