

مقایسه و اعتبارسنجی دو رویکرد بهینه‌سازی کاربری‌ها در آمایش سرزمین شهرستان گرگان

فاطمه جهانی‌شکيب^{۱*}، طاهره اردکانی^۲، عبدالرسول سلمان‌ماهینی^۳

^۱استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه بیرجند

^۲عضو هیات‌علمی دانشگاه اردکان

^۳آستاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۲۰

چکیده

یکی از مهم‌ترین مسئله‌ها در آمایش سرزمین، رفع تعارض میان کاربری‌های متضاد و یا رقیب در یک مکان است. این امر باید با توجه به میزان مطلوبیت و در نظر گرفتن پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی آنها انجام شود. بدین منظور رویکردهای مختلفی شکل گرفته است که هر کدام برای رفع این تعارضات به شکلی این کار را انجام می‌دهند. هدف این تحقیق مقایسه دو رویکرد بهینه‌سازی تخصیص کاربری چندهدفه زمین (MOLA) و انتخاب چندبُعدی (MDCHOICE) است. نخست نقشه‌های حاصل از دو رویکرد برای محدوده شهرستان گرگان تهیه شدند و سپس این نتایج با روش‌های آماری و بوم‌شناختی و سنجه‌های سیمای سرزمین مقایسه شدند. نتایج مقایسه مبتنی بر پارامترهای آماری و بوم‌شناختی حاکی از برتری رویکرد تخصیص کاربری چندهدفه زمین بود. به‌منظور اعتبارسنجی بنابر نتیجه مرحله قبل، نقشه حاصل از رویکرد MOLA به‌عنوان نقشه مرجع و رویکرد دیگر به‌عنوان نقشه مورد مقایسه، استفاده گردید. سپس، میزان شباهت و میزان توافق نقشه‌ها به‌کمک الگوریتم‌های مختلف موجود در نرم‌افزارهای ایدرسی و MCK، بررسی گردید. نتایج حاصل از بکارگیری هر یک از الگوریتم‌ها، شاخص‌های مفیدی مثل مقایسه طبقه به طبقه و سلول به سلول و انواع دیگری از ضرایب کاپا مانند کاپای هیستو، کاپای مکانی و کاپای فازی را ارائه کردند که به‌نوع خود باب مباحث تکمیلی در روش‌های مقایسه را باز می‌کند. در نهایت، به‌عنوان یک نتیجه‌گیری فرعی پیشنهاد می‌شود برای مقایسه نقشه‌هایی که به روش‌های مختلف مدلسازی شده‌اند و یا در اعتبارسنجی‌ها، بجای ضریب کاپای معمول یا استاندارد، از انواع مختلف کاپا که میزان توافق در مکان و تعداد را نشان می‌دهند، استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: آمایش سرزمین، بهینه‌سازی، MOLA، MDCHOICE، اعتبارسنجی

مقدمه

این است که چند کاربری با هم موجود باشند. این تصمیمات به‌طور معمول نیاز به در نظر گرفتن پیامدهای اقتصادی، محیط‌زیستی و اجتماعی و شیوه‌های متناوب استفاده از زمین دارد (نات^۲ و همکاران، ۲۰۰۰: ۲۴۸).

روش‌های زیادی جهت تسهیل فرایند تخصیص کاربری در دسترس هستند. سیستم پشتیبان تصمیم یا DSS (زیالی^۳ و همکاران، ۲۰۰۹: ۴۴۵)، الگوریتم NSGA-II-LUM (داتا^۴ و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۲)،

آمایش سرزمین به‌معنی تخصیص کاربری‌ها به واحدهای مشخصی از زمین با توجه به توان فیزیکی و بوم‌شناختی آن است؛ در این فرآیند نه تنها نوع فعالیت بلکه مکان آن مشخص می‌شود. هنگامی که یک کاربری، مدلسازی و کمی شده باشد، می‌تواند بصورت بالقوه با کاربری‌های دیگر از جنبه فضا و منابع در رقابت باشد. به‌عنوان مثال، کاربری‌هایی مانند کشاورزی، جنگلداری و آبی‌پروری ممکن است بر سر زمین و منابع مرتبط بهم به رقابت بپردازند. تصمیم‌گیری مقرون به‌صرفه در این موارد

2. Nath
3. Xiaoli
4. Datta

*نویسنده مسئول: f.jahani.sh@gmail.com

پونتیوس^۸ و اشنایدر^۹ در سال ۲۰۰۱ از شاخص ROC^{۱۰} جهت بررسی صحت دو نقشه استفاده نمودند و این شاخص را از روی منحنی ROC استخراج نمودند. هنگامی که بین دو نقشه تطابق کامل وجود داشته باشد؛ شاخص ROC برابر با یک خواهد بود و در مواردی که تطابق مکانی نقشه‌ها کاملاً تصادفی باشد.

مقدار برابر با ۰/۵ می‌شود. پاور^{۱۱} و همکاران (۲۰۰۱: ۸۸) جهت بررسی شباهت‌های فضایی و تغییر استفاده از اراضی بین دو نقشه رستری و یا به عبارت دیگر مقادیر توافق مکانی، از مفهوم پلی‌گن و نه مقایسه پیکسل به پیکسل استفاده کردند و آن را از طریق الگوریتم ترکیبی حداقل و حداکثر منطق فازی محاسبه نمودند. هاگن^{۱۲} (۲۰۰۲: ۱) از رویکرد چندروشی^{۱۳} برای ارزیابی شباهت نقشه‌های طبقه‌بندی استفاده کرد که شامل چندین روش مقایسه جدید است. بعضی از آنها به کمک شاخص Kappa، و برخی دیگر به کاربرد نظریه مجموعه فازی مربوط می‌شوند. هاگن (۲۰۰۳: ۲۴۵) برای ارزیابی نتایج حاصل از سنجش از دور و مدل‌های فضایی با درجه تفکیک بالا، از داده‌های طبقه‌بندی شده و نظریه مجموعه فازی استفاده نمود که شامل فازی‌سازی مکان و فازی‌سازی طبقه است. در این روش نقشه‌ای تولید می‌شود، که به هر سلول درجه‌ای از تشابه در مقیاس ۰ تا ۱ داده می‌شود. علاوه بر ارزیابی فضایی شباهت، این روش یک ارزش کلی برای شباهت تحت عنوان Kappa فازی تولید می‌کند که مقدار شباهت متوسط سلول را با شباهت مورد انتظار تصحیح می‌کند. همچنین می‌توان پونتیوس و همکاران (۲۰۰۷: ۶۷۷) را نام برد که نقشه جنگل‌زدایی شبیه‌سازی شده از طریق مدل^{۱۴} BLM را برای ۱۸ اجرای متفاوت، نسبت به یک نقشه مرجع از سال ۱۹۹۹ مورد مقایسه قرار دادند و میزان توافق را از

ژنتیک زمین (سیشز^۱ و همکاران، ۲۰۰۷: ۴)، الگوریتم ژنتیک (متیوس^۲، ۲۰۰۱: ۳)، تخصیص زمین چندهدفه^۳ (حجه فروش^۴ و همکاران، ۲۰۱۱: ۲۵۷؛ کبودی و همکاران (۱۳۹۰: ۳۹)؛ شایگان و همکاران (۱۳۹۲: ۵) و انتخاب چندبعدی^۵ (ناث و همکاران، ۲۰۰۰: ۲۴۷) نمونه‌های کاربردی خوبی هستند. در این میان دو روش MOLA و MDCHOICE به صورت یک رویه آماده در نرم‌افزار IDRISI ارائه شده است. رویه MOLA برای اختصاص موقعیت‌های مکانی براساس آستانه‌های مساحت کل طراحی شده است و همزمان مشکل مناطقی که موضوعات چندگانه در آن در تضاد هستند را رفع می‌کند. پاسخ‌ها آنقدر تکرار می‌شوند تا بهترین راه‌حل کلی برای همه کاربری‌ها ایجاد گردد (سلمان ماهینی و کامیاب، ۱۳۸۸: ۲۸۰). روش انتخاب چندبعدی و یا MDCHOICE، در مقایسه با MOLA در پژوهش‌ها استفاده چندانی نشده است؛ بنابراین، در این تحقیق سعی شده به مقایسه این دو روش از جنبه آماری و بوم‌شناختی پرداخته شود و مدلی که به واقعیت نزدیکتر است انتخاب گردد تا به‌عنوان نقشه پایه جهت بررسی دقت و صحت نقشه تولید شده توسط الگوریتم‌های جدید استفاده شود.

