آمایش سرزمین
دورهٔ هفتم، شمارهٔ دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۴
صفحات ۲۳۰ – ۲۰۹

Print ISSN: 2008-7047
Online ISSN: 2423-6268
http://jtcp.ut.ac.ir

# محاسبهٔ میزان انطباق اکولوژیکی توسعهٔ گرگان

**فاطمه حاجی‌زاده[۱*]، سیدحامد میرکریمی[۲]، عبدالرسول سلمان‌ماهینی[۳]، مرجان محمدزاده[۲]**

۱. دانشجوی دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۲. استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۳. دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۲۰)

## چکیده

امروزه با رشد روزافزون جمعیت شهرنشین و در پی آن توسعهٔ شتاب‌زده و لگام‌گسیختهٔ شهرها، مسائل و مشکلات عدیده‌ای پیش روی جوامع بشری قرار گرفته است. در محدودهٔ شهر گرگان نیز، افزایش سطح سکونت‌گاه‌های شهری، بی‌توجه به قابلیت‌ها و محدودیت‌های اراضی و توان اکولوژیک توسعهٔ شهری انجام گرفته است. این پژوهش با هدف ارزیابی و انطباق توسعهٔ شهری با توان اکولوژیک سرزمین به منظور حفظ قابلیت‌های محیطزیست در شهر گرگان انجام گرفته است. برای این کار، با رویکرد ارزیابی چندمعیاره با به‌کارگیری روش ترکیب خطی وزن‌دار، ارزیابی توان اکولوژیکی گرگان برای انطباق با توسعهٔ شهری در سال‌های مختلف در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام گرفته است. سپس، نقشهٔ نهایی توان اکولوژیک با توسعهٔ موجود مقایسه، و درصد تطابق آن در سال‌های مختلف محاسبه شد. نتایج نشان داد میزان انطباق اکولوژیکی به‌تدریج از سال ۱۹۸۷ تا سال ۲۰۱۳ کاهش یافته است که خود احتمالاً به پیامدهای منفی در محیطزیست منجر شده است و این فرایند ادامه نیز دارد. از این رو، باید توجه لازم برای کاهش روند عدم انطباق اکولوژیکی توسط مسئولان ذیربط اتخاذ شود. برنامه‌ریزان شهری به‌منظور رعایت بیشتر اصول محیط زیستی جهت ارتقای شرایط موجود می‌توانند نتایج این پژوهش را به‌کار گیرند.

## کلیدواژگان

ارزیابی توان اکولوژیک، انطباق اکولوژیکی، روش ترکیب خطی وزن‌دار، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی.

* نویسندهٔ مسئول، رایانامه: Najmehajizade@gmail.com

## مقدمه و بیان مسئله

ویژگی عصر ما شهرنشین‌شدن جمعیت، افزایش جمعیت شهرها و توسعهٔ شهرهای کوچک و بزرگ است (Gilbert & Galger, 1992, p.20). بنابراین، با توجه به توسعهٔ روزافزون شهرها، مشکلات بیشتری نیز به‌وجود می‌آید و به صورت مسائل بسیار جدی در زندگی روزمره بشر ظاهر می‌شود. از سویی، نمی‌توان توسعهٔ شهرها را که از جنبه‌های ضروری برای ادامهٔ حیات و فعالیت‌های انسان است، محدود کرد، بلکه باید شهرها را متناسب با نیازهای امروز و فردای بشر آماده کرد، به‌طوری که از واردکردن آسیب به محیط زیست نیز جلوگیری شود (میرکتولی و کنعانی، ۱۳۹۰، ص۲). لذا تنها راه کاهش تبعات توسعه، انجام‌دادن مطالعات محیط زیستی است که در حال حاضر، منطقی‌ترین راه برای مطالعات محیط زیست در چارچوب برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دخالت‌دادن جنبه‌های اکولوژیک در برنامه‌ریزی و سازمان‌دهی کاربری زمین است (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱، ص۲۵). در هر صورت، برای داشتن توسعه‌ای پایدار و درخور، برنامه‌ریزی سرزمین ضروری است و شالودهٔ برنامه‌ریزی، ارزیابی توان محیط زیست و آمایش سرزمین است (مخدوم، ۱۳۹۰، ص۱۸). اهمیت ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین تا آنجا است که اگر سرزمین بالقوه فاقد توان اکولوژیکی مناسب برای اجرای کاربری خاصی باشد (حتی در صورت نیاز اقتصادی-اجتماعی به وجود آن کاربری) اجرای آن طرح نه‌تنها سبب بهبود شرایط محیط زیستی منطقه نمی‌شود، بلکه تخریب بیشتر محیط را نیز به دنبال خواهد داشت (Brazier, 1998, p.2).

یکی از نکته‌های اساسی در برنامه‌ریزی آمایش سرزمین، رعایت تناسب کاربری‌های وضع موجود با بهره‌برداری‌های آتی است. منظور از تناسب اراضی، تطبیق مشخصات زمین با نوع کاربری آن است. به سخن دیگر، اگر ویژگی‌های زمین بتواند ضرورت‌ها و نیازهای نوع کاربری آن را پاسخ دهد، آن زمین با نوع کاربری خود تناسب خواهد داشت (Qingming, 2003, p.25). بنابراین، تجزیه‌وتحلیل تناسب اراضی امری ضروری است که مدیران و برنامه‌ریزان شهری با آن روبه‌رو هستند (Borthwick et al., 2014, p.175). بررسی و تعیین تناسب اراضی شامل مقایسهٔ مکانی و توصیفی مختلف است. در گذشته این کار به صورت دستی انجام می‌گرفت، اما امروزه

با پیشرفت فناوری در سیستم اطلاعات جغرافیایی، این مطالعات به‌سادگی انجام می‌گیرند. سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی توانایی دارد که واحدهای محیط‌زیستی را بر اساس امتیازات کسب‌شده با دامنهٔ دلخواه طبقه‌بندی کرده و نقشهٔ نهایی کاربری را تولید کند (Pennington, 2000, p.3). در سال‌های اخیر نیز با توسعهٔ سریع GIS، تجزیه‌وتحلیل تناسب اراضی به صورت طیف گسترده‌ای در برنامه‌ریزی در بسیاری از زمینه‌ها مانند فعالیت‌های کشاورزی (Feizizadeh & Blaschke, 2013, p.5)، تعیین زیستگاه حیوانات و گیاهان (Store & Kangas, 2001, p.81)، برنامه‌ریزی و ارزیابی سیمای سرزمین (Girvetz et al., 2008, p.207) و برنامه‌ریزی منطقه‌ای و ارزیابی آثار محیط زیستی (Marull et al., 2007, p.202; Rojas et al, 2013, p.521) به‌کار گرفته شده است.

