

مکان‌یابی صنایع با استفاده از روش‌های ارزیابی چندمعیاره در شهرستان گلپایگان

سمیرا افشاری^۱

علی لطفی^۲

سعید پورمنافی^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۰۱/۱۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۰۶/۱۰

چکیده

مکان‌یابی مناطق صنعتی یکی از عوامل کلیدی در برنامه‌ریزی پایدار منطقه‌ای با توجه به اثرات محیط‌زیستی مختلف صنایع می‌باشد. با توجه به رشد مناطق صنعتی و وجود معادن متعدد در شهرستان گلپایگان لزوم مکان‌یابی صنایع با توجه به ضوابط و استانداردهای محیط‌زیستی ضروری است. بنابراین در مطالعه حاضر به منظور مکان‌یابی صنایع در شهرستان گلپایگان از تلفیق روش تحلیل سلسله مراتبی و ارزیابی چندمعیاره و بررسی ۲۴ معیار استفاده شد. مهم‌ترین معیارهای مؤثر در فرآیند ارزیابی توان صنعتی منطقه شامل فاصله از پناهگاه حیات وحش موته، فاصله از گسل‌ها، فاصله از چاه‌ها و فاصله از جاده‌ها بود. لایه‌های اطلاعاتی پس از تهیه با استفاده از روش‌های منطق بولین، روی هم‌گذاری فازی، روش وزن‌دهی و ترکیب خطی‌وزنی تلفیق گردید و نقشه‌ی نهایی ارزیابی توان اکولوژیک منطقه در محیط GIS تهیه شد. نتایج تحقیق نشان داد که در روش منطق بولین، ۲۷۸۳ هکتار از منطقه برای توسعه‌ی صنعتی مناسب می‌باشد. در روش روی هم‌گذاری فازی ۱۷۶۹ هکتار از منطقه و در روش ترکیب خطی‌وزنی ۱۹۰۲ هکتار و در روش وزن‌دهی ۱۷۵۸ هکتار از منطقه برای توسعه‌ی صنعتی در طبقات خوب تا عالی قرار گرفتند. با توجه به نتایج می‌توان گفت روش ترکیب خطی‌وزنی و وزن‌دهی مؤثرتر از روش‌های بولین و روی هم‌گذاری فازی است. نتایج کلی بیانگر این است که در کلیه مدل‌ها مناطق مناسب توسعه‌ی صنعتی در محدوده‌ی جنوب‌شرقی منطقه قرار دارد و به این معناست که در سیاست‌گذاری‌ها، برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری‌های آینده برای توسعه‌ی صنعتی منطقه با در نظر گرفتن آمایش سرزمین این مناطق در اولویت قرار گیرند. با توجه به تمرکز فعالیت‌های کشاورزی در منطقه‌ی گلپایگان و ظرفیت‌های بی‌شمار آن در زمینه‌ی گردشگری، توسعه‌ی صنایع تبدیلی کشاورزی و صنایع مرتبط با توسعه‌ی گردشگری و اکوتوریسم در محدوده‌های مجاز پیش‌بینی شده، می‌تواند به‌عنوان اولویت‌های توسعه‌ی منطقه، مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی توان اکولوژیک، مکان‌یابی صنایع، تحلیل سلسله مراتبی، شهرستان گلپایگان

۱- کارشناسی ارشد، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران Afsharis292@gmail.com

۲- استادیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران، (نویسنده مسئول) Lotfi@iut.ac.ir

۳- استادیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران spurmanafi@iut.ac.ir

۱- مقدمه

نیاز به تصمیم‌گیری دارند. برای حل چنین مسائلی یک راه‌حل منحصر به فرد وجود ندارد (Koksalan et al. 2011). فرآیند ارزیابی چندمعیاره یک ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی برای برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین محسوب می‌گردد که به‌کارگیری عوامل اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی را با آنالیزهای تناسب تسهیل می‌نماید (Wood and Dragicvic 2007). مزیت این روش، قابلیت ترکیب معیارهای مختلف به یک شاخص مرکب می‌باشد (Boteva et al. 2004).

این روش که در اولویت‌بندی مناطق به‌کار برده می‌شود در پیشرفت روش‌های متداول روی هم‌گذاری نقشه در تلفیق با GIS دارای اهمیت قابل توجهی می‌باشد (Valente & Vettorazzi 2008). هدف از ارزیابی چندمعیاره، انتخاب بهترین گزینه بر مبنای رتبه‌بندی آن‌ها از طریق ارزیابی چند معیار اصلی است. روش‌های متعددی برای تحلیل ارزیابی چندمعیاره وجود دارد که مهم‌ترین و اصلی‌ترین آن‌ها شامل روش ترکیب خطی وزنی، روش بولین، رویکردهای تابع ارزش / مطلوبیت، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، روش نقطه ایده‌آل و روش توافق هستند (Malczewski 2006).

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های ارزیابی چندمعیاره دو ابزار رایج برای حل مشکلات یافتن مناسب‌ترین مکان توسط معیارهای انتخاب شده می‌باشد (Eldrandaly 2013؛ برنا ۱۳۹۵). اخیراً مطالعات فراوانی در مورد مکان‌یابی و همچنین معرفی مدل‌های مناسب مکان‌گزینی برای انواع کاربری‌ها با استفاده از GIS صورت گرفته که با روش‌های مختلف ارزش‌گذاری چون ترکیب خطی وزنی، روش منطق بولین، روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و یا منطق فازی (Fuzzy) توسط فتحی و همکاران (۱۳۹۵)، ریسی و سفیانیان (۱۳۸۸) و Eldrandaly (۲۰۱۳) برای اهداف مختلف انجام شده، که جواب‌های مناسب و قابل قبولی نیز حاصل شده است. این‌گونه مطالعات برای ارزیابی توان سرزمین و مکان‌یابی انواع کاربری‌ها انجام شده است (رضا پوراندبیلی و علی‌خواه اصل ۱۳۹۴، یمانی و همکاران

رشد صنعتی و اقتصادی همراه با رشد جمعیت و نادیده گرفتن استفاده بهینه از منابع طبیعی ممکن است مانع تعادل محیط شود (AL-Mulali et al. 2015). استفاده نادرست از زمین (Tu et al. 2014) تولید آلودگی و از بین بردن منابع طبیعی (Razif and Persada 2016) مشکلات جدی ناشی از عدم تعادل محیط در بسیاری از نقاط جهان هستند. تمام این مشکلات نشان‌دهنده‌ی قدرت محدود محیط‌زیست برای تحمل بهره‌برداری انسان از سرزمین است (Aung 2017). مناسب‌ترین مکان برای یک واحد بزرگ صنعتی مکانی است که در آن فعالیت‌های صنعتی با کمترین مصرف منابع اولیه (نیروی انسانی، تجهیزات، مواد، هزینه و زمان) و کم‌ترین اثرات مخرب بر کاربری‌ها و فعالیت‌های انسانی و طبیعی پیرامون آن صورت می‌گیرد (Kamali et al. 2017). ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین به‌عنوان ابزاری برای جانمایی کاربری‌ها براساس ظرفیت طبیعی سرزمین به‌شمار می‌رود. از این‌رو پیش از اجرای برنامه‌های توسعه، تعیین توان اکولوژیک سرزمین برای کاربری‌های مختلف ضروری است (Makhdoum 1991). این امر به‌دلیل ضرورت انتخاب و بهره‌برداری بهینه از توان طبیعی سرزمین در قالب مطالعات برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیستی به‌منظور حصول به اصل توسعه‌ی پایدار است (Francis 2015). در این رابطه، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) با توانایی بالا در مدیریت داده‌ها به‌عنوان ابزاری کارآمد در تلفیق داده‌ها برای مدل‌سازی، مکان‌یابی و تعیین تناسب اراضی از طریق ارزش‌گذاری پهنه‌ی سرزمین است (Pourahmad et al. 2007, Pauleit and Duhme 2000). به‌منظور مکان‌یابی مناسب ایجاد یک صنعت باید معیارهای مختلفی برای دستیابی به مزایای اقتصادی همراه با رعایت ملاحظات محیط‌زیستی مدنظر باشد (Rikhtegar et al. 2014). روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به برنامه‌ریزی و اتخاذ تصمیم در حوزه‌ی مسائلی که شامل چندین معیار مختلف و غالباً متضاد هستند، می‌پردازد. هدف، ایجاد ابزاری مناسب برای یاری‌رسانی به کسانی است که در مواجهه با مسائل

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (...)
مکانیابی صنایع با استفاده از روش‌های ارزیابی ... / ۱۵۳

از روش‌های ارزیابی چندمعیاره، مقایسه و انتخاب بهترین روش می‌باشد.