مطالعات زیادی در رابطه با ارزیابی صحت نقشه‌های شبیه‌سازی شده صورت گرفته است که می‌توان به‌عنوان نمونه مطالعه کلارک^۶ و هاسکینگ^۷ در سال ۱۹۸۶ که به‌منظور اعتبارسنجی مدل، از شاخص Pseudo-R2 استفاده کردند که Pseudo-R2 مساوی با یک، بیانگر برازش کامل و Pseudo-R2 برابر با صفر به معنای عدم وجود رابطه معنادار بین متغیرهای مستقل و وابسته است و همچنین ذکر کردند که در مطالعات مکانی Pseudo-R2 بزرگتر از ۰/۲ را می‌توان نشانگر یک برازش نسبتاً خوب دانست.

8. Pontius
9. Schneider
10. Operating Characteristic Relative
11. Power
12. Hagen
13. Multi-Method Approach
14. Behavioral Landscape Model

1. Seixas
2. Matthews
3. Multi objective land allocation (MOLA)
4. Hajehforooshnia
5. Multi-Dimensional Choice (MDCHOICE)
6. Clarke
7. Hosking

همکاران، ۲۰۰۶: ۱۰؛ پونتیسوس و میلونز^۱، ۲۰۰۸: ۱؛ پونتیسوس و اشنایدر، ۲۰۰۱: ۲۴۶؛ پونتیسوس، ۲۰۰۰: ۱۰۱۱). در این رویه میزان توافق و عدم توافق بر اساس γ پارامتر، $N(n)$, $N(m)$, $H(m)$, $M(m)$, $K(m)$, $P(m)$, and $P(p)$ محاسبه می‌شود. محاسبه این آماره‌ها برای هر اندازه سلولی ممکن است. شکل ۱ توابع ریاضی هر پارامتر را نشان می‌دهد.

در شکل ۱، عبارت $M(m)$ در ستون و ردیف وسط، بر توافق بین نقشه مرجع و نقشه مقایسه از نقطه نظر درستی نسبی دلالت دارد. سایر عبارات هم توافق بین نقشه مرجع و نقشه مقایسه اصلاح شده را نشان می‌دهند که در آن اصلاح بر اساس ترکیبی از اطلاعات کمی و مکانی است. $Rdnj$ عضویت سلول n شبکه در طبقه j در زیربخش d برای نقشه مرجع است. $Sdnj$ عضویت سلول n شبکه در طبقه j در زیربخش d برای نقشه مقایسه شده است. Wdn وزن سلول n در زیربخش d است. J تعداد طبقه‌ها است، D تعداد کل زیربخش‌هاست و تعداد کل سلول‌ها در زیربخش d ، با N_d نشان داده می‌شود (پونتیسوس و همکاران، ۲۰۰۷: ۶۸۶).

در محور افقی سه سطح ممکن از مقدار اطلاعات شامل: n به معنی عدم وجود اطلاعات، m به معنی اطلاعات متوسط و p به معنی اطلاعات کامل قرار دارد. به همین منوال، تابع مشخص شده با حرف بزرگ، یکی از پنج سطح ممکن از اطلاعات مکانی را نشان می‌دهد: $N(x)$ به معنی عدم اطلاعات، $H(x)$ به معنی اطلاعات متوسط در سطح زیربخش، $M(x)$ به معنی اطلاعات متوسط در سطح سلول شبکه، $K(x)$ به معنی اطلاعات کامل در سطح سلول شبکه با توجه به اطلاعات ناقص در سطح زیربخش، و $P(x)$ به معنی اطلاعات کامل در سطح سلول شبکه در سراسر سیمای سرزمین است. بر اساس اطلاعات فوق، هفت جزء بحرانی از توافق و عدم توافق پیشنهاد شده است که در جدول ۱ مرتب شده‌اند (پونتیسوس و همکاران، ۲۰۰۷: ۶۸۷).

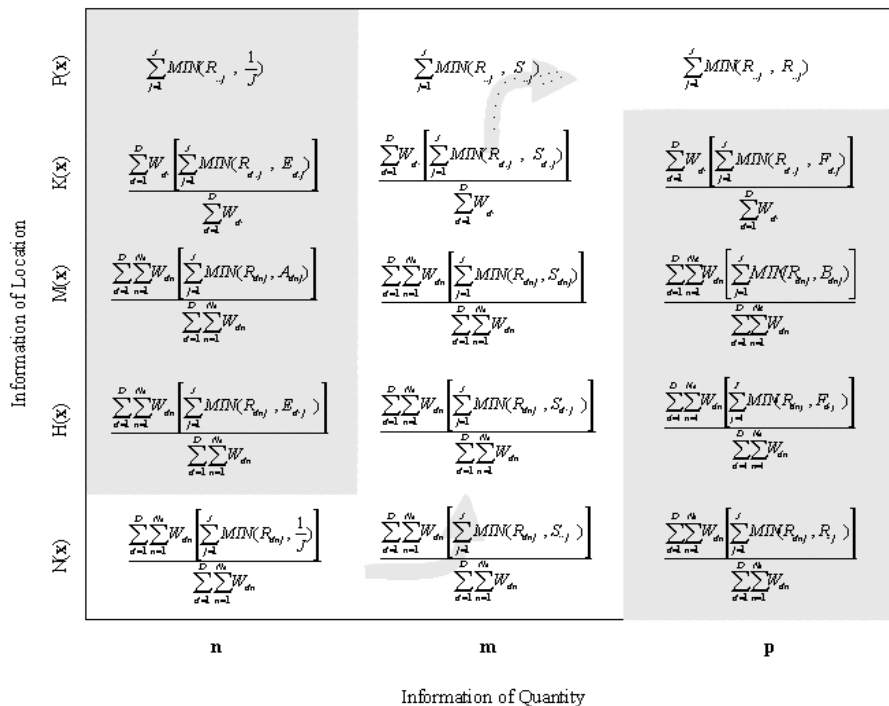
طریق شاخص کاپای توافق، بصورت نماد $Kstandard$ معرفی نمودند و علاوه بر آن Kno (کاپا برای عدم اطلاعات)، $Klocation$ (کاپا برای موقعیت مکانی در سطح سلول شبکه)، $KlocationStrata$ (کاپا برای موقعیت مکانی در سطح زیربخش) را ارائه نمودند. با توجه به مطالب ذکر شده در این مطالعه سعی شده در ابتدا دو روش تخصیص کاربری با هم مقایسه گردد و سپس، صحت خروجی این رویه‌ها ارزیابی گردد.