این پژوهش، با هدف بررسی میزان انطباق اکولوژیکی جهت حفظ محیط زیست با به‌کارگیری معیارهای منطبق بر ملاحظات محیط زیستی در مدل اکولوژیک مخدوم و وزن‌دهی آن‌ها، توان محیط زیستی را به‌منظور تعیین مناطق مناسب برای توسعهٔ شهری گرگان ارزیابی کرده است. لذا، هدف این پژوهش آن است تا ساختاری برای ارزیابی توان سرزمین به منظور بررسی کاربری توسعهٔ شهری طراحی شود که علاوه بر اجرا در سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی[1]، دانش افراد خبره را نیز تا حد زیادی در فرایند تحقیق وارد کند و بتواند با مشخص‌کردن مناطق مناسب توسعه، میزان انطباق محدودهٔ متناسب را با توسعهٔ فعلی محاسبه کند. همچنین، در نهایت به معرفی اجمالی برخی پیامدهای ناشی از عدم انطباق اکولوژیکی در محدودهٔ مطالعاتی خواهد پرداخت. نتایج مطالعه برای آگاهی مدیریت کلان به منظور برنامه‌ریزی اصولی و منطبق بر معیارهای توسعهٔ همسو با محیط زیست برای بهبود رویه‌های مدیریتی می‌تواند به‌کار گرفته شود.

## پیشینهٔ تحقیق

در ایران برای دستیابی به آمایش سرزمین، روش ارزیابی توان اکولوژیک محیط زیست، چندعامله

1. Geographical Information System

است و ارزیابی و طبقه‌بندی سرزمین با مقایسهٔ ویژگی‌های اکولوژیک واحدهای محیط زیستی و مدل‌های اکولوژیک حرفی ایران انجام می‌گیرد. برای ارزیابی توان اکولوژیک کاربری توسعهٔ شهری، مدل حرفی با سه طبقهٔ توان (مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب) معرفی شده است (مخدوم، ۱۳۹۰، ص۷۱). در جدول ۱ به برخی موارد انجام‌گرفته اشاره شده است. اونق و میرکریمی به محاسبهٔ پایداری توسعهٔ جاری و آتی از طریق مدل‌های ارزیابی انطباق کاربری‌های فعلی بر توان اکولوژیکی سرزمین و ارزیابی آثار توسعه و ایجاد تعادلات محیط زیستی منطقه‌ای در استان گلستان پرداختند (اونق و میرکریمی، ۱۳۷۷، ص۲). به منظور ارزیابی میزان انطباق محیط زیستی کاربری‌های استان گلستان، یک مدل وزنی تهیه، و مقادیر شاخص انطباق کاربری‌ها در ۱۹۸ واحد محیط زیستی هم‌توان در سطح نیمه‌تفصیلی و مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ نقشه‌بندی کرده‌اند.

**جدول ۱. به‌کارگیری مدل ترکیب خطی وزنی در برخی پژوهش‌های انجام‌گرفته**

| پژوهش / پژوهشگران | عنوان پژوهش |
|---|---|
| نقدی و همکاران، ۱۳۹۳ | ارزیابی توان اکولوژیک اراضی با استفاده از **GIS** و **AHP**[1] در اراضی حاشیهٔ شهر تبریز |
| کوتیایی و همکاران، ۱۳۹۳ | بهره‌گیری از فرایند تحلیل شبکه‌ای و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی جهت ارزیابی توان اکولوژیک توسعهٔ شهری |
| رسولی و همکاران، ۱۳۹۱ | ارزیابی روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و ترکیب خطی وزنی در مکان‌یابی محل دفن مواد زائد شهری، مورد شناسی: شهرستان مرند. |
| کرم، ۱۳۸٤ | تحلیل تناسب زمین برای توسعهٔ کالبدی در محور شمال غرب شیراز با استفاده از رویکرد ارزیابی چندمعیاری در محیط **GIS** |
| دهشور و همکاران، ۱۳۹۲ | شناسایی و مکان‌یابی فضاهای مناسب شهری با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و ترکیب خطی وزنی |
| عزیزیان و همکاران، ۱۳۹۲ | ارزیابی توان اکولوژیک حاشیهٔ شهر تبریز به منظور توسعهٔ پایدار شهری با رویکرد **MCE**[2] |

1. Analytic Hierarchy Process
2. Multi Criteria Evaluation

## مبانی نظری

چارچوب نظری پژوهش حاضر که پایه‌ها و بنیان‌های نظری مرتبط با موضوع پـژوهش را تشـکیل می‌دهد، شامل دو بخش اصلی است که در ادامه شرح داده شده است.

روش ترکیب خطی وزنی، رایج‌ترین تکنیک در تحلیل ارزیابی چندمعیاری است. این تکنیـک، روش امتیازدهی نیز نامیده می‌شود. این روش بر مبنای مفهوم میانگین وزنی استوار است. تحلیل‌گر یا تصمیم‌گیرنده مستقیماً بر مبنای اهمیت نسبی هـر معیـار مـورد بررسـی، وزن‌هـایی بـه معیارهـا می‌دهد. سپس از طریق ضرب‌کردن وزن نسبی در مقدار آن خصیصه، یک مقدار نهـایی بـرای هـر گزینه به دست می‌آید (رسولی و همکاران، ۱۳۹۱، ص٤٧).

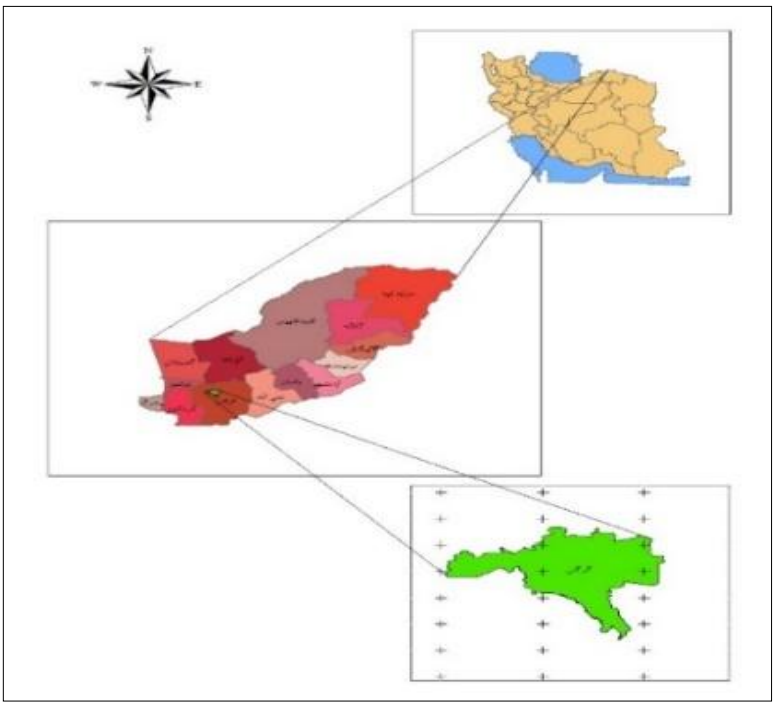
بهترین مدل، مدلی است که با کمترین تعداد عامل، بهترین نتیجه را به دست دهد. سلسله‌مراتـب نمایشی گرافیکی از مسئلهٔ پیچیده واقعی است که در رأس آن هدف کلی مسئله و در سطوح بعدی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها قرار می‌گیرند. تبدیل موضوع یـا مسـئلهٔ مـورد بررسـی بـه سـاختار سلسله مراتبی مهم‌ترین قسمت فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی محسوب می‌شود، زیرا در ایـن قسـمت با تجزیهٔ مسائل پیچیده، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی آن‌ها را به شکل ساده که با ذهن و بـا طبیعـت انسان مطابقت داشته باشند، تبدیل می‌کند. به عبارتی دیگر این فرایند مسائل پیچیـده را بـه عناصـر جزئی‌تر و ساده‌تر تجزیه می‌کند تا قابل درک باشد (میرکازهی و حاجی‌زاده، ١٣٩٤، ص٥).