۲- محدوده‌ی مورد مطالعه

شهرستان گلپایگان با مساحتی حدود ۲۴۲۱ کیلومترمربع یکی از شهرستان‌های غربی استان اصفهان بوده که از شمال به خمین و از جنوب به خوانسار و از مشرق به میمه و از مغرب به لیگودرز محدود می‌شود. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۸۱۸ متر است (سالنامه آماری سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان ۱۳۹۵). براساس سرشماری سال ۱۳۹۵ تعداد جمعیت شهرستان گلپایگان ۸۷۴۷۹ نفر (۲۸۲۰۷ خانوار) می‌باشد. موقعیت جغرافیایی شهرستان گلپایگان در نگاره ۱ نشان داده شده است.

از دیرباز تاکنون عمده فعالیت‌های اقتصادی شهرستان با توجه به منابع آب و خاک مناسب، کشاورزی و صنایع جانبی از قبیل صنایع لبنیات می‌باشد، ولی طی سالیان اخیر طیف گسترده‌ای از صنایع از قبیل صنایع فلزی، اتومبیل‌سازی و قطعه‌سازی، صنایع شیمیایی و پتروشیمی، صنایع سنگ و مصالح ساختمانی و صنایع تبدیلی کشاورزی در شهرستان (در بیش از ۳ شهرک صنعتی از جمله شهرک‌های صنعتی سعیدآباد، شهرک صنعتی سایپا و شهرک صنعتی گلپایگان) شروع به فعالیت نموده‌اند که علاوه بر تولید محصولات مختلف در زمینه‌ی رفع نیازهای منطقه و کشور، باعث افزایش میزان اشتغال، درآمدزایی و کاهش بیکاری شده است (سالنامه آماری سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان اصفهان ۱۳۹۵).

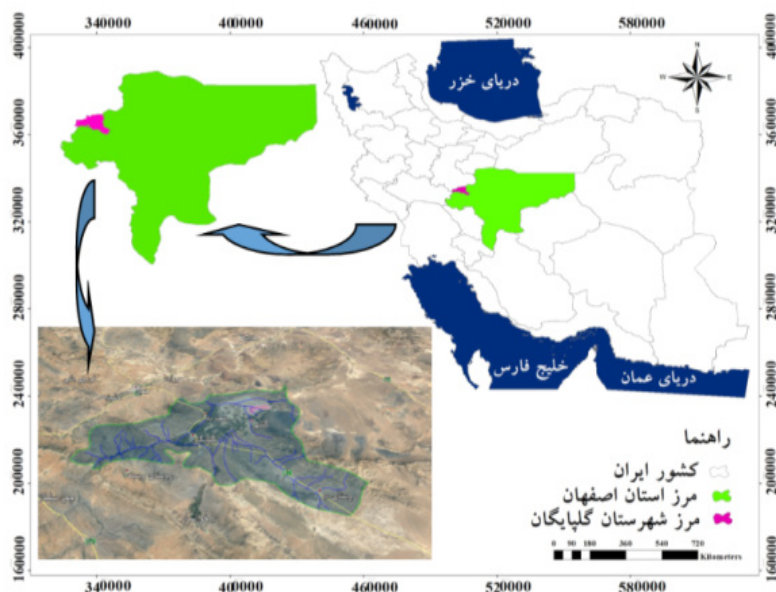
۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- تعیین معیارها

انتخاب معیارها به مشخصه‌های بسیاری مانند نوع، مناطق تحت تأثیر هر گزینه، اهمیت پروژه، در دسترس بودن اطلاعات و غیره بستگی دارد. بنابراین در نظر گرفتن معیارهای بیشتر این اطمینان را به ما می‌دهد که این معیارها همه چیز را پوشش می‌دهند (مرادی و بشری ۱۳۹۶). به منظور دستیابی به این هدف، مدل مفهومی مکان‌یابی شهرستان

(Kamali et al. ۲۰۱۷، ۱۳۹۵). بخش زیادی از این مطالعات، برای ارزیابی توان به‌منظور کاربری صنعتی و کشاورزی در مقیاس منطقه‌ای و شهرستانی انجام شده است. معمولاً اولین قدم برای مکان‌یابی یک کاربری، ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین، به‌عنوان بحث پایه‌ای می‌باشد (Makhdoum 1991). برای انجام این مطالعات از تکنیک‌های مختلف از جمله روش‌های روی‌هم‌گذاری و تلفیق لایه‌های مختلف مثل روش بولین Cheng (۲۰۱۸)، خراسانی و همکاران (۱۳۸۲)، از روش فازی‌سازی و ترکیب خطی‌وزنی^۱ برای ارزیابی و رتبه‌بندی مناطق توسط فتیحی و همکاران (۱۳۹۵)، Zabihi et al. (۲۰۱۹)، Ruiz et al. (۲۰۰۷)، Fernando et al. (۲۰۱۵)، Fernandez et al. (۲۰۰۹)، Liu et al. (۲۰۱۹)، Rikalovic et al. (۲۰۱۷)، Rikalovic et al. (۲۰۱۵)، Ebadi et al. (۲۰۰۴) استفاده شده است. همچنین استفاده از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره برای وزن‌دهی و ارزش‌گذاری لایه‌های مختلف مورد توجه بوده است که می‌توان به مطالعات Neisani Samaniet al. (۲۰۱۸)، Fernandez & Ruiz (۲۰۰۹)، برنا (۱۳۹۵) در استفاده از تکنیک‌های سلسله‌مراتبی اشاره نمود. در مورد ضرورت انجام این پژوهش در شهرستان گلپایگان، نیاز به توضیح است که افزایش روزافزون استقرار کارخانه‌های صنعتی در شهرستان گلپایگان (به‌عنوان قطب مهم کشاورزی و دامداری استان اصفهان) لزوم برنامه‌ریزی برای شناسایی مکان مناسب به‌منظور استقرار صنایع که علاوه بر تأمین شرایط اقتصادی مناسب برای صنایع، کم‌ترین تأثیرات منفی را بر محیط طبیعی و انسانی محدوده مورد مطالعه داشته باشد، را آشکار می‌سازد. هدف این پژوهش شناسایی پهنه‌های مناسب برای استقرار صنایع طبق ضوابط و استانداردهای محیط‌زیست انسانی در شهرستان گلپایگان و بهینه‌سازی آن‌ها با رعایت معیارهای طبیعی و انسانی دخیل در امر مکان‌یابی در راستای کاهش آسیب‌رسانی به محیط طبیعی و انسانی محدوده‌ی مورد مطالعه می‌باشد. همچنین به‌کارگیری هم‌زمان سه روش

1- Weighted Linear Combination



نگاره ۱: محدوده و موقعیت جغرافیایی شهرستان گلپایگان در استان اصفهان

طول دوره‌ی آماری و سپس مقادیر فراوانی نسبی به صورت درصد فراوانی نسبی هر جهت محاسبه شده و در نرم‌افزار Wrpote گلباد منطقه تهیه شد.

۳-۲- استانداردسازی نقشه‌های معیار

پیش از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و رسیدن به نقشه‌ی نهایی، لازم است که کلیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی تولیدشده در مراحل قبل، استاندارد شوند. در واقع به دلیل این که در ارزیابی چند معیاره، معیارها (Malczewski 2006) در مقیاس‌های متفاوت اندازه‌گیری می‌شوند، برای استفاده‌ی مؤثر از کلیه عوامل در تجزیه و تحلیل و ایجاد ارتباط بین آن‌ها و تناسب اراضی، لازم است ارزش‌های مربوط به هر لایه‌ی اطلاعاتی تحت قاعده‌ی خاصی نرمال شده و نقشه‌های معیار در قالب‌های متناسب و قابل مقایسه با یکدیگر قرار گیرند.