مبانی نظری

آنچه که در سطح سرزمین دیده می‌شود. ترکیبی از پوشش و کاربری اراضی است. هدف از پوشش، پدیده‌های طبیعی و دست نخورده و یا کمی دست‌خورده و منظور از کاربری اراضی پدیده‌هایی است که عمدتاً ساخته دست بشر است. در آمایش سرزمین بطور کلی تلاش می‌گردد رابطه بین انسان و نیازهای او با کاربری‌ها و پوشش سرزمین تنظیم گردد. برای آمایش، روش‌های متعددی موجود است ولی همه این روش‌ها در انتها به شکل مکانی مشخص می‌نمایند، چه تغییراتی در پوشش و کاربری باید صورت گیرد و یا چه استفاده‌هایی ادامه یابد؛ و یا چه استفاده‌های نوینی در سطح سرزمین صورت گیرد که به شکل پایدار نیازهای انسانی را در طبیعتی پایدار حفظ نماید؛ بنابراین نتایج مختلف نقشه‌ای به دست می‌دهند که از نظر صحت و درستی باید مورد ارزیابی قرار گیرند که در این مقاله به این مبحث پرداخته شده است.

همانطور که در مقدمه بیان شد، مطالعات زیادی در ارتباط با اعتبارسنجی و تعیین صحت با استفاده از ارزیابی صحت نقشه‌های شبیه‌سازی شده صورت گرفته است که در این مقاله جهت برآورد صحت از نرم‌افزارهای IDRISI و $Map\ Comparison\ (MCK)$ Kit استفاده شده است و مفاهیم نظری آن تشریح می‌شوند. در محیط نرم‌افزار IDRISI با استفاده از رویه‌ای به نام $Validate$ می‌توان به بررسی صحت نقشه‌ها پرداخت و لازم به ذکر است که اساس کار این رویه بر پژوهش‌های متعددی استوار است (پونتیسوس و

1. Millones



شکل ۱: توابع ریاضی برای پانزده آماره توافق نقشه‌ها

جدول ۱: تعاریف توافق و عدم توافق با توجه به در نظر گرفتن هفت نقطه بحرانی در شکل ۱

نام اجزاء	تعریف
P(p)-P(m)	عدم توافق با توجه به مقدار
P(m)-K(m)	عدم توافق در سطح زیربخش
K(m)-M(m)	عدم توافق در سطح سلول شبکه
MAX [M(m)-H(m), 0]	توافق در سطح سلول شبکه
MAX [H(m)-N(m), 0]	توافق در سطح زیربخش
If MIN [N(n), N(m), H(m), M(m)]=N(n), then MIN [N(m)-N(n), H(m)-N(n), M(m)-N(n)], else 0	توافق با توجه به مقدار
MIN [N(n), N(m), H(m), M(m)]	توافق با توجه به شانس

معادله (۳):

$$KlocationStrata = \{M(m)-H(m)\} / \{K(m)-H(m)\}$$

در نرم‌افزار MCK چهار الگوریتم برای مقایسه نقشه‌ها براساس مطالعات سابق دسته‌بندی شده است که هر یک در زیر به اختصار بیان می‌شود.

(۱) الگوریتم طبقه به طبقه: این روش، یک مقایسه سلول به سلول با توجه به طبقه‌ای است که کاربر انتخاب کرده است. این مقایسه به‌طور همزمان اطلاعاتی را به کاربر در رابطه با وقوع طبقه انتخاب شده در هر دو نقشه می‌دهد.

با استفاده از توابع فوق، شاخص کاپای توافق به‌صورت نماد Kstandard معرفی شده است. علاوه بر آن، Kno (کاپا برای عدم اطلاعات)، Klocation (کاپا برای موقعیت مکانی در سطح سلول شبکه)، KlocationStrata (کاپا برای موقعیت مکانی در سطح زیر بخش) توسعه یافتند که به ترتیب معادله ۱، ۲ و ۳ محاسبه می‌گردند (پونتیسوس و همکاران، ۲۰۰۷: ۶۸۸).

$$Kno = \{M(m)-N(n)\} / \{P(p)-N(n)\} \quad (۱)$$

$$Klocation = \{M(m)-N(m)\} / \{P(m)-N(m)\} \quad (۲)$$

$$KlocationStrata = \{M(m)-N(m)\} / \{P(m)-N(m)\}$$

1. Per category

بر روی نقشه دارد. کاپای هیستو (KHisto) و کاپای مکانی (KLoc) که در آن کاپا برابر با $KHisto * Kloc$ است (هاگن، ۲۰۰۳: ۲۳۸). از شاخص Kappa برای ارزیابی شباهت بین نتایج مشاهده شده و پیش‌بینی بسیار استفاده می‌شود. محاسبه کاپا بر اساس جدول توافق است. شکل ۲، نحوه توزیع طبقه‌ها در نقشه A که مرتبط با آن طبقه در نقشه B است را نشان می‌دهد.

۲) الگوریتم سلول به سلول: این روش مقایسه، ساده‌ترین راه برای مقایسه نقشه‌های رستری است. جهت سنجش برابری سلول‌ها، جفت سلول‌ها با هم مقایسه می‌شوند. در اینجا از شاخص Kappa استفاده می‌شود که دو نوع شباهت را نشان می‌دهد: شباهت کمی و شباهت مکانی. مقدار یا کمیت، اشاره به جمع تعداد کل سلول در هر طبقه که از راهنما یا هیستوگرام گرفته شده است و مکان، اشاره به توزیع فضایی طبقه‌های مختلف

		Map B categories				Total
		1	2	...	c	
Map A categories	1	p_{11}	p_{12}	...	p_{1c}	p_{1T}
	2	p_{21}	p_{22}	...	p_{2c}	p_{2T}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	c	p_{c1}	p_{c2}	...	p_{cc}	p_{cT}
Total		p_{T1}	p_{T2}	...	p_{Tc}	1

شکل ۲: نمونه‌ای از جدول توافق

Kappa, Klocation, و Khisto به ترتیب با توجه به معادله ۷، ۸ و ۹ تعریف شده است.

$$K = P(A) - P(E) / 1 - P(E) \quad \text{یا} \quad K = Klocation^*$$

Khisto

معادله (۷)

$$Klocation = P(A) - P(E) / P(max) - P(E)$$

معادله (۸)

$$Khisto = P(max) - P(E) / 1 - P(E) \quad (۹)$$

۳) الگوریتم استنتاجی - فازی: رویکرد مقایسه سیستم استنتاج فازی، روش جایگزینی را ارائه می‌دهد که به جای مقایسه سلول به سلول، پلی‌گن‌ها را بر اساس ویژگی‌های آنها مقایسه می‌کند.

۴) الگوریتم مجموعه فازی: هدف اصلی از روش مقایسه مجموعه فازی به حساب آوردن درجه شباهتی از جفت سلول‌ها در دو نقشه است. بنابراین، رویکرد فازی اساساً متفاوت از روش مقایسه سلول به سلول است که بررسی می‌کند

بر اساس جدول توافق، شاخص‌های بسیاری را می‌توان استخراج نمود، که از آن بین در ادامه به سه نمونه اشاره شده است: الف) $p(A)$ مخفف نرخ از توافق است و با توجه به معادله (۴) محاسبه می‌شود؛ ب) $P(E)$ مخفف نرخ مورد انتظار از توافق است که مرتبط به توزیع مشاهده شده است و با توجه به معادله (۵) محاسبه می‌شود؛ پ) $P(max)$ مخفف حداکثر نرخ توافق است که مرتبط به توزیع مشاهده شده است و با توجه به معادله (۶) محاسبه می‌شود (هاگن، ۲۰۰۲: ۲).

$$P(A) = \sum P_{ii} \quad (i=1, c) \quad (۴)$$

$$P(E) = \sum P_{iT} * P_{Ti} \quad (i=1, c) \quad (۵)$$

$$P(max) = \sum \min(p_{iT}, P_{Ti}) \quad (i=1, c) \quad (۶)$$

در بسیاری از موارد ترجیح داده می‌شود که سطح توافق به صورت یک عدد بیان گردد. هنگامی که مقایسه به صورت زوجی باشد، آماره Kappa می‌تواند یک روش مناسب باشد (کارلتا^۱، ۱۹۹۶: ۲۵۳). آماره