## روش تحقیق

در تحلیل توان زمین در حوزهٔ شهری گرگان، ابتدا با به‌کارگیری منابع مختلف، داده‌هـا و نقشه‌های مختلف محیطی تهیه شد. در ادامه بـا شناسایی منابع محیطی مختلف و تهیهٔ نقشـه‌هـای موضـوعی، نقشه‌ها و اطلاعات مورد نیاز و با اهمیت بالا استخراج، و در ارزیابی توان اکولوژیکی زمین بـه کـار گرفته شدند. مدل و روش کار در تحلیل توان‌سنجی زمین، مبتنی بر مدلی اکولوژیکی است کـه بـر اساس تلفیق، یا همان همپوشانی معیارها است که بر مبنای روش آمایش سرزمین مخـدوم طراحـی شد. روش مورد مطالعه بر اصول ارزیابی توان محیط زیستی تأکید می‌کنـد. جهـت تلفیـق معیارهـا روش ترکیب خطی وزنی به‌کار گرفته شد. در ادامه، مراحل کار تشریح شده است.

## معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

در این پژوهش گرگان که از شهرهای بخش شمالی دامنهٔ ارتفاعات البرز ایران است و در محـدودهٔ '۱۰ ° ٥٤ تا '٤٥ ° ٥٤ طول شرقی و '٤٤ ° ۳٦ تا '٥۸ °۳٦ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱)، بـرای بررسی توسعهٔ محتمل درون و حاشیهٔ شهری بررسی شد. مساحت این شهر حدود ۱۳۱۷ کیلـومتر مربع است، و آب و هوای معتدل و مرطوب دارد. به لحاظ ویژگی‌هـای خـاص اقلیمـی، موقعیـت توپوگرافی و وجود رودخانه‌هایی که بیشتر آن‌ها در پیونـد بـا ارتفاعـات، پوشـش گیـاهی متنـوع، جنگل‌های انبوه و مناظر زیبا است، این شهر از لحـاظ کیفیـت بصـری و ارزش زیبـایی‌شـناختی و منابع طبیعی در زمرهٔ یکی از زیباترین شهرهای کشور قرار گرفته است (ساجدی‌فر و میرکاظمیـان، ۱۳۸۷، ص۳).



**شکل ۱. منطقهٔ مورد مطالعه**

## روش انجام‌دادن کار

روش کار در شش مرحله به صورت جزئی به شرح زیر برای ارزیابی توان اکولوژیک توسعهٔ شهری بیان می‌شود (شکل ۲) (Eastman et al., 1995, p.2):

- شناسایی معیارهای مؤثر بر ارزیابی توان اکولوژیک منطقهٔ مورد مطالعه؛
- تهیهٔ نقشهٔ معیارها و محدودیت‌ها؛
- استانداردسازی معیارها و محدودیت‌ها؛
- وزن‌دهی به معیارها به روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)؛
- ادغام معیارها و محدودیت‌ها به روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)[1] برای ارزیابی توان اکولوژیک توسعهٔ شهری؛
- انطباق خروجی حاصل از ارزیابی توان اکولوژیک توسعهٔ شهری با میزان توسعه در سال‌های متفاوت.

### شناسایی معیارها

در این تحقیق پس از مطالعات کتابخانه‌ای و مرور منابع علمی ۱۳ فاکتور فاصله از رودخانه سطحی، شیب، بافت خاک، شکل زمین، سرعت باد، جهت جغرافیایی، فاصله از پوشش جنگلی، فاصله از قنات، فاصله از چاه‌ها، فاصله از گسل، متوسط بارش سالیانه، متوسط دمای سالیانه، ارتفاع از سطح دریا منطبق بر مدل اکولوژیکی مخدوم (۱۳۹۰) و نظرهای کارشناسی تعدادی از استادان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انتخاب شد.

### تهیهٔ نقشه‌های فاکتور و محدودیت

در ارزیابی چندمعیاری باید معیارهای دستیابی به هدف را تعریف و معین کرد. بنابراین، بر مبنای

1. Weighted Linear Combination

معیار تعیین‌شده، تصمیم‌گیری می‌شود. معیارها بـه دو صـورت فـاکتور و محـدودیت دسـته‌بنـدی می‌شوند (Eastman, 2003, p.100). در این پژوهش فاکتورهـای اکولوژیـک در سیسـتم مختصـات UTM و بیضوی مبنای WGS84 به‌کار گرفته شـده اسـت. همچنـین، منطقـهٔ مطالعـاتی در زون ٤٠ شمالی واقع شده است و اندازهٔ پیکسل در نقشه‌ها ۳۰*۳۰ متر است.

## فازی‌سازی فاکتورها

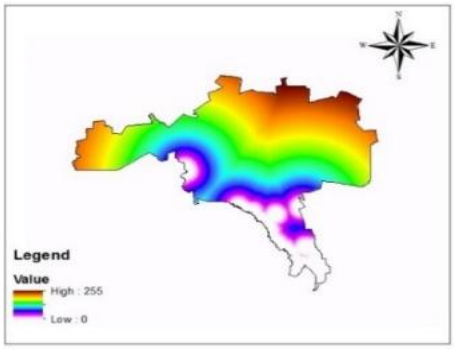
پس از تهیهٔ نقشه‌های معیار باید توجه کرد که چون نقشه‌ها واحدهای متفاوتی دارند، قابل مقایسـه با یکدیگر نیستند، لذا باید برای تصمیم‌گیـری صـحیح محـدوده و مقیـاس نقشـه‌هـای معیارهـا را استاندارد کرد. در این پژوهش به منظور همسان‌سازی مقیاس‌های اندازه‌گیـری و تبـدیل آن‌هـا بـه واحدهای قابل قیاس و استانداردشده نظریهٔ فـازی بـه‌کـار گرفتـه شـده اسـت. نظریـهٔ فـازی کـه نخستین‌بار توسط لطفی‌زاده در سال ۱۹٦٥ مطرح شد، نظریه‌ای ریاضی است که برای مدل‌سازی و صورت‌بندی ریاضی در فرایندها مطرح شده است (Lootsma, 1997, p.25). در این پژوهش بـرای استانداردسازی فازی تابع خطی به‌کار گرفته شد. برای فازی‌کردن لایه‌های نقشه‌ها با توابـع خطـی در IDRSI بایـد موقعیـت حـداقل ۲ تـا ٤ نقطـه (a, b, c, d) روی نمـودار خطـی مشـخص شـود (Eastman, 2003, p.117). مثال‌هایی از فازی‌سازی معیارهای گسسته و پیوسته در جدول‌هـای ۲ و ۳ نمایش داده شده است. همچنین، شکل‌های ۲ و ۳ نمونه‌هایی از نقشه‌هـای فـازی‌شـده را نشـان می‌دهند.