۳-۲-۱- استانداردسازی با منطق بولین

انجام تلفیق و روی هم‌گذاری در روش بولین با استفاده از منطق AND انجام می‌شود. به این صورت که لایه‌ها روی هم قرار گرفته و با توجه به این که لایه‌ها از دو مقدار صفر و یک تشکیل شده‌اند، خروجی نقشه‌ی بولین شامل مناطقی است که در همه‌ی نقشه‌ها دارای ارزش یک هستند. با توجه به خروجی نقشه بولین مناطقی که دارای ارزش یک بوده

گلپایگان با در نظر گرفتن سه معیار: فیزیکی، بیولوژیک و اقتصادی - اجتماعی با توجه به قوانین، ضوابط و معیارهای استقرار واحدهای صنعتی و تولیدی (شاعری و رحمتی ۱۳۹۱) و مطالعات مشابه، زیر معیارها و شاخص‌های مدنظر به شرح جدول ۱ تهیه گردید. مراجع اطلاعات و نقشه‌های مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از: مطالعات کتابخانه‌ای، اداره‌ی محیط‌زیست شهرستان گلپایگان، اداره‌ی منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان گلپایگان، پایان‌نامه‌های دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، مصاحبه با متخصصان و کارشناسان مربوطه، بانک اطلاعات مکان مرجع شامل تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۱۸، لایه‌های اطلاعاتی طرح آمایش سرزمین، اطلاعات آماری هواشناسی از سال ۱۹۹۲ تا سال ۲۰۱۹. بعد از اخذ، تهیه و آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی معیارها و تبدیل آن‌ها به لایه‌های رستری و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، آنالیز مکانی فاصله‌ی اقلیدسی برای هر یک از معیارها صورت گرفت. تعیین مکان‌های مناسب برای توسعه در هر منطقه باید با توجه به فاکتورهای اقلیمی انجام گیرد. برای تولید نقشه‌ی باد منطقه از داده‌های مربوط به جهت وزش باد دوره‌ی ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۹ از سازمان هواشناسی استان اصفهان استفاده شد. پس از آماده‌سازی داده‌ها براساس میزان فراوانی وقوع در جهت‌های هشت‌گانه، میانگین هر جهت در

جدول ۱: معیارها و زیرمعیارها

معیار	زیر معیار	منبع تهیه نقشه‌های معیار	منابع
عوامل فیزیکی	شکل زمین	مدل رقومی ارتفاع از نقشه‌های پیش پردازش شده در پایگاه Vertex از ماهواره‌ی ALOS تهیه شد و طبقات ارتفاع، شیب و جهت ساخته شد.	رییسی و سفیانیان(۱۳۸۸)، (2017) kamali. et.al, برنا (۱۳۹۵)، فتحی و همکاران (۱۳۹۵)، Makhdoum (1991)
	منابع آب	اطلاعات طرح آمایش استان اصفهان (۱۳۹۲)	شاعری و رحمتی، برنا (۱۳۹۵)، فتحی و همکاران (۱۳۹۵)
	قابلیت اراضی	تصاویر ماهواره‌ی لندست ۸ سال ۲۰۱۸ و نقطه‌گذاری در نرم‌افزار Google Earth	Makhdoum (1991)
	زمین‌شناسی و خاک‌شناسی	اطلاعات طرح آمایش استان اصفهان (۱۳۹۲)	Ebadi et.al (2004)، برنا (۱۳۹۵)، Makhdoum (1991)
	اقلیم	اطلاعات آماری هواشناسی از سال ۱۹۹۲ تا سال ۲۰۱۹	فتحی و همکاران (۱۳۹۵)
	مسیل	اطلاعات طرح آمایش استان اصفهان (۱۳۹۲)	برنا (۱۳۹۵)
عوامل بیولوژیک	پوشش اراضی	تصاویر ماهواره‌ی لندست ۸ سال ۲۰۱۸	فتحی و همکاران(۱۳۹۵)، عبادی و همکاران (۲۰۰۴)، رییسی و سفیانیان(۱۳۸۸)، برنا (۱۳۹۵)
	محدوده‌ی محیط‌زیستی	اطلاعات طرح آمایش استان اصفهان (۱۳۹۲)	شاعری و رحمتی، فتحی و همکاران (۱۳۹۵)، برنا (۱۳۹۵)
عوامل اقتصادی-اجتماعی	دسترسی به راه‌های ارتباطی	اطلاعات طرح آمایش استان اصفهان (۱۳۹۲) و تصاویر Google Earth	رییسی و سفیانیان(۱۳۸۸)، قنبری و همکاران(۱۳۹۳)، برنا (۱۳۹۵) و شاعری و رحمتی (۱۳۹۵)
	جاذبه‌های گردشگری	طرح آمایش استان اصفهان (۱۳۹۲)	شاعری و رحمتی (۱۳۹۵)

بازه مقدار عضویت بالاتر مطلوبیت بیشتر و مقدار عضویت پایین‌تر مطلوبیت کمتر را نشان می‌دهد. توابع عضویت مجموعه‌های فازی به شرح زیر هستند:

تابع S شکل^۱: این تابع معمول‌ترین تابع مورد استفاده در تئوری مجموعه‌ی فازی است (Eastman 2001). این تابع با استفاده از تابع کسینوسی به دست می‌آید. برای ایجاد یک منحنی فازی به ϵ نقطه‌ی a, b, c, d نیاز است: $a =$ عضویت بالای صفر است. $b =$ عضویت به یک می‌رسد. $c =$ عضویت به کمتر از یک می‌رسد. $d =$ عضویت صفر می‌گردد. توابع عضویت به صورت کاهنده، افزایشنده و یا متقارن هستند. در مورد نمودارهای افزایشنده، نقاط b, c, d دارای انحنای یکسانی هستند. در نمودارهای کاهشنده a, b, c دارای مقادیر یکسانی هستند (Eastman 2001).

توابع J شکل^۲: نمودار J شکل در بی‌نهایت به صفر می‌رسد. بنابراین مقدار a, b برابر $0/5$ است (Reichel et al. 1998)

برای صنعت مناسب و مناطق دیگر برای این کار نامناسب می‌باشند. امتیازدهی طبقات مناسب و نامناسب با توجه به شرایط منطقه و همچنین مطالعات مشابه در مقالات (فتحی و همکاران ۱۳۹۵، رییسی و سفیانیان ۱۳۸۸، قنبری و همکاران ۱۳۹۳) به دست آمده است.

۳-۲-۲- استانداردهای براساس روش فازی

با توجه به اینکه معیارهای مختلف مورد بررسی ماهیت‌های مختلف دارند، به منظور همسان‌سازی معیارها، داده‌ها فازی می‌شوند. استفاده از این مدل سریع و آسان بوده و فاکتورها را در مقیاسی بین $0-1$ یا $0-255$ استاندارد می‌کند (Lofzadeh 1965). کلیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی در این مرحله وارد نرم‌افزار ادریسی ترست شد تا برای استانداردسازی آن‌ها از مدل فازی و توابع عضویت مجموعه‌های فازی موجود در این نرم‌افزار استفاده شود.

مقیاس مورد استفاده در این تحقیق برای تعیین تابع عضویت، مقیاس real در بازه‌ی 0 تا 1 است، که در این

1- Sigmoidal

2- J-Shape

جدول ۲: امتیازدهی بر مبنای منطق بولین

امتیازدهی بر مبنای منطق بولین		لايه
امتیاز صفر	امتیاز ۱	شیب
بیشتر از ۱۲ درصد	تا ۱۲ درصد	ارتفاع
بیشتر از ۲۷۵۰ متر	تا ۲۷۵۰ متر	فاصله از گسل
کمتر از ۲۰۰۰ متر	بیشتر از ۲۰۰۰ متر	سنگ مادر
مارن، شیل، شیست و تپه‌های ماسه‌ای	ماسه‌سنگ، رسوبات آبرفتی، روانه‌های بازالتی، سنگ آهک، سنگ رس	بافت خاک
تپه شنی تثبیت شده و شهری	مناطق با بافت غیر تپه شنی و غیر شهری	عمق خاک
عمق کمتر از ۳۰ سانتی متر	عمق ۳۰ سانتی متر به بالا	جهت وزش باد غالب
باد شمال شرقی، جنوب غربی و غرب	همه جهات به غیر از باد شمال شرقی، جنوب غربی و غرب	کاربری/پوشش اراضی
پوشش گیاهی، مرتع خوب، مناطق مسکونی، رخنمون سنگی، شوره‌زار، تالاب، آب	مراتع متوسط و ضعیف	فاصله از رودخانه اصلی
کمتر از ۱۰۰۰ متر	بیشتر از ۱۰۰۰ متر	فاصله از رودخانه فرعی
کمتر از ۲۰۰۰ متر	بیشتر از ۲۰۰۰ متر	فاصله از چاه و قنات
کمتر از ۲۰۰۰ متر	بیشتر از ۲۰۰۰ متر	فاصله از چشمه‌ها
کمتر از ۲۰۰۰ متر	بیشتر از ۲۰۰۰ متر	فاصله از پهنه‌ی سیلاب
کمتر از ۲۰۰۰ متر	بیشتر از ۲۰۰۰ متر	پناهگاه حیات وحش موته
بیشتر از ۵۰۰۰ متر	کمتر از ۵۰۰۰ متر	فاصله از راه‌های اصلی
بیشتر از ۵۰۰۰ متر	کمتر از ۵۰۰۰ متر	فاصله از راه‌های فرعی
کمتر از ۲۰۰۰ متر	بیشتر از ۲۰۰۰ متر	فاصله از مناطق شهری
کمتر از ۱۵۰۰ متر	بیشتر از ۱۵۰۰ متر	فاصله از مناطق روستایی
کمتر از ۱۵۰۰ متر	بیشتر از ۱۵۰۰ متر	فاصله از جاذبه‌های طبیعی
کمتر از ۱۵۰۰ متر	بیشتر از ۱۵۰۰ متر	فاصله از جاذبه‌های تاریخی فرهنگی
کمتر از ۱۵۰۰ متر	بیشتر از ۱۵۰۰ متر	فاصله از جاذبه‌های انسان ساخت
کمتر از ۲۵۰ و بیشتر از ۳۰۰۰ متر	۲۵۰-۳۰۰۰	فاصله از صنایع موجود
کمتر از ۲۵۰ و بیشتر از ۳۰۰۰ متر	۲۵۰-۳۰۰۰	فاصله از معادن موجود
کمتر از ۲۰۰۰ متر	بیشتر از ۲۰۰۰ متر	فاصله از سدها