2. Fuzzy Inference System
3. Fuzzy Set

1. Carletta

دانشجویان دکتری رشته ارزیابی و آمایش محیط زیست هستند. مبنای قضاوت افراد تخصص، تجربه و آگاهی از تصمیمات کاربری‌های کلان است. ضمناً این قضاوت کارشناسی تغییرناپذیر نیستند، خوشبختانه روش استفاده شده امکان تکرارهای بی‌شمار با تغییر در مساحت و وزن‌های مطرح در دامنه‌های قابل قبول را فراهم می‌کند؛ که ذکر جزئیات آن از حوصله بحث خارج است؛ همچنین به کمک رویکرد انتخاب چندبُعدی (MDCHOICE) بهینه‌سازی کاربری‌ها انجام گردید که در آن نیز داده‌های ورودی، نقشه تناسب کاربری‌ها می‌باشند. بدین صورت با توجه به نظر کارشناسی، وزن‌هایی مرتبط با اهمیت هر یک از کاربری‌ها در این رویه وارد گردید و سپس با توجه به نقشه تناسب، آستانه‌ی مطلوبیتی برای هر یک از کاربری‌ها مرتبط با مساحت سلول‌های هر کاربری تعریف شد. سپس، خروجی این دو رویکرد با هدف آمایش سرزمین به شیوه‌ی علمی با هم مقایسه شدند.

به منظور مقایسه رویکردها از روش‌های آماری و بوم-شناختی استفاده شد. در مقایسه آماری تناسب کاربری‌ها حاصل از دو رویکرد از پارامترهای میانگین، واریانس و ضریب تغییرات می‌توان استفاده نمود. این سه پارامتر از وزن‌های هر کاربری منتج از دو رویکرد استخراج و با هم مقایسه می‌شوند. در روش مقایسه وضعیت بوم‌شناختی از سنجه‌های سیمای سرزمین^۶، استفاده شد. سنجه‌های سیمای سرزمین ابزارهایی جهت اندازه‌گیری، کمی‌سازی و بیان ویژگی‌های مختلف سیمای سرزمین در یک لحظه از زمان هستند و از طریق آنها می‌توان یکپارچگی اجزای همگن سیمای سرزمین را سنجید (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۸) در این رابطه می‌توان مطالعات دنگ^۷ و همکاران (۲۰۰۹: ۱۸۸) و هرولد^۸ و همکاران (۲۰۰۳: ۱) را نام برد. با توجه به این مطالعات، سنجه‌های تعداد لکه (NP^۹)، تراکم لکه (PD^{۱۰})، شاخص بزرگترین لکه (LPI^{۱۱}) و شاخص شکل سیمای سرزمین (LSI^{۱۲}) برای

آیا جفت سلول برابر هستند یا خیر. روش مجموعه‌های فازی، شباهت هر سلول را با ارزش بین صفر (مجزا) و یک (یکسان)، بیان می‌دارد. به منظور تشخیص تفاوت‌های جزئی از تفاوت‌های عمده، روش مجموعه‌های فازی دو نوع ویژگی فازی (فازی بودن طبقه‌ها و فازی بودن مکان) را برآورد می‌کند.

روش تحقیق

به منظور اجرای دو رویکرد تخصیص کاربری زمین نقشه مطلوبیت کاربری‌های مختلف به‌عنوان داده ورودی آماده شد. در همین راستا، نقشه‌های مطلوبیت برای کاربری‌های کشاورزی، جنگل‌داری، مرتعداری و توسعه‌ی شهری محدوده شهرستان گرگان با استفاده از رویکرد ارزیابی چندمعیاره^۱ و روش اجرایی ترکیب خطی وزن‌دار^۲ استخراج گردید. WLC یکی از فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره است که برای تهیه نقشه‌های تناسب برای انواع فعالیت‌ها بکار برده می‌شود (سلمان‌ماهینی و کامیاب، ۱۳۸۸: ۲۲۹) و پژوهشگران زیادی از این رویکرد استفاده کرده‌اند (گرسوسکی^۳ و جانکوسکی^۴، ۲۰۱۰: ۱۰۰۱؛ مازوسکی^۵، ۲۰۰۴: ۳۳؛ سلمان‌ماهینی و غلامعلی فر، ۲۰۰۶: ۴۳۷؛ امیری و همکاران ۱۳۸۸: ۱۱۱؛ کرم، ۱۳۸۳: ۱۳۶).

برای رفع تعارض میان کاربری‌های رقیب و بهینه‌سازی کاربری‌ها، مطابق شکل ۳ ابتدا از رویکرد تخصیص کاربری چندهدفه (MOLA) استفاده گردید. همان‌طور که ذکر گردید از نقشه‌های تناسب کاربری‌ها به‌عنوان داده ورودی به رویه MOLA استفاده شد و سپس برای رفع تعارض بین کاربری‌های رقیب، وزنی به هریک از آنها براساس قضاوت کارشناسی همراه با مساحت مطلوب برای هر کاربری اختصاص داده شد. قضاوت کارشناسی برگرفته از نظرات پانل تخصصی محیط‌زیست بوده است که متشکل از استادان و

6. Landscape Metrics

7. Deng

8. Herold

9. Number of Patches

10. Patch Density

11. Largest Patch Index

12. Landscape Shape Index

1. Multi Criteria Evaluation (MCE)

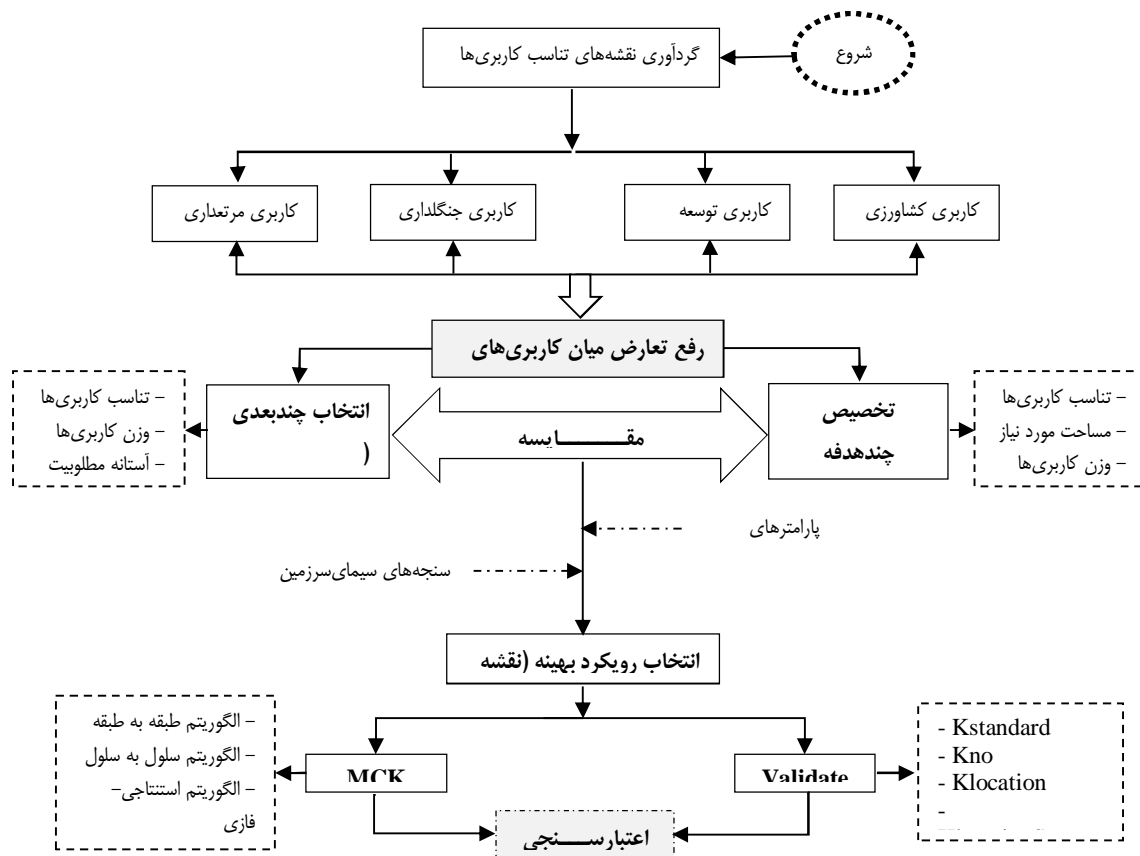
2. Weighted Linear Combination (WLC)