**جدول ۲. فازی‌سازی معیارهای گسسته**

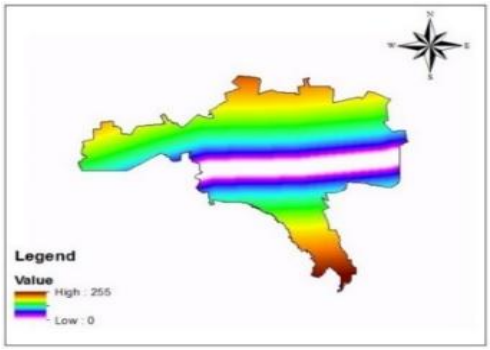
| معیار | شکل تابع | نوع تابع | نقاط کنترل | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | d | c | b | a |
| فاصله از رودخانهٔ سطحی | خطی | کاهشی | ۲۱۸٦ | ۲٥۰ | – | – |
| فاصله از پوشش جنگلی | خطی | افزایشی | – | – | ٥۰۳۱ | ۲٥۰ |
| فاصله از چاه‌ها | خطی | کاهشی | ۱۲۲٦ | ۲٥۰ | – | – |
| فاصله از گسل | خطی | افزایشی | – | – | ٥۰۰۱ | ۲٥۰ |

**جدول ۳. فازی‌سازی معیار پیوسته**

| جهت | طبقات | امتیاز |
|---|---|---|
| شمال | ۰-٤٥ | ۰ |
| شرق | ٤٥-۱۳٥ | ۲۰۰ |
| جنوب | ۱۳٥-۲۲٥ | ۲٥٥ |
| غرب | ۲۲٥-۳۱٥ | ۲۰۰ |
| شمال | ۳۱٥-۳٦۰ | ۰ |
| بی‌جهت | -۱ | ۲٥٥ |




**شکل ۲. نقشهٔ فازی‌شدهٔ فاصله از جنگل**

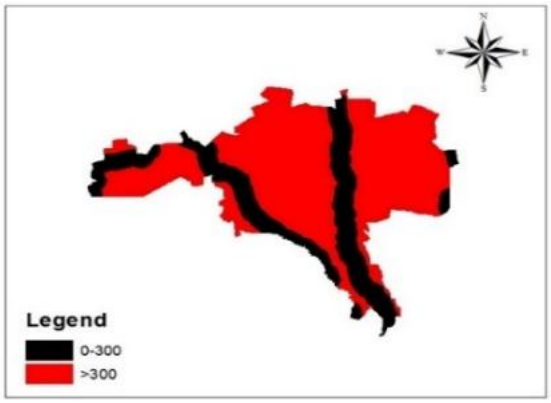



**شکل ۳. نقشهٔ فازی‌شدهٔ فاصله از گسل**

یکی از ساده‌ترین روش‌ها در استانداردسازی نقشه‌ها روش بولین است که نقشه‌ها را به دو بخش مناسب با ارزش یک و نامناسب با ارزش صفر تبدیل می‌کند. بدین معنا که صرفاً مناطقی با ارزش یک برای توسعه مناسبند (Kue et al., 2006, p.5). معیارهای بولین در این پژوهش شامل فاصله از رودخانهٔ سطحی، فاصله از قنات، فاصله از گسل و فاصله از پوشش جنگلی‌اند. در جدول ٤ و شکل ٤ بولین مربوط به فاصله از رودخانهٔ سطحی بیان شده است.

**جدول ٤. ارزش‌دهی بولین**

| محدودیت | محدوده با ارزش صفر | محدوده با ارزش یک |
|---|---|---|
| فاصله از رودخانهٔ سطحی | ۰-۲٥۰ | ۲٥۰ متر به بالا |




**شکل ٤. نقشهٔ بولین فاصله از رودخانهٔ سطحی**

### وزن‌دهی به فاکتورها

زمانی که در ارزیابی معیارهای مختلف و از جنس متفاوت وجود دارد، تصمیم‌گیری را برای تصمیم‌گیران پیچیده می‌کند. بنابراین، باید ابزاری تحلیلی به‌منظورتحلیل ساده برای ذهن به‌کار گرفته شود. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به عنوان یک روش ریاضی برای تعیین اهمیت و تقدم معیارها در فرایند ارزیابی و تصمیم‌گیری می‌تواند مؤثر باشد. این روش توسط ال ساعتی در سال ۱۹۸۰ ابداع شد. روش‌های تحلیل مختلفی مانند روش حداقل مربعات لگاریتمی، روش نسبت‌دهی، روش بردار ویژه و روش حداقل مربعات و غیره برای محاسبهٔ وزن در ارزیابی معیارها وجود دارد که در این پژوهش روش بردار ویژه بر پایهٔ مقایسهٔ زوجی، در قالب AHP به‌کار گرفته می‌شود (Schreyer & Malczeweski, 2003, p.25; Tsaur & Wang, 2007, p.5). روش یادشده شامل تهیهٔ ماتریس معیارها است که در این مورد با تدوین پرسشنامه و به‌کارگیری نظرهای کارشناسان محیط زیست به فاکتورهای تعیین‌شده بین ۱–۹ ارزش‌دهی شد (جدول ۵). وزن‌های نسبی حاصل از این مرحلهٔ مقایسهٔ زوجی معیارها و بر اساس روش بردار ویژه کسب شد. این وزن‌های نسبی به عنوان وزن‌های مورد نیاز در محیط ادریسی به‌کار گرفته شدند. باید توجه کرد که در این مرحله باید نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ باشد، در غیر این صورت باید در وزن‌دهی تجدیدنظر کرد (Ryngnga, 2008, p.3).

جدول ۱. اهمیت نسبی شاخص‌ها در مقایسهٔ زوجی

| توصیف | درجهٔ اهمیت |
|---|---|
| اهمیت یکسان | ۱ |
| نسبتاً مرجح | ۳ |
| ترجیح زیاد | ۵ |
| ترجیح خیلی زیاد | ۷ |
| ترجیح فوق‌العاده | ۹ |
| ارزش‌های بینابین | ۲، ٤، ٦، ۸ |

## ادغام معیارها و محدودیت‌ها به روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)

برای انتخاب بهترین گزینه (مکان و پیکسل) باید رتبه‌بندی حاصل از ادغام وزن‌های مربوط به معیارها را به‌کار گرفت. روش‌های گوناگونی برای این تحلیل وجود دارد که رایج‌ترین شیوه برای ترکیب معیارها به‌منظور تعیین تناسب سرزمین روش ترکیب خطی‌وزن‌دار است. که ایستمن در سال ۱۹۹۵ آن را بسط داده است (سلمان‌ماهینی، ۱۳۹۰، ص۲۵۷). در این رویکرد بر مبنای اهمیت نسبی هر فاکتور، وزن‌هایی به فاکتورها داده می‌شود، سپس، از مجموع حاصل‌ضرب وزن نسبی در مقدار آن فاکتور مقدار قابلیت نهایی محاسبه می‌شود. به عبارت دیگر، نقشهٔ تناسب کاربری مورد نظر به دست می‌آید.

$$S=\sum W_i X_i$$

S: میزان تناسب

$W_i$: وزن هر معیار

$X_i$: ارزش استانداردشدهٔ هر معیار

در صورتی‌که محدودیت‌هایی وجود داشته باشد که در قالب روش بولین تهیه شده است، تناسب از فرمول زیر محاسبه می‌شود (Eastman, 2003, p.132):

$$S=\sum W_i X_i \prod C_i$$

$\prod$: نشان‌دهندهٔ علامت ضرب

$C_i$: ارزش استانداردشدهٔ هر محدودیت

### بررسی میزان انطباق

پس از تعیین پهنه‌های مناسب با به‌کارگیری روش ارزیابی توان اکولوژیک با انطباق و روی‌هم‌گذاری از طریق فرمان CrossTab و همچنین، تعیین مساحت دو نقشهٔ محدودهٔ توسعه‌یافته و نقشهٔ خروجی تناسب، میزان انطباق توسعهٔ شهری گرگان تعیین شد. این فرایند برای سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۹۲، ۲۰۰۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۳ انجام گرفت تا میزان تناسب و تطابق را در سال‌های مختلف بررسی کند.