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)
 مکانیابی صنایع با استفاده از روش‌های ارزیابی ... / ۱۵۷

جدول ۳: استانداردسازی بر طبق فازی

نوع تابع	نقاط کنترل				معیار
	d	c	b	a	
خطی کاهش			۱۲	۰	شیب
خطی کاهش			۲۷۵۰	۱۷۱۷	ارتفاع
تعریف شده توسط کاربر					جهت وزش باد غالب
خطی افزایش	۲۷۱۸۵/۹	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	۰	فاصله از گسل
تعریف شده توسط کاربر					سنگ مادر
تعریف شده توسط کاربر					بافت خاک
تعریف شده توسط کاربر					عمق خاک
سیگموئید افزایش	۱۷۵۴۳/۱	۵۰۰۰	۳۰	۰	فاصله از راه اصلی
سیگموئید افزایش	۱۷۶۴۰/۱	۵۰۰۰	۳۰	۰	فاصله از راه فرعی
خطی افزایش	۱۲۱۷۴/۱	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	۰	فاصله از چاه و قنات
خطی افزایش	۱۳۵۹۹	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	۰	فاصله از چشمه‌ها
خطی افزایش	۴۶۵۲۹/۷	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰	۰	فاصله از رودخانه‌ی اصلی
خطی افزایش	۷۴۶۴/۲	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	۰	فاصله از رودخانه فرعی
تعریف شده توسط کاربر	مراتب متوسط و ضعیف مساوی یک و بقیه صفر				کاربری / پوشش اراضی
خطی افزایش	۳۲۸۲۵/۳	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	۰	فاصله از شهرها
خطی افزایش	۱۴۹۷۸	۱۰۰۰۰	۱۵۰۰	۰	فاصله از روستاها
خطی افزایش	۲۸۴۱۵/۳	۳۰۰۰	۲۵۰	۰	فاصله از صنایع موجود
خطی افزایش	۲۸۲۴۲/۱	۳۰۰۰	۲۵۰	۰	فاصله از معادن موجود
خطی افزایش	۵۶۴۶۲/۷	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	۰	فاصله از سدها
خطی افزایش	۲۴۹۱۶/۴	۱۰۰۰۰	۱۵۰۰	۰	فاصله از جاذبه‌های طبیعی
خطی افزایش	۳۸۶۶۹/۵	۱۰۰۰۰	۱۵۰۰	۰	فاصله از جاذبه‌های تاریخی فرهنگی
خطی افزایش	۴۴۵۱۹/۱	۱۰۰۰۰	۱۵۰۰	۰	فاصله از جاذبه‌های انسان‌ساخت
خطی افزایش	۳۸۰۱۸/۲	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	۰	فاصله از پهنه‌ی سیلاب
خطی افزایش	۵۳۵۱۶/۴	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	۰	فاصله از پناهگاه حیات وحش موته

حوزه‌های مختلف منابع طبیعی (کارشناسان سازمان حفاظت محیط‌زیست و سازمان آبخیزداری شهرستان گلپایگان، کارشناسان و اساتید دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان) تکمیل شد و در پایان از پاسخ‌های کارشناسان میانگین‌گیری شد سپس وارد نرم‌افزار Expert Choice گردید. سپس نتایج وزن‌دهی حاصل از پرسشنامه‌ها به قسمت مقایسات زوجی وارد شده و در نهایت وزن نسبی معیارها و وزن نهایی زیرمعیارها توسط نرم‌افزار برآورد گردید.

۳-۴- تلفیق معیارها

پس از آماده‌سازی نقشه‌ی معیارها و تعیین وزن نسبی آن‌ها، این نقشه‌ها با یکدیگر تلفیق شده و نقشه‌ی مکان‌یابی شهرک صنعتی تهیه شد. در این پژوهش از عملگر AND برای ادغام نقشه‌ها استفاده شده است. سپس با توجه به منحنی هیستوگرام و نقاط شکست آن و نیز براساس شرایط محیطی منطقه، در ۵ کلاس طبقه‌بندی شد. روش ترکیب خطی وزنی معروف‌ترین و متداول‌ترین روشی است که در تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده می‌شود.

در این پژوهش پس از استانداردسازی نقشه‌های معیار به صورت فازی، مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری با ضرب این ماتریس در وزن معیارها، ماتریس تصمیم‌گیری بی‌مقیاس شده وزن‌دار به دست آمد. نقشه‌ی به دست آمده از این روش مقادیر ۰ تا ۱ را دارا می‌باشد که این نقشه نیز با توجه به منحنی هیستوگرام و نقاط شکست آن و نیز براساس شرایط محیطی منطقه، در ۵ کلاس طبقه‌بندی شد. در روش وزن‌دهی، وزن معیارها مشخص شده و معیارها در مقیاس عددی امتیازدهی شدند. چنانچه مقیاس، توصیفی باشد باید برای انجام محاسبات ابتدا به مقیاس عددی تبدیل گردد. در این روش نیز مقادیر تابع عضویت بین ۰ تا ۱ می‌باشد. نقشه‌ی به دست آمده از این روش نیز با توجه به منحنی هیستوگرام و نقاط شکست آن و نیز براساس شرایط محیطی منطقه، در ۵ کلاس طبقه‌بندی شد.

توابع خطی^۱: توابع عضویت فازی به صورت کاهنده، افزایشنده و متقارن هستند. از این تابع در دستگاه‌های الکترونیک زیاد استفاده می‌شود (Reichel et al. 1998). توابع تعریف‌شده توسط کاربر^۲: زمانی که رابطه بین ارزش‌ها و عضویت فازی از هیچ‌کدام از سه تابع قبل پیروی نکند، این تابع کاربرد پیدا می‌کند (Reichel et al. 1998). عملگرهای فازی شامل عملگر اشتراک، اجتماع، ضرب، جمع و فازی گاما می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از مرور منابع (فتحی و همکاران ۱۳۹۵، ریسی و سفیانیان ۱۳۸۸) و مصاحبه با کارشناسان و خبرگان از عملگر AND (اشتراک) برای ادغام نقشه‌ها استفاده شده است.

این عملگر در یک موقعیت مشخص حداقل درجه عضویت پیکسل‌ها در نقشه‌های مورد تلفیق را برای نقشه‌های نهایی در نظر می‌گیرد که منجر به یک نتیجه‌ی بسیار محافظه‌کارانه شده و از وزن‌های بالای پیکسل‌ها کاملاً چشم‌پوشی می‌شود (مهدی‌پور و مسگری ۱۳۸۵). لایه‌ی محدودیت نیز از تلفیق نقشه فازی کاربری اراضی، زمین‌شناسی، بافت خاک و عمق خاک به دست آمد (فتحی و همکاران ۱۳۹۵، ریسی و سفیانیان ۱۳۸۸، قنبری و همکاران ۱۳۹۳).

۳-۳- تعیین وزن معیارها

در این تحقیق جهت تعیین وزن فاکتورها از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید. مرحله اول در این روش تشکیل ماتریس مقایسات زوجی است. ماتریس‌های مقایسه زوجی (Pohekar & Ramachandran, 2004) از تأثیر معیارها و زیرمعیارها، با در نظر گرفتن سطوح بالاتر شبکه و ارتباطات داخلی تشکیل شد، تا بتوان به کمک آن‌ها وزن عناصر را به دست آورد. در این روش برای درجه‌بندی اولویت‌های نسبی معیارها در رابطه با هدف از مقیاس ساعتی با مقادیر متغیر از ۱ تا ۹ با استفاده از پرسش‌نامه و کسب نظرات خبرگان استفاده شد.