3. Gorsevski

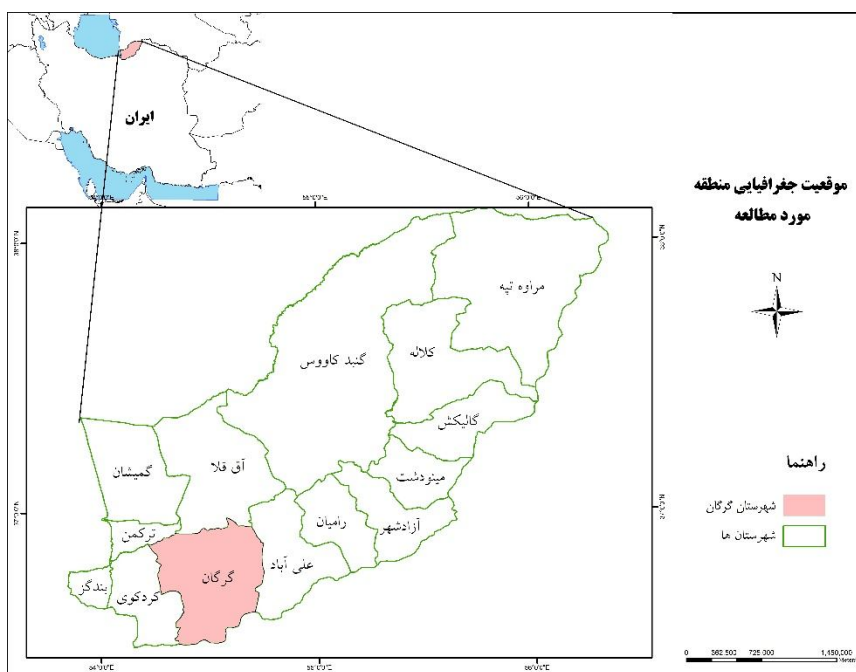
4. Jankowski

5. Malczewski

بررسی وضعیت بوم‌شناختی با استفاده از نرم‌افزار Fragstats بررسی گردید.



شکل ۳: روند انجام پژوهش



شکل ۴: موقعیت محدوده پژوهش

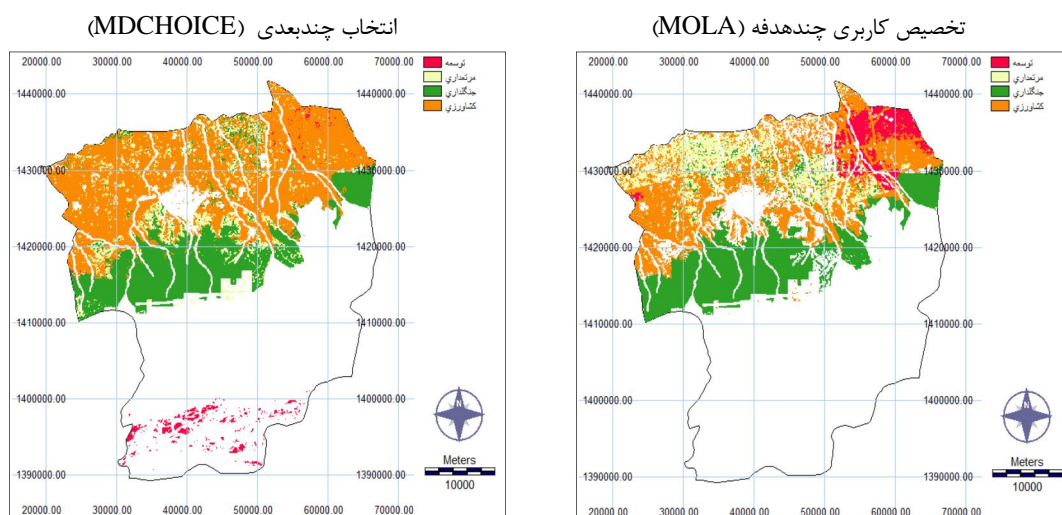
محدوده مورد مطالعه

شهرستان گرگان از شهرهای بخش شمال دامنه البرز ایران در محدوده جغرافیایی $54^{\circ} 20'$ تا $54^{\circ} 75'$ طول شرقی و $36^{\circ} 50'$ تا $36^{\circ} 58'$ عرض شمالی با مساحت 108883 هکتار در استان گلستان واقع شده است. این شهرستان با جمعیت حدود 462455 نفر پرجمعیت‌ترین شهرستان این استان است. شکل ۴ موقعیت محدوده پژوهش را در ایران و استان گلستان نمایش می‌دهد. در حال حاضر برای استان گلستان در نتیجه شهرستان گرگان، آمایش سرزمین در حال انجام است. بررسی روش‌های ارائه شده در این مقاله می‌تواند در راستای آمایش استان مفید باشد.

یافته‌ها

با جمع‌آوری اطلاعات درباره شهرستان گرگان، نقشه‌های ارزیابی تناسب کاربری‌های عمده این شهرستان از قبیل کشاورزی، جنگل‌داری، مرتعداری و توسعه شهری به روش ارزیابی چندمعیاره تهیه شد. سپس، به منظور اجرای آمایش سرزمین در محدوده مورد نظر از دو رویکرد تخصیص کاربری چندهدفه و انتخاب چندبُعدی استفاده گردید. نقشه‌های حاصل از

به‌کارگیری رویکرد MOLA و MDCHOICE به کمک نرم‌افزار ایدرسی در شکل ۵ ارائه شده است. برای ایجاد شرایط یکسان در مقایسه دو روش، مساحت کاربری‌ها در روش MOLA و MDCHOICE برابر در نظر گرفته شده است. سپس، به منظور مقایسه دو رویکرد MOLA و MDCHOICE و تعیین برتری نسبی یکی بر دیگری، روش‌های مختلفی به همراه شاخص‌های مربوط به آنها استفاده شد. اگرچه هر روش، نتایج جداگانه‌ای برای تصمیم‌گیری فراهم می‌کند، ولی در پژوهش حاضر به منظور دقت بالاتر، ابتدا با به‌کارگیری دو روش مقایسه، برتری یکی از رویکردهای تخصیص و انتخاب کاربری‌ها تعیین شد. به منظور اعتبارسنجی بهتر به‌جای استفاده از نقشه تصادفی به‌عنوان نقشه مرجع می‌توان از رویکرد برتر حاصل از دو روش قبلی استفاده کرد و نقشه‌ی حاصل از رویکرد ضعیف‌تر را به‌عنوان نقشه مورد مقایسه در نظر گرفت. در پردازش‌های آماری میانگین بالا، واریانس و ضریب تغییرات پایین نشان برتری رویکرد است. نتایج مقایسه آماری تناسب کاربری‌ها حاکی از بزرگی پارامتر میانگین در رویکرد انتخاب چندبُعدی نسبت به رویکرد تخصیص کاربری چندهدفه بود.