## یافته‌های تحقیق

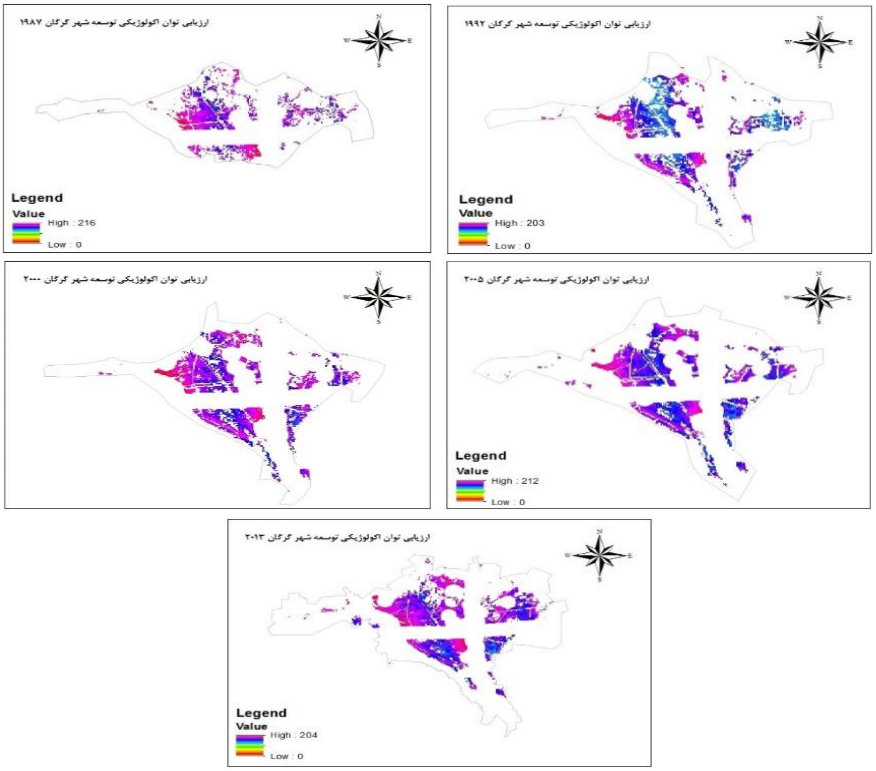
همان‌طور که در بخش روش کار اشاره شد، پس از تعیین معیارها و محدودیت‌ها در گام اول و سپس، تهیهٔ نقشه‌های مربوطه، در گام سوم آن‌ها با به‌کارگیری توابع فازی استانداردشده و در گام چهارم مطابق با جدول ٦، معیارها از طریق روش تحلیل سلسله‌مراتبی وزن‌دار شد که وزن‌ها اهمیت نسبی هر پارامتر را در تناسب و تعیین توان اکولوژیک توسعهٔ شهری نشان می‌دهد. در این پژوهش نرخ ناسازگاری ۰/۰٦ محاسبه شد که چون از میزان مجاز آن یعنی ۰/۱ کمتر است، نیازی به امتیازدهی مجدد نیست.

**جدول ۶. نتایج وزن‌دهی معیارها**

| معیار | وزن | معیار | وزن |
|---|---|---|---|
| فاصله از رودخانهٔ سطحی | ۰/۱۸٤ | فاصله از قنات | ۰/۰۸۱ |
| شیب | ۰/۱۳۱ | فاصله از چاه‌ها | ۰/۰۷۲ |
| بافت خاک | ۰/۱۰۲ | فاصله از گسل | ۰/۰٤۸ |
| شکل زمین | ۰/۰۸۷ | متوسط بارش سالیانه | ۰/۰۲۸ |
| سرعت باد | ۰/۰٦۸ | متوسط دمای سالیانه | ۰/۰۳۵ |
| جهت جغرافیایی | ۰/۰٤۹ | ارتفاع از سطح دریا | ۰/۰۳۲ |
| فاصله از پوشش جنگلی | ۰/۰۸٤ | | |

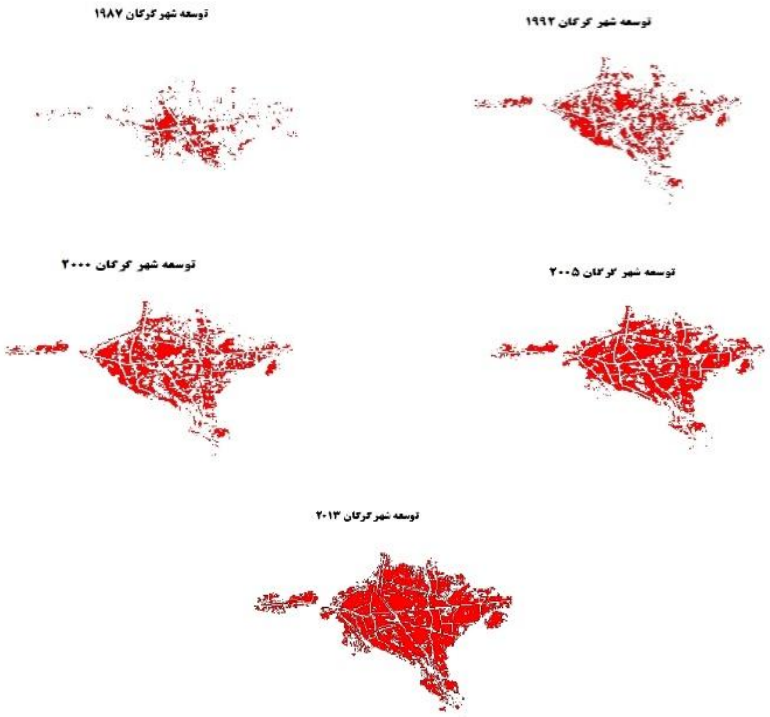
در گام بعدی با روش ترکیب خطی وزن‌دار به‌منظور ارزیابی توان اکولوژیک توسعهٔ شهری

نقشه‌های استانداردشده شامل فاکتورها و محدودیت‌ها با اعمال ضرایب منتج از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط ادریسی با هم ترکیب شدند. نقشهٔ حاصل‌شده در شکل ٦ نمایش داده شده، که مطلوبیت آن بین ۰ تا ۲۵۵ بسط داده شده است. با افزایش ارزش در هر پیکسل میزان مطلوبیت آن برای توسعهٔ شهری افزایش می‌یابد. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود تناسب توسعهٔ شهری در سال‌های مختلف تغییر کرده است که دلیل آن پارامترهای متغیری مانند جنگل، چاه‌ها و رودخانه بوده است که طی زمان دستخوش تغییرات شده است.