پرسش‌نامه‌های تهیه‌شده توسط ۱۱ کارشناس در

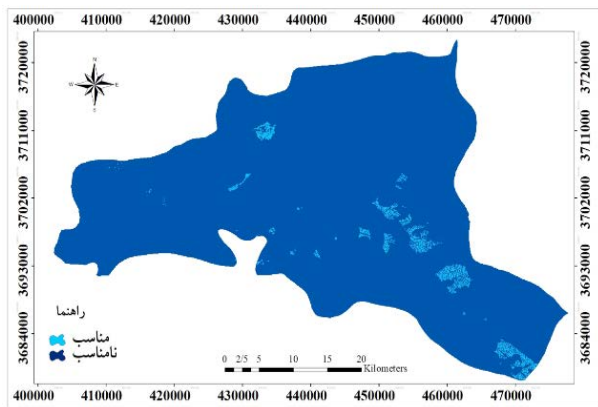
1- Linear

2- User defined

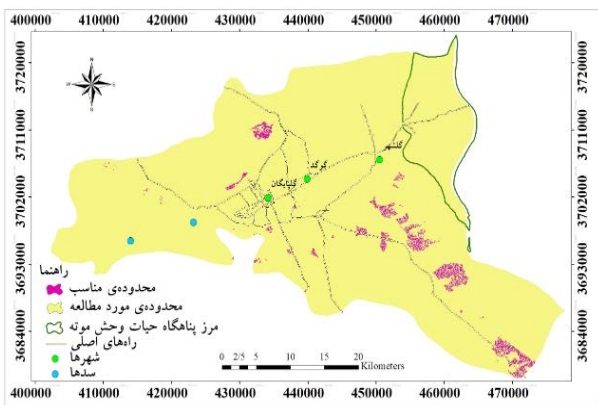
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)
 مکانیابی صنایع با استفاده از روش‌های ارزیابی ... / ۱۵۹

می‌باشد. در این مطالعه ۲۷۸۳/۵ هکتار از اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه دارای توان جهت استقرار صنعت با روش بولین می‌باشد که نشان می‌دهد ۱/۷ درصد از منطقه‌ی مورد مطالعه مناسب برای احداث صنعت می‌باشد.

در نگاره ۲، نقشه‌ی توان منطقه با روش بولین دیده می‌شود همان‌طور که مشخص است مناطق مناسب در قسمت‌های جنوب‌شرق و تا حدودی شمال‌غرب منطقه دیده می‌شود. همچنین نگاره ۳ بیان‌کننده مناطق مناسب و نامناسب با توجه به موقعیت جاده‌ها و پناهگاه حیات‌وحش موته و شهرها نشان داده شده است.



نگاره ۲: نقشه توان منطقه برای استقرار شهرک صنعتی با روش بولین



نگاره ۳: محدوده‌ی مناسب برای توسعه‌ی صنعت به روش بولین

برای تهیه نقشه کاربری/ پوشش اراضی از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 8 سنجنده‌ی OLI^۱ سال ۲۰۱۸ استفاده شد. طبقه‌بندی تصاویر با روش طبقه‌بندی نظارت شده به روش حداکثر احتمال در ۹ طبقه انجام شد و در نهایت کاربری‌ها به صورت مجموعه‌ی مشخص از هم جدا شدند. در این پژوهش ضریب کاپا ۹۲/۲ درصد و دقت کلی ۹۳/۱ درصد به دست آمد.

۴- یافته‌ها

۴-۱- نتایج حاصل از وزن‌دهی به روش تحلیل سلسله مراتبی و ارزیابی نرخ ناسازگاری

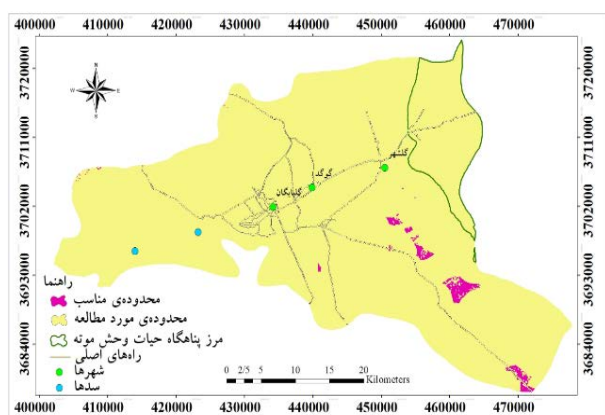
نرخ ناسازگاری محاسبه‌شده در این پژوهش برای ارزیابی درستی قضاوت‌ها درباره‌ی وزن معیارها و زیرمعیارها ۰/۰۴ است. براساس نظر ال‌ساعتی (مقدار ناسازگاری کمتر از ۰/۱ به معنی پذیرش قضاوت‌ها) قابل قبول بوده و قضاوت‌های صورت گرفته توسط خبرگان مورد پذیرش می‌باشد. در بین معیارهای بررسی شده، بیشترین وزن را فاصله از پناهگاه حیات‌وحش موته و فاصله از گسل با وزن ۰/۰۹۴ به خود اختصاص داده است و بعد از آن فاصله از چاه‌ها با وزن ۰/۰۸۴ و در رده‌ی سوم فاصله از راه‌های اصلی با وزن ۰/۰۸ قرار دارد و بعد از آن به ترتیب: فاصله از پهنه‌ی سیلاب با وزن ۰/۰۷۴ و فاصله از شهرها ۰/۰۵۴ می‌باشد. همچنین معیارهای مراتع ضعیف، رخنمون سنگی، شوره‌زار، معادن، ارتفاع منطقه، مراتع متوسط، بافت خاک و عمق خاک به ترتیب با وزن‌های ۰/۰۰۳، ۰/۰۰۴، ۰/۰۰۶، ۰/۰۰۹، ۰/۰۱ و ۰/۰۱ دارای کم‌ترین درجه اهمیت در بین معیارهای مورد مطالعه می‌باشند.

۴-۲- نتایج حاصل از تلفیق معیارها به روش بولین

در این روش، نقشه حاصل دارای دو طبقه است که عدد یک به معنای توان منطقه برای استقرار شهرک صنعتی است و عدد صفر به معنای عدم توان منطقه برای این کاربری

1- Operational Land Imager

می‌توان گفت ۱/۱ درصد از اراضی منطقه‌ی گلپایگان دارای توان متوسط به بالا برای احداث صنعت می‌باشند. تلفیق طبقات متوسط، خوب و عالی از روش روی هم‌گذاری فازی (نگاره ۶) نشان داد که ۱۷۶۹/۱۳ هکتار به عبارتی ۱/۱ درصد از اراضی گلپایگان برای احداث صنعت مناسب است. این مناطق در قسمت جنوب شرقی شهرستان و در نزدیکی جاده‌ی اصلی قرار دارد.



نگاره ۶: نقشه تلفیق طبقات توان متوسط تا عالی منطقه برای استقرار شهرک صنعتی با روش روی هم‌گذاری فازی

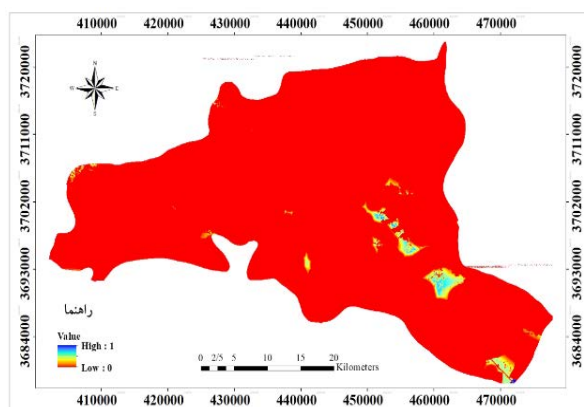
۴-۴- نتایج حاصل از تلفیق معیارها به روش (وزن‌دهی)^۱ در این پژوهش پس از تعیین وزن معیارها و استانداردسازی نقشه آن‌ها، این نقشه‌ها با استفاده از روش وزن‌دهی با یکدیگر تلفیق شدند. نقشه‌های تولیدشده به صورت پیوسته و دارای ارزشی بین ۰ تا ۰/۷ (نگاره ۷) هستند. مناطقی که دارای اولویت بالاتری از نظر استقرار هستند ارزش بالاتر و مناطق با تناسب کمتر ارزش پایین‌تری در این نقشه‌ها دارا هستند.

نقشه پیوسته میزان مطلوبیت که از روش وزن‌دهی تهیه شده بود، با توجه به منحنی هیستوگرام و نقاط شکست آن و نیز براساس شرایط محیطی منطقه، طبقه‌بندی شد، بر این اساس نقشه طبقه‌بندی شده مطلوبیت استقرار شهرک صنعتی مشتمل بر ۵ طبقه حاصل گردید (نگاره ۸).