شکل ۵: تخصیص کاربری با دو رویکرد MOLA و MDCHOICE

بهتری بود. سپس برای تعیین رویکرد مناسب، ضریب تغییرات به‌عنوان پارامتر سوم مورد بررسی قرار گرفت

از طرفی، پارامتر واریانس تناسب کاربری‌ها، در رویکرد تخصیص کاربری چندهدفه دارای وضعیت

و نتایج نشان داد که تناسب کاربری‌ها در رویکرد تخصیص کاربری چندهدفه دارای بازه تغییرات کمتری است. مقادیر پارامترهای برآوردشده تناسب کاربری‌ها در هر یک از رویکردها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: مقایسه آماری تناسب کاربری‌ها در دو رویکرد MOLA و MDCHOICE

تخصیص کاربری چندهدفه (MOLA)			انتخاب چندبعدی (MDCHOICE)			رویکردها کاربری‌ها
ضریب تغییرات	واریانس	میانگین	ضریب تغییرات	واریانس	میانگین	
۰/۶۸	۱/۶۰	۰/۰۹	۰/۷۸	۱/۸۵	۱/۴۵	توسعه
۰/۸۴	۱/۶۷	۱/۴۰	۰/۹۵	۱/۸۲	۱/۷۳	مرتعداری
۰/۸۴	۱/۶۵	۱/۴۰	۰/۹۷	۱/۷۹	۱/۷۴	جنگل‌داری
۰/۸۵	۱/۷۱	۱/۴۵	۰/۹۲	۱/۹۴	۱/۷۹	کشاورزی

شناختی نسبت به رویکرد MDCHOICE بود. درنهایت، سنجه شکل سیمای سرزمین که بیانگر تجمع‌یافتگی لکه‌های کاربری است حاکی از وضعیت پایدارتر رویکرد MOLA نسبت به رویکرد MDCHOICE در کاربری‌های جنگل‌داری و کشاورزی بود؛ همچنان که در جدول ۳ نشان داده شده است سنجه شکل سیمای سرزمین برای کاربری‌های توسعه و مرتعداری در رویکرد MDCHOICE به لحاظ آرایش فضایی بوم‌شناختی، وضعیت بهتری دارد. در مجموع، مقایسه‌ی مبتنی بر سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح لکه نشان داد که رویکرد MOLA نسبت به رویکرد MDCHOICE گزینه‌های تصمیم بهتری را فراهم می‌کند.

نتایج حاصل از سنجش وضعیت پایداری در رویکردهای برنامه‌ریزی محیط‌زیست و بهینه‌سازی، با استفاده از چند سنجه‌ی ترکیبی و توزیعی سیمای سرزمین بررسی شد. هرچه تعداد لکه‌ها کمتر، تراکم لکه بیشتر، شاخص بزرگترین لکه بیشتر و شاخص شکل سیمای سرزمین بیشتر باشد؛ نشانه برتری رویکرد خواهد بود؛ بنابراین نتایج حاصل از تحلیل این بررسی‌ها نشان داد که رویکرد MOLA از لحاظ سنجه تعداد لکه در کاربری‌های توسعه و مرتعداری دارای وضعیت بهتری قرار دارد؛ همچنین، این رویکرد از لحاظ سنجه تراکم لکه در کاربری‌های جنگل‌داری و کشاورزی و در سنجه شاخص بزرگترین لکه در تمامی کاربری‌ها دارای وضعیت پایدار بوم-

جدول ۳: مقادیر سنجه‌های سیمای سرزمین در دو رویکرد MOLA و MDCHOICE

MOLA				MDCHOICE				رویکردها سنجه‌های سیمای سرزمین
کشاورزی	جنگل‌داری	مرتعداری	توسعه	کشاورزی	جنگل‌داری	مرتعداری	توسعه	
۱۰۷۱۹۴	۵۸۳۸	۱۰۴۲۲	۱۸۲۹	۶۳۲۸	۳۰۴۰	۱۱۱۱۱	۲۷۵۵	تعداد لکه (NP)
۳۱/۱۵	۱/۷۰	۳/۰۳	۰/۵۳	۱/۸۴	۰/۸۸	۳/۲۳	۰/۸۰	تراکم لکه (PD)
۱/۲۳	۲/۲۰	۰/۳۷	۰/۴۵	۰/۸۵	۲/۱۳	۰/۱۱	۰/۰۵	شاخص بزرگترین لکه (LPI)
۲۷۱/۴۵	۳۸/۸۹	۱۰۵/۴۵	۳۹/۳۹	۷۳/۹۳	۳۵/۷۸	۱۱۳/۷۱	۴۸/۹۲	شاخص شکل سیمای سرزمین (LSI)

MOLA، به لحاظ آماری و وضعیت بوم‌شناختی نقشه برتر شناسایی شد، این نقشه، به‌عنوان نقشه مرجع در روش مقایسه میزان شباهت استفاده گردید. نتایج مقایسه میزان شباهت در روش اعتبارسنجی MCK با الگوریتم طبقه به طبقه، در چهار حالت یا معیار

همانطور که در روش‌شناسی تحقیق اشاره شد، از نتایج حاصل از دو روش مقایسه قبلی برای تعیین نقشه مرجع و نقشه مورد مقایسه در روش‌های اعتبارسنجی MCK و VALIDATE استفاده شده است؛ بنابراین، از آنجا که نقشه‌ی حاصل از رویکرد

هرچند رویکرد MOLA هنوز مشکل پخش و پراکنده شدن کاربری‌ها یا به اصطلاح حالت فلفل نمکی^۱ خود را دارد، ولی هنوز در مطالعات آمایش سرزمین استفاده می‌شود و حتی محققان درصدد ارتقاء این روش با روش‌هایی همچون الگوریتم ژنتیک (کامیاب و همکاران، ۱۳۹۴) و یا بر مبنای ارزش‌های اقتصادی، اجتماعی و راهبردی هستند (کبودی و همکاران، ۱۳۹۰). این مطالعه نیز به‌نوعی در راستای بهبود روش‌های آمایشی، روش MDCHOICE را که به‌صورت انگشت شمار در مطالعات (ناث و همکاران، ۲۰۰۰: ۲۴۷) استفاده شده است را با روش‌های علمی مقایسه کرده‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که نقشه‌های تولید شده با دو رویکرد MOLA و MDCHOICE در آمایش محیط‌زیست شهرستان گرگان دارای تفاوت‌ها و شباهت‌های محسوسی هستند. هر یک از رویکردها دارای مزایا و معایبی هستند، اما بنابر نتایج بدست آمده از مقایسه آماری تناسب کاربری‌ها و مقایسه وضعیت بوم‌شناختی با سنج‌های سیمای سرزمین، رویکرد MOLA دارای برتری نسبی در مقابل رویکرد MDCHOICE می‌باشد. این رویکرد علی‌رغم مشکل پخش و پراکنده کردن کاربری‌ها در مقایسه با روش MDCHOICE توانسته است امتیازهای خوبی را از طریق میانگین بالا، واریانس و ضریب تغییرات پایین‌تر در تناسب کاربری‌ها کسب کند. در مقایسه دو رویکرد مورد نظر، سنج‌های ترکیبی و توزیعی سیمای سرزمین نیز حاکی از پایداری نسبی وضعیت بوم‌شناختی با آرایش فضایی رویکرد MOLA بود.