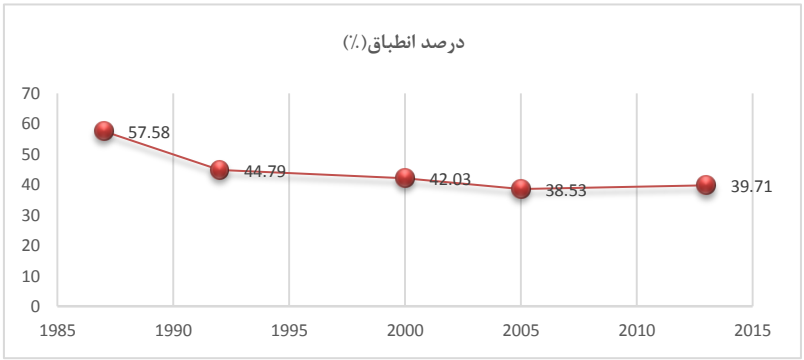



**شکل ۵. نقشهٔ توان اکولوژیکی منطقهٔ مورد مطالعه در سال‌های مختلف**

در آخرین مرحله، نقشهٔ خروجی WLC را با میزان توسعه در سال‌های مختلف (شکل ٦) مقایسه کرده که نتایج آن در شکل ۷ نشان داده شده است.




**شکل ۶. نقشهٔ توسعهٔ گرگان در سال‌های مختلف (Mahiny &Clarke, 2010, p.9; Mahiny &Clarke, 2013, p.5)**



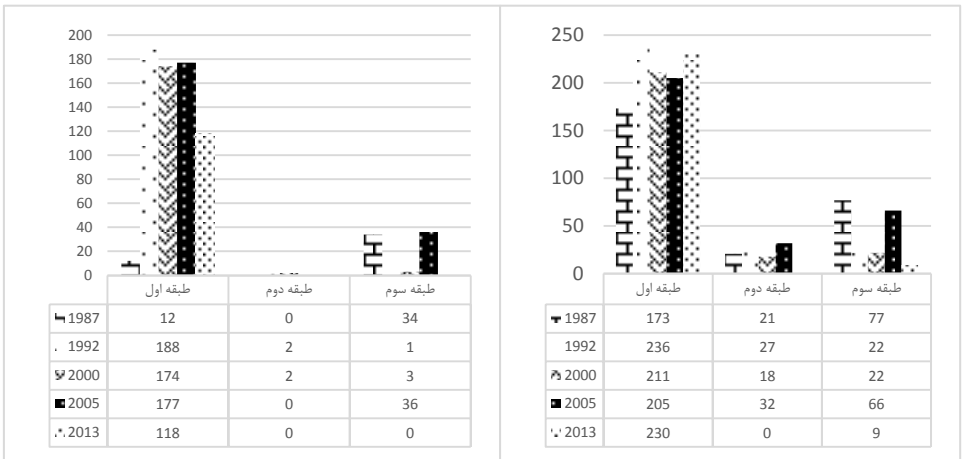

**شکل ۷. درصد انطباق خروجی مدل WLC با توسعهٔ شهری در سال‌های مختلف**

پس از تهیهٔ نقشهٔ توان اکولوژیک منطقهٔ مورد مطالعه برای توسعهٔ شهری و طبقه‌بندی آن (جدول ۷) در سه طبقهٔ خوب، متوسط و ضعیف، مشخص شد که از کل محدودهٔ انطباقی در سال‌های مختلف، بیشترین میزان آن در محدوده‌ای با توان متوسط واقع شده است.

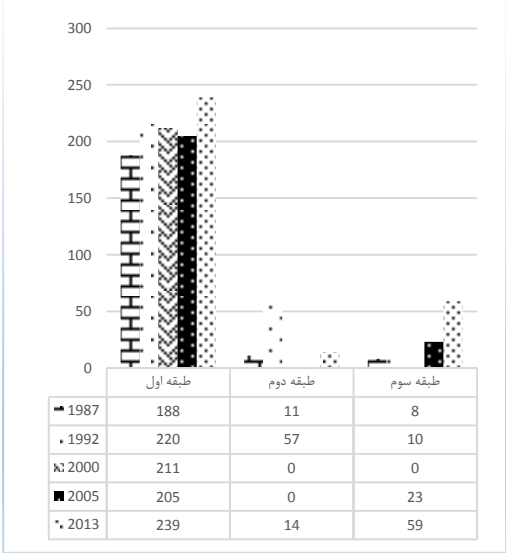
**جدول ۷. درصد فراوانی طبقات توان اکولوژیکی در سال‌های مختلف**

| طبقه / سال | ۱۹۸۷ | ۱۹۹۲ | ۲۰۰۰ | ۲۰۰۵ | ۲۰۱۳ |
|---|---|---|---|---|---|
| طبقهٔ اول (۲۰۰–۲۵۵) | ۱٫۸۲ | ۰٫۱۱ | ۰٫۴۳ | ۰٫۸۱ | ۰٫۲۷ |
| طبقهٔ دوم (۱۵۰–۲۰۰) | ۹۷٫۷۰ | ۶۸٫۴۷ | ۹۴٫۰۴ | ۹۶٫۶۶ | ۹۵٫۱۳ |
| طبقهٔ سوم (۱۵۰–۰) | ۰٫۴۸ | ۳۱٫۴۰ | ۵٫۵۲ | ۲٫۵۲ | ۴٫۵۹ |

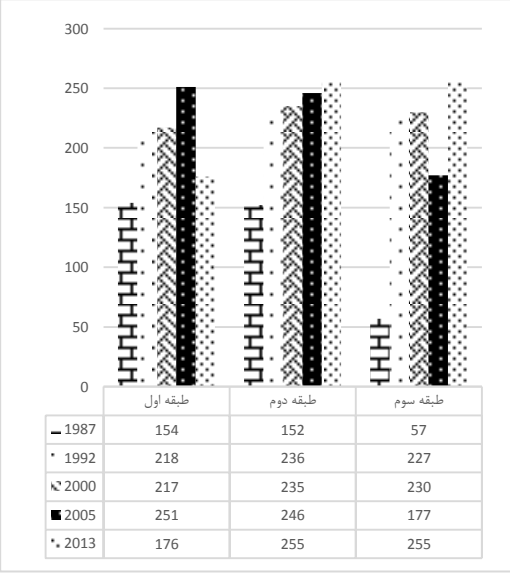
بررسی ارزیابی توان اکولوژیکی توسعهٔ گرگان نشان داد طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۳ میزان فاکتورهای جنگل، رودخانه و چاه‌ها بین بازهٔ ۲۵۵–۰ تغییر یافته است و نمودارهای زیر میزان حداقل (شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰) و حداکثر (شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳) این تغییرات را نمایش می‌دهند.