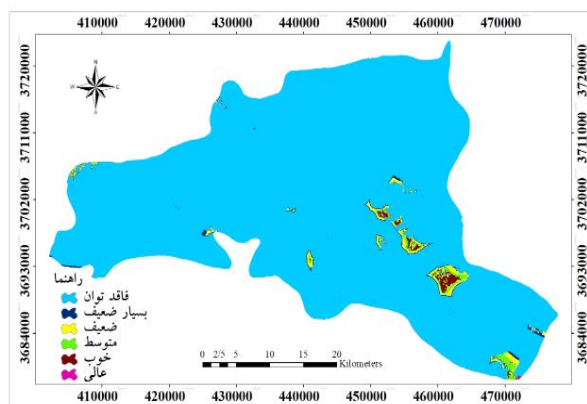
1- Weighted sum

۳-۴- نتایج حاصل از تلفیق معیارها به روش (روی هم‌گذاری فازی)

نگاره ۴ نقشه‌ی پیوسته‌ی توان منطقه برای احداث صنعت را نشان می‌دهد که رنجی بین ۰ تا ۱ دارد. همان‌طور که در نگاره ۵ مشاهده می‌شود ۱۵۵۲۳۶/۸ هکتار از اراضی گلپایگان فاقد توان و ۶۶۷/۴ هکتار دارای توان برای احداث صنعت می‌باشد که ۴۸/۷ هکتار از مساحت منطقه به عبارتی ۰/۰۳ درصد توان اکولوژیک عالی برای احداث صنعت دارد و ۷۷۷/۸ هکتار به عبارتی ۰/۴۸ درصد دارای توان خوب و ۹۴۸/۵ هکتار به عبارتی ۰/۵۹ درصد دارای توان متوسط می‌باشد.



نگاره ۴: نقشه توان منطقه برای استقرار شهرک صنعتی با روش روی هم‌گذاری فازی



نگاره ۵: نقشه طبقه‌بندی توان منطقه برای استقرار شهرک صنعتی با روش روی هم‌گذاری فازی

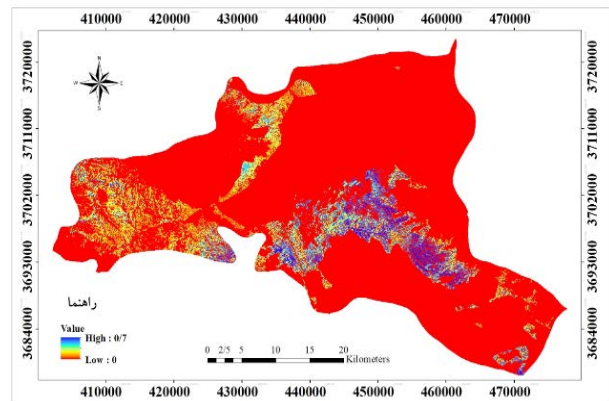
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)
 مکانیابی صنایع با استفاده از روش‌های ارزیابی ... / ۱۶۱

در این روش ۱۰۹۰۵۷/۱ هکتار از اراضی گلپایگان فاقد توان و ۵۰۸۴۷ هکتار فاقد توان برای احداث صنعت می‌باشد. از این مقدار ۶۷ هکتار از مساحت منطقه به عبارتی ۰/۰۴ درصد از مساحت کل منطقه دارای توان عالی برای احداث صنعت و ۱۶۹۱/۱ هکتار به عبارتی ۱/۰۵ درصد دارای توان خوب و ۹۰۳۴/۵۶ هکتار به عبارتی ۵/۶۴ درصد دارای توان متوسط می‌باشد. می‌توان گفت ۶/۷۳ درصد از اراضی گلپایگان دارای توان متوسط تا عالی برای احداث صنعت می‌باشد. همان‌طور که در نگاره ۹ مشاهده می‌شود تلفیق طبقات خوب و عالی از روش وزن‌دهی نشان داد که ۱۷۵۸/۷ هکتار به عبارتی ۱/۰۹ درصد از اراضی گلپایگان برای احداث صنعت مناسب است. این مناطق در قسمت جنوب شرق منطقه و در نزدیکی جاده‌ی اصلی قرار دارد.

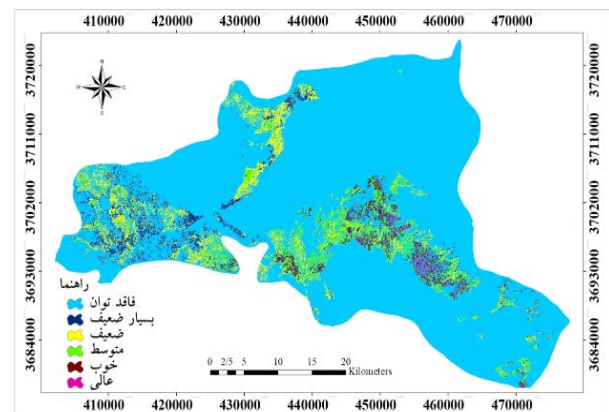
۴-۵- نتایج حاصل از تلفیق معیارها به روش ترکیب خطی وزنی

پس از تعیین وزن معیارها و استانداردسازی آن‌ها، نقشه‌های حاصل با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی با یکدیگر تلفیق شدند. نقشه‌های تولیدشده به صورت پیوسته و دارای ارزشی بین ۰ تا ۰/۸ (نگاره ۱۰) هستند. مناطقی که دارای اولویت بالاتری از نظر استقرار صنعت هستند، ارزش بالاتر و مناطق با تناسب کمتر ارزش پایین‌تری در این نقشه‌ها دارا هستند. نقشه‌ی پیوسته میزان مطلوبیت که از روش ترکیب خطی وزنی تهیه شده بود، با توجه به منحنی هیستوگرام و نقاط شکست آن و نیز براساس شرایط محیطی منطقه، طبقه‌بندی شد. بر این اساس نقشه طبقه‌بندی شده مطلوبیت استقرار شهرک صنعتی مشتمل بر ۵ طبقه حاصل گردید (نگاره ۱۱).

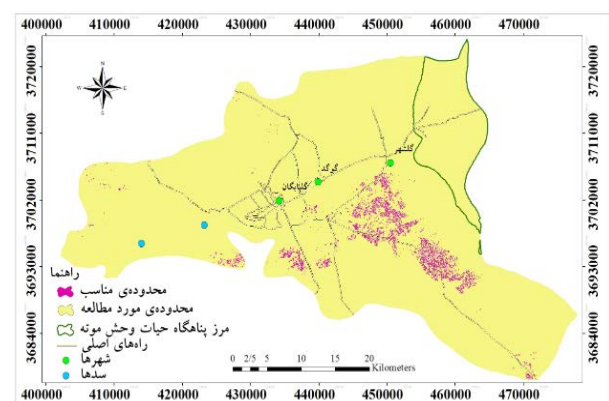
همان‌طور که در نگاره ۱۱ مشاهده می‌شود ۱۳۵۶۴۶/۱ هکتار از اراضی گلپایگان فاقد توان و ۲۴۲۵۸/۱ هکتار دارای توان برای احداث صنعت می‌باشد که از این مقدار ۲۷/۵ هکتار از مساحت منطقه به عبارتی ۰/۰۱۷ درصد دارای توان عالی برای احداث صنعت می‌باشد و ۱۸۷۵/۲ هکتار به عبارتی



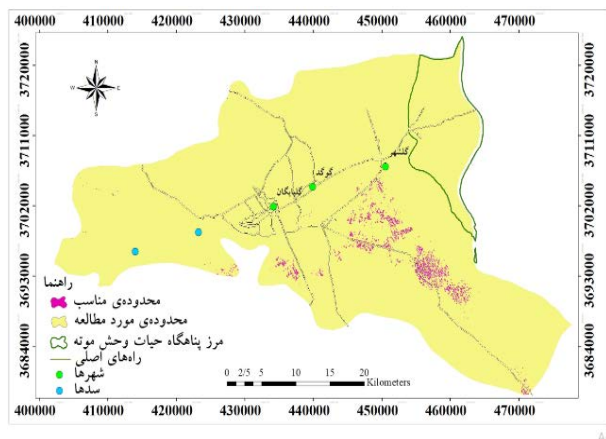
نگاره ۷: نقشه توان منطقه برای استقرار شهرک صنعتی با روش وزن‌دهی



نگاره ۸: نقشه طبقه‌بندی توان منطقه برای استقرار شهرک صنعتی با روش وزن‌دهی



نگاره ۹: نقشه تلفیقی توان خوب تا عالی منطقه برای استقرار شهرک صنعتی با روش وزن‌دهی