در ادامه مبحث انتخاب روش بهتر، بررسی صحت نقشه‌هایی که از رویکردهای متفاوت ایجاد شده و کالیبره کردن آنها با نقشه واقعی‌تر و حتی انتخاب شاخص‌های دقیق و قابل دسترس در نرم‌افزارها ضروری به‌نظر آمد. در این پژوهش، روش‌های نوینی از قبیل میزان شباهت و میزان توافق برای مقایسه دو نقشه مطرح شدند که هر کدام چند شاخص مفید ارائه کردند. لازم به‌ذکر است که الگوریتم‌های استفاده شده

مختلف (در هیچکدام از نقشه‌ها، در هر دو نقشه، فقط در نقشه MOLA، فقط در نقشه MDCHOICE) در جدول ۴ نشان داده شده است. به‌عنوان نمونه، وقتی طبقه کاربری توسعه با الگوریتم طبقه به طبقه مورد بررسی قرار می‌گیرد ۷۹۲،۱۹۸ سلول وجود دارند که در هیچکدام از دو نقشه شبیه هم نیستند، ۱،۲۶۹ سلول از طبقه کاربری در هر دو نقشه وجود دارند و به تعداد ۵۳،۵۱۴ سلول از توسعه فقط در نقشه MOLA هستند که در نقشه MDCHOICE وجود ندارند و بالعکس. از بین کاربری‌های موجود میزان شباهت تخصیص کاربری جنگل‌داری در دو رویکرد موردنظر با توجه به مساحت کل طبقه بیشتر است. با توجه به مفاهیمی که در مبانی نظری توضیح داده شد، ضرایب مختلف کاپا در سنجش میزان شباهت سلول به سلول نشان داد که دو رویکرد موردنظر دارای شباهت متوسط (۰/۷) هستند ولی به لحاظ مکانی دارای شباهت کم به‌میزان ۰/۴۷ هستند؛ همچنین، میزان شباهت با الگوریتم استنتاجی - فازی ۰/۵۵ برآورد شد که بیانگر شباهت تقریباً کم در بین لکه‌ها یا پلی‌گن‌های کاربری دو رویکرد است. به‌علت اینکه دو نقشه با هم همبستگی زیادی ندارند، ارزش کاپای منفی (۰/۳۸-) پیدا می‌کنند. میانگین شباهت دو رویکرد بهینه‌سازی مقدار ۰/۶۳ بود؛ همچنین در نتایج مقایسه میزان شباهت و توافق به‌روش اعتبارسنجی VALIDATE چهار نوع کاپا (کاپای استاندارد، کاپای عدم اطلاعات، کاپای مکانی در سطح سلول شبکه و کاپای مکانی در سطح زیربخش) بشرح مقادیر جدول ۴ است که منتج از محاسبات هفت نقطه بحرانی مذکور در مبانی نظری، است.

بحث

همانطور که در بخش‌های قبلی ذکر گردید رویکردهای ارائه شده MOLA و MDCHOICE جهت رفع تعارض بین کاربری‌ها مطرح شده است. رویکرد MOLA بر اساس نقطه ایده‌آل سعی بر رفع تعارض میان کاربری‌ها دارد.

1. Salt and pepper

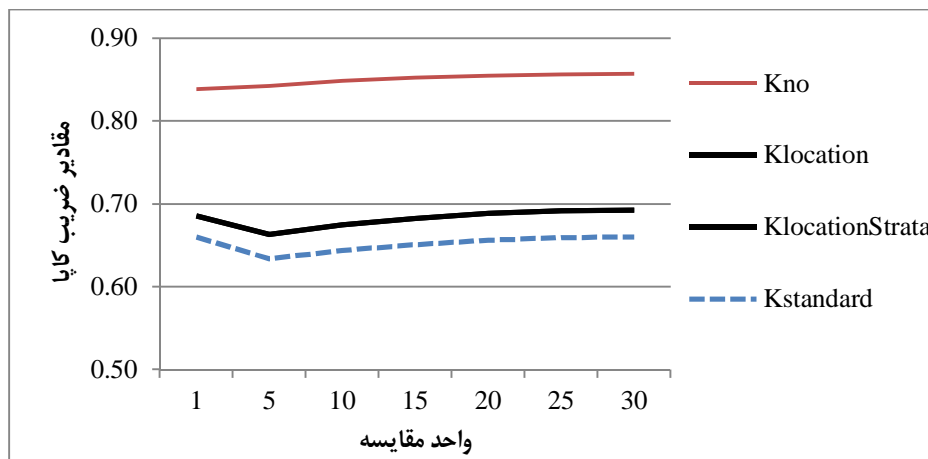
در هریک از شاخص‌های به‌خصوص در نرم‌افزارهای مختلف متفاوت هستند؛ بنابراین، مقایسه مقادیر شاخص‌هایی که دارای شباهت اسمی در روش‌ها و نرم‌افزارهای مختلف هستند؛ کاری ساده‌انگارانه و نادرست است.

جدول ۴: مقادیر اندازه‌گیری شده در مقایسه میزان شباهت رویکردهای MOLA و MDCHOICE

کشاورزی	انواع کاربری‌ها			مقدار	معیارها	روش	
	جنگلداری	مرتعداری	توسعه				
۲۴۶,۷۰۳	۵۸۷,۵۴۹	۶۸۱,۷۳۵	۷۹۲,۱۹۸	-	در هیچکدام از نقشه‌ها	الگوریتم طبقه به طبقه	MCK
۲۶۵,۵۳۵	۲۰۷,۲۵۰	۷,۳۹۶	۱,۲۶۹	-	در هر دو نقشه		
۱۴۷,۰۲۷	۵۵,۶۶۳	۱۱۷,۳۶۸	۵۳,۵۱۴	-	فقط در نقشه MOLA		
۱۹۵,۶۵۷	۴,۴۶۰	۴۸,۵۲۳	۷,۹۴۱	-	فقط در نقشه MDCHOICE		
				۰/۳۳	کاپای استاندارد (Kappa)	الگوریتم سلول به سلول	
				۰/۴۷	کاپای مکانی (kappa Loc)		
				۰/۷۰	کاپای هیستو (kappa Histo)		
				۰/۵۵	تطبیق کلی فازی	الگوریتم استنتاجی - فازی	
				-۰/۰۳۸	کاپای فازی	الگوریتم مجموعه فازی	
				۰/۶۳	میانگین شباهت		
				۰/۶۵۷	کاپای استاندارد	Kstandard	VALIDATE
				۰/۸۵۵	کاپای عدم اطلاعات	Kno	
				۰/۶۸۹	کاپای مکانی در سطح سلول شبکه	Klocation	
				۰/۶۸۹	کاپای مکانی در سطح زیر بخش	KlocationStrata	

۶). ملاحظه می‌شود در اینجا به دلیل انجام مقایسه در سطح طبقه، کاپای مکانی و کاپای مکان در طبقه دارای اعداد یکسانی هستند.

از مقایسه دو رویکرد در واحدهای مختلف روندی حاصل شد که نشان‌دهنده آن بود که با افزایش واحدهای مقایسه و دانه‌درشت‌شدن آن، مقدار عدم توافق موجود به سمت توافق بیشتر پیش می‌رود (شکل



شکل ۶: نمایش روند تغییر واحدهای مقایسه در میزان توافق

نتیجه‌گیری

مطلبی که در مورد صحت‌سنجی^۱ وجود دارد و در این تحقیق از طریق طراحی روش‌شناسی به آن پرداخته شده است، ناکارآمد بودن ضریب کاپا در برخی موارد است. معمولاً برای تعیین میزان تطابق دو نقشه طبقه‌بندی شده از ارزیابی صحت و صحت‌سنجی مدل استفاده می‌شود. رایج‌ترین پارامتر برای اندازه‌گیری تطابق دو نقشه ضریب کاپا است، در حالی که ضریب کاپا یا کاپای استاندارد، دارای مشکلات مفهومی زیادی است که منجر به تولید اطلاعات گمراه‌کننده در بعضی از کاربردها می‌شود (پونتیس و میلونز، ۲۰۰۸: ۵). بدین منظور چنان‌که در این مقاله نشان داده شد، انواع مختلفی از کاپا را می‌توان برای بررسی میزان توافق در مکان (Klocation)، میزان توافق در تعداد (KHisto) و یا بخش‌هایی که در مورد آن اطلاعات نداریم (Kpo) استفاده کرد، اگرچه الزاماً اینها، بهترین توافق‌ها در مکان و تعداد نیستند.