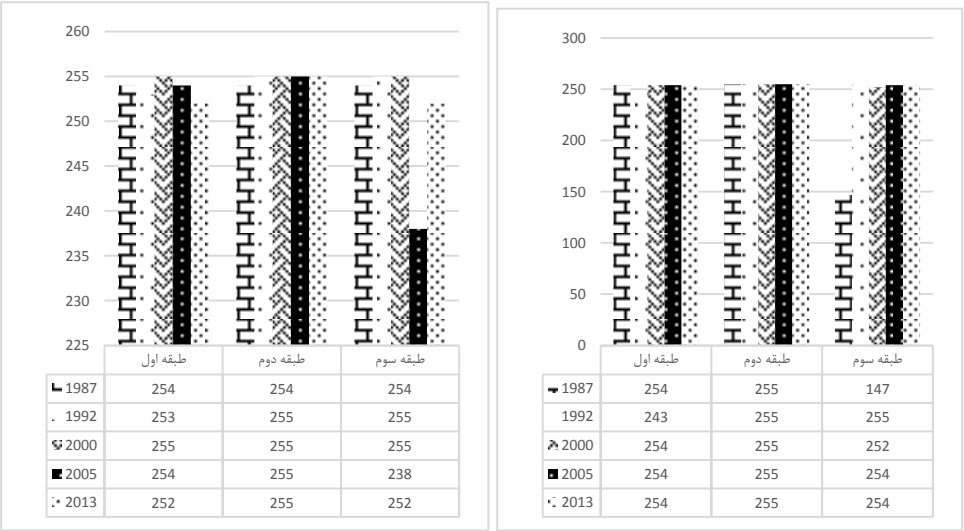

**شکل‌های ۸ و ۹. تغییرات میزان حداقل فاکتور فاصله از چاه‌ها و جنگل طی سال‌های ۲۰۱۳ – ۱۹۸۷**




**شکل۱۰. تغییرات میزان حداقل فاکتور فاصله از رودخانه طی سال‌های ۲۰۱۳ –۱۹۸۷**




**شکل ۱۱. تغییرات میزان حداکثر فاکتور فاصله از جنگل طی سال‌های ۲۰۱۳ – ۱۹۸۷**




**شکل‌های ۱۲ و ۱۳. تغییرات میزان حداکثر فاکتور فاصله از رودخانه و چاه‌ها طی سال‌های ۲۰۱۳ – ۱۹۸۷**

## بحث و نتیجه

مشکلات محیط زیستی یکی از اساسی‌ترین مسائل شهر امروزی و حاصل تعارض و تقابل آن‌ها با محیط طبیعی است. زیرا توسعهٔ شهری ضرورتاً با تسلط ساختمان‌ها، صنایع و حمل‌ونقل و فعالیت‌های اقتصادی بر فضاهای طبیعی همراه است و این تسلط به مرور زمان به شکل چیرگی شهر بر طبیعت تغییر یافته است و زمینه‌ساز آلودگی‌های گستردهٔ شهری می‌شود.

پژوهش حاضر در پی تعیین توان اکولوژیکی محدودهٔ گرگان جهت تعیین میزان انطباق با شرایط اکولوژیک انجام گرفته است. در این زمینه منطق بولین برای تولید نقشه‌های محدودیت، توابع فازی برای استانداردسازی فاکتورها و مقایسهٔ زوجی طی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی که امکان وزن‌دهی معیارهای کمی و کیفی را فراهم می‌کند، برای وزن‌دهی به معیارها به‌کار گرفته شد. که کارایی این روش در مطالعات گوناگونی ثابت شده است (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۳، ص۱ ;Borthwick et al., 2014, p.5; Ajza-Shokouh et al., 2013, p.5). در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی نظرهای کارشناسانی به‌کار گرفته شد که در رشتهٔ محیط زیست تحصیل کرده بودند، در نتیجه

نظراتشان با مدل مخدوم همسو بود، اما چون مدل مخدوم مدل حرفی بوده و امتیازدهی در آن انجام نگرفته است، با کمک این روش مدل کمی‌سازی شد. در تلفیق معیارها مدل WLC به‌کار گرفته شده است که در بردارندهٔ رویکرد جبرانی است بدین معنا که پایین‌بودن امتیاز یک معیار، توسط بالابودن معیاری دیگر جبران می‌شود.

با بررسی درصد انطباق در سال‌های مختلف مشخص شد گذشت زمان، افزایش جمعیت و نیاز به توسعهٔ بیشتر، به توسعهٔ محدودهٔ شهری در مناطق غیرمنطبق بر اصول بوم‌شناختی منجر شده است، همان‌طور که نتایج در شکل ۷ نشان می‌دهد، میزان تطابق از سال ۱۹۸۷ تا سال ۲۰۰۵ رو به کاهش شدیدی است به‌طوری که این درصد انطباق از ۵۷٫۵۸ درصد به ۳۸٫۵۳ درصد در سال ۲۰۰۵ رسیده است که خود دال بر نیاز شدید به برنامه‌ریزی اصولی مبتنی بر افزایش توجه به اصول بوم‌شناختی و جبران این میزان کم انطباق است. همچنین، این روند در سال ۲۰۱۳ به میزان ناچیزی بهبود یافته است اما هنوز از میزان قابل قبول بسیار فاصله دارد. بنابراین، برنامه‌ریزان شهری و سازمان‌های ذیربط باید با بررسی میزان تنزل تطابق با اصول اکولوژیکی و یافتن شاخص‌ها و عوامل مؤثر جهت رفع پیامدهای بوم‌شناختی و بهبود شرایط در طولانی‌مدت و آیندهٔ محدودهٔ مطالعاتی، اقدام کنند.

میزان پایین انطباق اکولوژیکی در این پژوهش می‌تواند نشان‌دهندهٔ پیامدهای احتمالی وارد به محیط زیست، از جمله تولید رواناب، سیلابی‌شدن خیابان‌ها، بسته‌شدن مسیر عبور آب، فرسایش خاک، ناپایدارشدن دامنه‌ها، آلودگی بصری، مصرف غیرمعمول بنزین، تأثیر بر زیستگاه‌های حاشیه‌ای، اثر بر آب‌های زیرزمینی و غیره باشد که در نهایت، باعث به‌هم خوردن تعادل اکوسیستم‌های طبیعی می‌شود. آنچه در این‌جا به‌طور مختصر اشاره شده است، نیازمند توجه کافی برای کاهش پیامدها و افزایش انطباق اکولوژیکی به‌منظور دست‌یابی به توسعهٔ پایدار و درخور است.

## منابع و مآخذ


۱. اونق، مجید؛ میرکریمی، سیدحامد (۱۳۷۷). *ارزیابی اثرات توسعه بر محیط زیست استان گلستان*. گرگان، ادارهٔ کل حفاظت محیط‌زیست استان گلستان.

۲. اونق، مجید؛ میرکریمی، سیدحامد (۱۳۸۲). «مدل ارزیابی انطباق زیست‌محیطی کاربری‌های فعلی استان گلستان». *مجلهٔ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان*، سال دهم، شمارهٔ سوم، صفحات ۱٤-۵.

۳. بهرام‌سلطانی، کامبیز (۱۳۷۱). *مجموعهٔ مباحث و روش‌های شهرسازی: محیط‌زیست*. تهران، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.

٤. جوادیان‌کوتنایی، سارا؛ ملماسی، سعید؛ اورک، ندا؛ مرشدی، جعفر (۱۳۹۳). «تدوین الگوی ارزیابی اکولوژیک توسعهٔ شهری با بهره‌گیری از فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) (نمونهٔ موردی: شهرستان ساری)». *آمایش سرزمین*، دورهٔ ششم، شمارهٔ اول، صفحات ۱۷۸- ۱۵۳.

۵. دهشور، طهورا؛ دانه‌کار، افشین؛ آل‌شیخ، علی‌اصغر؛ احمدیان، رضا (۱۳۹۲). «شناسایی و مکان‌یابی فضاهای مناسب شهری با تأکید بر معیارهای زیست‌محیطی (مطالعهٔ نمونه: شهرستان محمودآباد مازندران)». *دوفصل‌نامهٔ علمی ـ پژوهشی آمایش سرزمین*، دورهٔ پنجم، شمارهٔ اول، صفحات ۱۷۹- ۱۵۵.