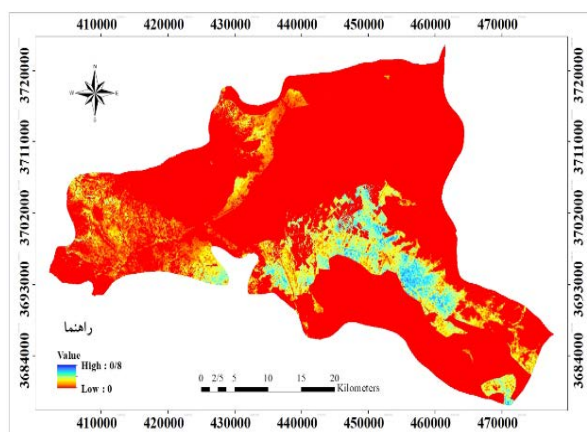


نگاره ۱۲: نقشه تلفیقی طبقه‌بندی توان منطقه برای استقرار شهرک صنعتی با روش ترکیب خطی وزنی

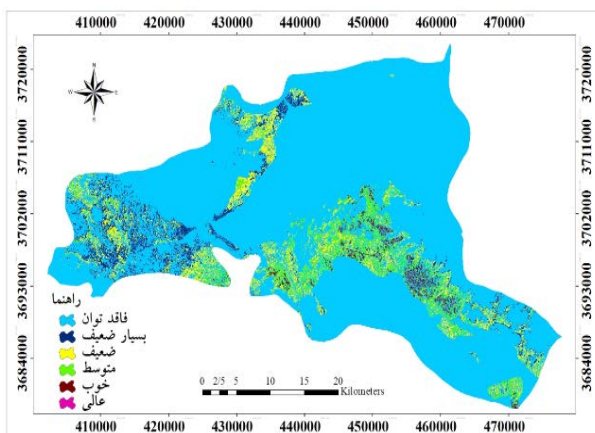
۵- بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف مکان‌یابی بهینه‌ی صنایع در شهرستان گلپایگان انجام گرفته است. به‌منظور دستیابی به این هدف از روش ارزیابی چندمعیاره استفاده گردید. روش‌های ارزیابی چندمعیاره مورد استفاده در این مطالعه، روش بولین، روش روی هم‌گذاری فازی، روش وزن‌دهی و روش ترکیب خطی وزنی می‌باشند. روش بولین و ترکیب خطی وزنی از رایج‌ترین روش‌های ارزیابی چندمعیاره می‌باشند. نتایج نشان داد که منطقه مورد مطالعه در روش بولین ۱/۷ درصد برای احداث صنعت توان دارد. در روش روی هم‌گذاری فازی ۲/۹۱ درصد دارای توان است که از این مقدار ۱/۱ درصد توان خوب و عالی برای احداث صنعت دارد. در روش وزن‌دهی ۳۱/۷ درصد از منطقه دارای توان است که از این مقدار ۱/۰۹ درصد توان خوب و عالی برای احداث صنعت دارد. در روش ترکیب خطی وزنی ۱۵/۱ درصد دارای توان برای احداث صنعت می‌باشد که از این مقدار ۱/۱۸ درصد توان خوب و عالی برای احداث صنعت دارد. در این تحقیق همانند پژوهش Cheng (۲۰۱۸) و فتحی و همکاران (۱۳۹۵)، خراسانی و همکاران ۱۳۸۲ از منطق بولین جهت استانداردسازی نقشه‌های معیار استفاده شد.

۱/۱۷ درصد دارای توان خوب و ۶۷۷۳/۱ هکتار به‌عبارتی ۳/۰۴۳ درصد از اراضی دارای توان متوسط می‌باشد. می‌توان گفت ۴/۲۳ درصد از اراضی گلپایگان دارای توان متوسط تا عالی برای احداث صنعت است. همان‌طور که در نگاره ۱۲ مشاهده می‌شود تلفیق طبقات خوب و عالی از روش ترکیب خطی وزنی نشان داد که ۱۹۰۲/۷۸ هکتار به‌عبارتی ۱/۱۸ درصد از اراضی گلپایگان برای احداث صنعت مناسب است. این مناطق در قسمت جنوب شرق شهرستان و در نزدیکی جاده‌ی اصلی قرار دارند.



نگاره ۱۰: نقشه توان منطقه برای استقرار شهرک صنعتی با روش ترکیب خطی وزنی



نگاره ۱۱: نقشه طبقه‌بندی توان منطقه برای استقرار شهرک صنعتی با روش ترکیب خطی وزنی

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۱۳۹۳)
مکانیابی صنایع با استفاده از روش‌های ارزیابی ... / ۱۶۳

برمی‌شمارند. در تحقیق انجام گرفته معیارهای فیزیکی، اقتصادی - اجتماعی و بیولوژیک در نظر گرفته شده است که با استفاده از مدل AHP نشان داده شد که بالاترین اهمیت را معیار اقتصادی - اجتماعی با ۷۳ درصد دارا می‌باشد و دو معیار دیگر بیولوژیک و فیزیکی به ترتیب با ۱۹ و ۸ درصد در رتبه‌های بعدی اهمیت قرار می‌گیرند.

با توجه به این‌که در بیشتر این مطالعات معیار دسترسی به جاده‌ها و منابع آب از اهمیت زیادی برخوردار است می‌توان نتیجه گرفت که حمل‌ونقل یکی از اجزاء مهم اقتصاد ملی محسوب می‌گردد و به دلیل داشتن نقش زیربنایی تأثیر فراوانی بر فرآیند رشد اقتصادی کشور دارد. این بخش دربرگیرنده‌ی فعالیت‌هایی است که به شکلی گسترده در تمامی زمینه‌های تولید، توزیع و مصرف کالا و خدمات جریان داشته و در مجموعه فعالیت‌های اقتصادی نقش غیر قابل انکاری بر عهده دارد. این تحقیق مانند مطالعه‌ی Neisani Samani et al. (2018) و Zabih et al. (2019) و Kamali et al. (2017) نشان داد که تحلیل سلسه مراتبی با توجه به خصوصیات ویژه آن می‌تواند در بررسی موضوعات برنامه‌ریزی منطقه‌ای کاربرد مطلوبی داشته باشد. همچنین نتایج نشان داد چندمعیار در سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند نقش مهمی در تصمیم‌گیری داشته باشد.

منطق فازی نسبت به منطق بولین نوعی ارزیابی نزدیک به واقعیت برای برنامه‌ریزی پیچیده‌ی منطقه‌ای را به سیستم می‌دهد و ابزاری مفید و مبتنی بر روش ارزیابی چندمعیاره است که نقشه‌های مناسب برای ایجاد مکان صنعتی براساس توسعه‌ی پایدار تولید می‌کند (Punte et al. 2007).

منطق فازی به علت تصمیم‌گیری دقیق، انعطاف‌پذیری و حداقل کردن ناسازگاری روش‌های انسانی نسبت به سایر روش‌های استانداردسازی مورد توجه قرار گرفته است (رئسی و سفیانیان ۱۳۸۹). در این پژوهش همانند مطالعه‌ی فتحی و همکاران (۱۳۹۵) از عملگر اشتراک استفاده شده است. از جمله نقاط ضعف این روش جبران‌ناپذیر بودن

در مطالعه‌ی قنبری و همکاران (۱۳۹۳) ترکیب نقشه‌ها با استفاده از منطق بولین، روش مناسبی را برای شناسایی مناطق صنعتی مناسب فراهم می‌کند و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، خطاها و زمان مورد نیاز برای آنالیز متغیرهای فیزیکی و بیولوژیک را کاهش داده و باعث کاهش هزینه‌ی نهایی فرآیند مکان‌یابی شده است. نتایج این تحقیق همانند نتایج فتحی و همکاران (۱۳۹۵) نشان می‌دهد که منطق بولین حداقل مناطق مطلوب برای استقرار شهرک صنعتی را دارد و مناطقی که با استفاده از این روش به دست می‌آیند بایستی کلیه معیارهای ارزیابی را در سطح مناسب داشته باشند. اگر منطقه‌ای حتی از لحاظ یکی از معیارها نامناسب باشد، آن منطقه از لحاظ منطق بولین برای استقرار صنعت مناسب نبوده و حذف می‌شود. در این مدل، واحدی که از لحاظ یکی از شاخص‌ها تا حدی نامناسب باشد، شانس خود را به کلی از دست خواهد داد. به علاوه منطق بولین تنها مناطق را به دو دسته مناسب و نامناسب تقسیم کرده و قادر به تعیین درجه تناسب نیست. در انتخاب بهترین مدل برای ارزیابی، علاوه بر خصوصیات مدل باید خصوصیات منطقه، تعداد لایه‌های اطلاعاتی و نرم‌افزار مورد استفاده را نیز مدنظر قرار داد تا بهترین نتیجه به دست آید. در پژوهش حاضر وزن هریک از معیارها براساس تلفیق نظرات کارشناسان به دست آمد. که فاصله از پناهگاه حیات وحش موته و فاصله از گسل بیشترین وزن و مراتع ضعیف کمترین وزن را بین معیارهای در نظر گرفته شده، دارا می‌باشند. فاصله از چاه‌ها در رده دوم و فاصله از راه‌های اصلی در رده‌ی سوم اهمیت قرار دارند. در پژوهش Cheng (۲۰۱۸) فاصله از آب‌های زیرزمینی، منابع آب شرب و منابع آب عمومی حساس‌ترین معیارها شناخته شد. رئیسی و سفیانیان (۱۳۸۹) نشان دادند که از نظر متخصصان فاصله از آب‌های سطحی مهم‌ترین و شیب کم‌اهمیت‌ترین معیار برای استقرار صنایع هستند.