کاپای استاندارد توافق کلی را براساس توافق مکانی تصادفی شده و ثابت در نظر گرفتن تعداد هر یک از طبقات نقشه، ارائه می‌کند که به‌خودی‌خود می‌تواند مفید باشد، ولی در بعضی موارد که عدم توافق خیلی زیاد یا خیلی کم باشد، استفاده از نقشه تصادفی که روش کاپای استاندارد است کاربر را دچار اشتباه می‌کند. در واقع، پرسش مهمی که بین محققان مطرح شده است اینست که "آیا نقشه توافق بدست آمده میان دو نقشه مورد مقایسه بهتر از نقشه تصادفی نیست؟". معمولاً تصادفی بودن و یا حالت تصادفی زمانی مبنا و مرجع^۲ قرار می‌گیرد که با کمبود اطلاعات مواجه هستیم، بنابراین یک نقشه پایه کارآمدتر می‌تواند نقشه توافقی باشد که حاصل روش ساده‌تری بوده است. هر روش ساده‌ای می‌تواند برای مقایسه نقشه مرجع و نقشه مورد مقایسه استفاده شود و جای نقشه تصادفی را بگیرد. که نتایج این پژوهش با مطالعات پونیوس و همکاران، ۲۰۰۷: ۶۸۹ همخوانی دارد و از نقشه توافقی به‌جای نقشه تصادفی برای

سنجش اعتبار بهره گرفته است. در نهایت، پیشنهاد می‌شود برای نقشه پایه به‌جای استفاده از نقشه تصادفی پیکسل‌ها، از نقشه‌ای استفاده شود که با روش‌های مختلف دیگری تولید شده است؛ بنابراین، می‌توان از ضرایب مختلف کاپا که دارای مبنایی جز حالت تصادفی در کاپای استاندارد است، برای مقایسه میزان شباهت و توافق استفاده کرد.

منابع

۱. امیری، محمد جواد، سلمان ماهینی، عبدالرسول، جلالی، سیدغلامعلی، حسینی، سیدمحسن و آذری دهکردی، فرود. ۱۳۸۸. مقایسه روش سیستمی ادغام نقشه‌ها و ترکیب منطق بولین- فازی در ارزیابی توان اکولوژیک جنگل حوضه‌های آبخیز ۳۳ و ۳۴ شمال ایران، علوم محیطی، سال هفتم، شماره دوم ۱۰۹-۱۲۳، تهران.
۲. سلمان ماهینی، عبدالرسول و کامیاب، حمیدرضا. (۱۳۸۸). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی کاربرد با نرم‌افزار ایدریسی، انتشارات مهر مهدیس، چاپ دوم، تهران.
۳. شایگان، مهران، علیمحمدی، عباس و منصوریان، علی. ۱۳۹۲. بهینه‌سازی ترکیبی چندهدفه تخصیص کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم نیل به مقصود و MOLA. فصلنامه سنجش از دور و GIS ایران. سال پنجم، شماره ۱، تهران.
۴. کامیاب، حمیدرضا، سلمان ماهینی، عبدالرسول، شهر آیینی، محمد. (۱۳۹۴). ارتقای روش MOLA با توجه به معیارهای سیمای سرزمین و بهره‌گیری از الگوریتم ژنتیک. مجله آمایش سرزمین. دوره ۷، شماره ۱. ۲۹-۴۸.
۵. کبودی، عبدالله. ۱۳۹۰. بهینه‌سازی روش MOLA در آمایش سرزمین با استفاده از ارزش‌های اقتصادی اجتماعی و راهبردی (مطالعه موردی: استان گلستان)، سلمان ماهینی، عبدالرسول، میرکریمی، سیدحامد، دانشگاه علوم و کشاورزی منابع طبیعی گرگان، دانشکده شیلات و محیط زیست.
۶. کرم، عبدالامیر. ۱۳۸۳. کاربرد مدل ترکیب خطی وزین (WLC) در پهنه‌بندی پتانسیل وقوع زمین لغزش مطالعه موردی؛ منطقه‌ی سرخون در استان چهارمحال و بختیاری. مجله توسعه و جغرافیا. ۱۳۱-۱۴۶.

1. Validation
2. Baseline

- overview. *Progress in planning*. (62), 3-65.
17. Matthews, K. 2001. Applying Genetic Algorithms to Multi-objective land use planning. The Robert Gordon University.
 18. Nath, S.S., Bolte, J.P., Ross, L.G. and Aguilar-Manjarrez, J. 2000. Applications of geographical information systems (GIS) for spatial decision support in aquaculture. *Aquacultural Engineering* (23), 233-278.
 19. Pontius, R.G. 2000. Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 66(8), pp.1011-1016.
 20. Pontius, R.G. and Schneider, L.C. 2001. Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 85(1-3): 239-248.
 21. Pontius, R.G., and Millones, M. 2008. Problems and solutions for kappa-based indices of agreement. *Studying, Modeling and Sense Making of Planet Earth*. Mytilene. Greece.
 22. Pontius, R.G., Walker, R., Yao-Kumah, R., Arima, E., Aldrich, S., Caldas, M., and Vergara, D. 2007. Accuracy Assessment for a Simulation Model of Amazonian Deforestation. *Annals of the Association of American Geographers*. 97(4).
 23. Power, C., Simms, A., and White, R. 2001. Hierarchical fuzzy pattern matching for the regional comparison of land use maps. *Int. J. geographical information science*. 15 (1): 77-100.
 24. Salmanmahini, A & Gholamalifard, M. 2006. Sitting MSW landfills with a weighted linear combination methodology in GIS environment. *Int. J. Env. Sci. Tech*. 3(4): 435- 445.
 25. Seixas, J., Nunes, J., Lourenco, P., and Corte-Real, J. 2007. Modeling Land-use change, Springer, 181-196.
 26. Xiaoli, L., Chen, Y., and Daoliang, L. 2009. A spatial decision support system for land-use structure optimization, *Wseas Transactions on Computers* (8): 439-448.
 ۷. میرزایی، محسن، ریاحی، علیرضا، سلمان ماهینی، عبدالرسول و غلامعلی فرد، مهدی. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات پوشش اراضی استان مازندران با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۶۳. اکولوژی کاربردی، سال دوم شماره چهارم، اصفهان.
 8. Clark, W.A and Hosking, P.L. 1986. *Statistical Methods for Geographers*. New York: John Wiley & Sons, 518 p.
 9. Datta, D., Deb, K., Foneseca, C., Lobo, F., and Condado, P. 2007. Multi-Objective evolutionary algorithm for land use management problem. *International Journal of Computational Intelligence Research*. 3: 371-384.
 10. Deng, J.S., Wang, K., Hong, Y., and Qi, J.G. 2009. Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. *Landscape and Urban Planning*. 92: 3-4, 187-198.
 11. Gorsevski, P.V. and Jankowski, P. 2010. An optimized solution of multi-criteria evaluation analysis of landslide susceptibility using fuzzy sets and Kalman filter. *Computers & Geoscience*. 36: 1005-1020.
 12. Hagen, A. 2003. Fuzzy set approach to assessing similarity of categorical maps. *Int. J. Geographical Information Science*. 17(3): 235-249.
 13. Hagen A. 2002. Multi-method assessment of map similarity. The AGILE Conference on Geographic Information Science, Palma (Mallorca, Spain) April 25th-27th.
 14. Hajehforooshnia, Sh., Soffianian, A., Mahiny, A.S. and Fakheran, S. 2011. Multi objective land allocation (MOLA) for zoning Ghamishloo wildlife Sanctuary in Iran. *Nature Conservation*, 19: 254-262.
 15. Herold, M., Scepan, J. and Clarke, K.C. 2002. The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses. *Environment and Planning*, 34(8), 1443-1458
 16. Malczewski, J. 2004. GIS-based land-use suitability analysis: A critical