٦. رسولی، علی‌اکبر؛ محمودزاده، حسن؛ یزدچی، سعید؛ زرین‌بال، محمد (۱۳۹۱). «ارزیابی روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و ترکیب خطی وزنی در مکان‌یابی محل دفن مواد زائد شهری، موردشناسی: شهرستان مرند». *جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای*، شمارهٔ چهارم، صفحات ۵۲- ٤۱.

۷. ساجدی‌فر، آیلار؛ میرکاظمیان، مریم‌السادات (۱۳۸۷). *اطلس ژئوتوریسم استان گلستان*. پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور.

۸. سعیدی، سپیده؛ محمدزاده، مرجان؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ میرکریمی، سیدحامد (۱۳۹۳).

«ارزیابی و مدل‌سازی ارزش منظره‌ای سیمای سرزمین به روش ترکیب خطی وزنی (مطالعهٔ موردی: مسیرهای پیاده‌روی آبخیز زیارت استان گلستان)». *محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران*، دورهٔ ٦٧، شمارهٔ سوم، صفحات ۳۱۱- ۳۰۱ .

۹. سلمان‌ماهینی، عبدالرسول؛ حمیدرضا، کامیاب (۱۳۹۰). *سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم‌افزار ایدریسی*. انتشارات مهر مهدیس، تهران.

۱۰. عزیزیان، محمدصادق؛ نقدی، فریده؛ ملازاده، مهدی (۱۳۹۲). «ارزیابی توان اکولوژیک حاشیهٔ شهر تبریز به منظور توسعهٔ پایدار شهری با رویکرد MCE». *مجلهٔ پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، سال چهارم، شمارهٔ سیزدهم، صفحات ۱۲۸- ۱۱۳.

۱۱. مخدوم، مجید (۱۳۹۰). *شالودهٔ آمایش سرزمین*. چاپ دوازدهم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۲. میرکازهی، زهرا؛ حاجی‌زاده، فاطمه (۱۳۹٤). «مکان‌یابی دفن مواد زائد جامد شهری با به‌کارگیری (GIS) و (AHP) (مطالعهٔ موردی: شهرستان خاش)». *فصل‌نامهٔ علوم و تکنولوژی محیط زیست*. در حال چاپ.

۱۳. میرکتولی، جعفر؛کنعانی، محمدرضا (۱۳۹۰). «ارزیابی توان اکولوژیک کاربری توسعهٔ شهری با مدل تصمیم‌گیری چندمعیاری MCDM و GIS (مطالعهٔ موردی: شهر ساری، استان مازندران)». *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، شمارهٔ ۷۵، صفحات ۸۰-۷۷.

۱٤. نقدی، فریده؛ حسینی، سیدمحسن؛ صدر، شقایق (۱۳۹۳). «ارزیابی توان اکولوژیک اراضی با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (مطالعهٔ موردی: اراضی حاشیهٔ شهر تبریز)». *سنجش از دور و GIS در منابع طبیعی*، سال پنجم، شمارهٔ سوم، صفحات ۱۰۲- ۹۳.

15. Ajza-Shokouhi, M.; Kazemi, Kh.; Ahmadi, A. (2013). "Ecological capability evaluation for urban physical development by using multi-criteria decision- making analysis methods in GIS (Case study: Mashhad City in Iran)". *International Journal of Emerging Trends in Engineering and Development*, 3(6), 265-275.
16. Borthwick, A.; Liu, R.; Zhang, K.; Zhang, Zh. (2014). "Land-use suitability analysis for urban development in Beijing, China". *Environmental Management*, 145, 170-179.

17. Brazier, A.; Greenwood, L. (1998). "Geographic Information system: A consistent approach to land use planning decisions around hazardous installations". *Journal Hazardous Materials*, 61(1), 355-361.
18. Eastman, R.; Jiang, H.; Toledano, J. (1995). "Raster procedure for multi criteria and multi objective decisions photogrammetric". *Engineering & Remote sensing*, 61(5), 539-547.
19. Eastman, Ronald (2003). *Idrisi for windows user guide*. New York, Clark University.
20. Feizizadeh, B.; Blaschke, T. (2013). "Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: a multi-criteria evaluation approach using GIS". *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(1), 1–23.
21. Gilbert, A.; Josef, G. (1992). *Cities, poverty and development, urbanism in the third world countries*, New York, Oxford University Press.
22. Girvetz, E. H.; Thorne, J. H.; Berry, A. M.; Jaeger, J. A. (2008). "Integration of landscape fragmentation analysis into regional planning: a statewide multi-scale case study from California, USA". *Landscape and Urban Planning*, 86(3), 205–218.
23. Kue, M. Sh.; Liang, G. Sh.; Huang, W. Ch. (2006). "Extensions of multicriteria analysis with pairwise comparison under a fuzzy environment". *International Journal of Approximate Reasoning*, 43(3), 268-285.
24. Lootsma, F. (1997). *Fuzzy logic for planning and decision making*. Dordrecht, Kluwer Academic Publisher.
25. Mahiny, A. S.; Clarke, K. (2012). "Guiding SLEUTH land-use/land-cover change modeling using multicriteria evaluation: Towards dynamic sustainable land-use planning". *Environmental and Planning B: Planning and Design*, 39(5), 925–944.
26. Mahiny, A. S.; Clarke, K. (2013). "Simulating hydrologic impacts of urban growth using SLEUTH, multi Criteria evaluation and runoff modeling". *Journal Environmental Information*, 22(1), 27–38.
27. Marull, J.; Pino, J.; Mallarach, J. M.; Cordobilla, M. J. (2007). "A land suitability index for strategic environmental assessment in metropolitan areas". *Landscape and Urban Planning*, 81, 200–212.
28. Pennington, M. (2000). "Urban policy and Public choice theory and Politics of urban containment". *Journal of Environmental and Planning Policy*, 18(2), 25-32.
29. Qingming, Zh (2003). *A Hierarchical Object-Based Approach for Urban Land –Use Classification from Remote Sensing Data*. International institute for geo- information science and earth observation (ITC), Thesis for the degree of PhD.
30. Rojas, C.; Pino, J.; Jaque, E. (2013). "Strategic Environmental Assessment in Latin America: A methodological proposal for urban planning in the Metropolitan Area of Concepción (Chile)". *Land Use Policy*, 30(1), 519–527.
31. Ryngnga, Ph. Kh. (2008). "Ecotourism prioritization: A geographic information system approach". *Tourism and Heritage*, 1, 50-56.
32. Saaty, T. (1980). *The analytical hierarchy process*. New York, Mc-Graw H*ill.*
33. Schreyer, A.; Malczeweski, J. (2004). "Multicriteria evaluation using Analytical Hierarchy Process and ordered weighted averaging". *WWW. AHP*. 1-16.
34. Store, R.; Kangas, J. (2001). "Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert

knowledge for GIS-based habitat suitability modeling". *Landscape and Urban Planning*, 55(2), 79–93.

35. Tsaur, Sh. H.; Wang, CH. H. (2007). "The evaluation of sustainable tourism development by Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Set Theory: An empirical study on the Green Island in Taiwan". *Tourism Research*, 12(2), 127-145.
36. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353.