Fernandez & Ruiz (۲۰۰۹) در مطالعه‌ی عوامل اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی، برنامه‌ریزی و زیربنایی را به عنوان عوامل اثرگذار در مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی

این روش است. حساسیت این روش نسبت به محدوده‌ی تعیین شده بسیار بالاست و تغییر محدوده‌ی مناسب یکی از معیارها می‌تواند تأثیر زیادی در نتیجه‌ی به دست آمده داشته باشد. در این مورد مطلوبیت یک معیار را نمی‌توان برای فقدان مطلوبیت در معیار دیگر جبران نمود؛ به عبارت دیگر معیارها جبران نمی‌شوند. ضمناً در مورد ریسک نیز بسیار محافظه‌کار است و تنها در زمان برقراری تمامی معیارها، یک منطقه مناسب در نظر گرفته خواهد شد (Eastman 2001).

فتحی و همکاران در مطالعه‌ای با هدف مکان‌یابی شهرک صنعتی شهرستان سلسله در استان لرستان با استفاده از روش‌های ارزیابی چندمعیاره و الگوریتم تکاملی، روش ترکیب خطی وزنی را دارای تطابق بیشتر با واقعیت بیان کردند. در مطالعات انجام شده به روش بولین، ماهیت قطعی و انعطاف‌ناپذیر را علت تطابق کمتر این روش با محیط بیان کرده‌اند. از محدودیت‌های این روش می‌توان به ارزش‌گذاری یکسان فاکتورهای ورودی و نداشتن وزن برای هر معیار اشاره کرد. در این تحقیق نتایج حاصل از روش ترکیب خطی وزنی همانند مطالعات عبادی و همکاران (۲۰۰۴) و فتحی و همکاران (۱۳۹۵) و وزندهی نسبت به روش بولین با واقعیت تطابق بیشتری دارد.

روش ترکیب خطی وزنی سعی در جبران معیارها دارد و به ما اجازه می‌دهد تا از تمامی پتانسیل معیارها در سطح پیوسته‌ای از تناسب استفاده کنیم و هر فاکتور می‌تواند با توجه به نسبت وزنش دیگر فاکتورها را جبران نماید. این روش نسبت به روش بولین از سرعت کمتری برخوردار است و تا حدودی زمان‌بر است. روش وزندهی نسبت به روش بولین از دقت بیشتری برخوردار است. در این روش از وزندهی استفاده می‌شود و استانداردسازی آن براساس صفر تا ۱ می‌باشد. نقشه حاصل از این روش رنجی از تغییرات بین ۰ تا ۰/۷ دارد که با طبقه‌بندی آن پنج طبقه برای مکان‌یابی شهرک صنعتی مشخص گردید. این نقشه نشان می‌دهد که ۱/۰۹ درصد منطقه توان خوب تا عالی برای احداث صنعت را دارد. بنابراین، این دو روش نسبت به

روش بولین و روی هم‌گذاری فازی مناسب‌تر است. نتایج کلی بیانگر این است که در کلیه‌ی مدل‌ها مناطق مناسب توسعه‌ی صنعتی در محدوده‌ی جنوب شرقی منطقه و در نزدیکی جاده‌ی اصلی قرار دارد و به این معناست که در سیاست‌گذاری‌ها، برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری‌های آینده برای توسعه‌ی صنعتی با توجه به در نظر گرفتن آمایش سرزمین در کلیه‌ی مراحل تحقیق، این مناطق می‌بایست در اولویت قرار گیرند. از آن جایی که مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی منجر به هماهنگی اهداف برنامه‌ریزان توسعه‌ی اقتصادی، توسعه‌ی شهری، بنگاه‌های اقتصادی و اهداف محیط‌زیستی می‌شود، به نوعی در راه دستیابی به توسعه‌ی پایدار گام برمی‌دارد. دستیابی به چنین هدفی مستلزم بازنگری در معیارهای مکان‌یابی با توجه به شاخص‌های توسعه‌ی پایدار است. این امر باعث افزایش اشتغال ملی و محلی و تسریع رشد صنعتی بدون آسیب به محیط‌زیست می‌گردد. اگرچه با توجه به تمرکز فعالیت‌های کشاورزی در منطقه‌ی گلپایگان و ظرفیت‌های بیشمار آن در زمینه‌ی گردشگری، توسعه‌ی صنایع تبدیلی کشاورزی و صنایع مرتبط با توسعه‌ی گردشگری و اکوتوریسم بایستی در محدوده‌های مجاز پیش‌بینی شده مورد توجه قرار گیرد. همچنین با توجه به مسئله‌ی کم‌آبی در شهرستان گلپایگان از صنایع کم‌آب‌بر استفاده گردد. همچنین پیشنهاد می‌شود از روش‌های دیگر ارزیابی چندمعیاره استفاده شود و نتایج حاصل از روش‌ها مورد استفاده با نتایج این پژوهش مقایسه گردد. به منظور مکان‌یابی بهینه‌ی صنایع از روش‌های بهینه‌سازی از جمله الگوریتم‌های فراابتکاری استفاده شود. همچنین نتایج تمامی روش‌ها با یکدیگر تلفیق گردد. با توجه به استفاده از روش‌های مختلف در هر یک از مراحل تحقیق و شناسایی پهنه‌های مستعد توسعه‌ی صنعتی با اتخاذ رویکرد آمایشی در سطح منطقه، نتایج این پژوهش می‌تواند برای جلوگیری از تخریب محیط‌زیست و حفظ منابع طبیعی مورد توجه صاحب‌نظران و برنامه‌ریزان توسعه‌ی صنعتی قرار گیرد.

این روش است. حساسیت این روش نسبت به محدوده‌ی تعیین شده بسیار بالاست و تغییر محدوده‌ی مناسب یکی از معیارها می‌تواند تأثیر زیادی در نتیجه‌ی به دست آمده داشته باشد. در این مورد مطلوبیت یک معیار را نمی‌توان برای فقدان مطلوبیت در معیار دیگر جبران نمود؛ به عبارت دیگر معیارها جبران نمی‌شوند. ضمناً در مورد ریسک نیز بسیار محافظه‌کار است و تنها در زمان برقراری تمامی معیارها، یک منطقه مناسب در نظر گرفته خواهد شد (Eastman 2001).

فتحی و همکاران در مطالعه‌ای با هدف مکان‌یابی شهرک صنعتی شهرستان سلسله در استان لرستان با استفاده از روش‌های ارزیابی چندمعیاره و الگوریتم تکاملی، روش ترکیب خطی وزنی را دارای تطابق بیشتر با واقعیت بیان کردند. در مطالعات انجام شده به روش بولین، ماهیت قطعی و انعطاف‌ناپذیر را علت تطابق کمتر این روش با محیط بیان کرده‌اند. از محدودیت‌های این روش می‌توان به ارزش‌گذاری یکسان فاکتورهای ورودی و نداشتن وزن برای هر معیار اشاره کرد. در این تحقیق نتایج حاصل از روش ترکیب خطی وزنی همانند مطالعات عبادی و همکاران (۲۰۰۴) و فتحی و همکاران (۱۳۹۵) و وزندهی نسبت به روش بولین با واقعیت تطابق بیشتری دارد.

روش ترکیب خطی وزنی سعی در جبران معیارها دارد و به ما اجازه می‌دهد تا از تمامی پتانسیل معیارها در سطح پیوسته‌ای از تناسب استفاده کنیم و هر فاکتور می‌تواند با توجه به نسبت وزنش دیگر فاکتورها را جبران نماید. این روش نسبت به روش بولین از سرعت کمتری برخوردار است و تا حدودی زمان‌بر است. روش وزندهی نسبت به روش بولین از دقت بیشتری برخوردار است. در این روش از وزندهی استفاده می‌شود و استانداردسازی آن براساس صفر تا ۱ می‌باشد. نقشه حاصل از این روش رنجی از تغییرات بین ۰ تا ۰/۷ دارد که با طبقه‌بندی آن پنج طبقه برای مکان‌یابی شهرک صنعتی مشخص گردید. این نقشه نشان می‌دهد که ۱/۰۹ درصد منطقه توان خوب تا عالی برای احداث صنعت را دارد. بنابراین، این دو روش نسبت به

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۱۳۸۵)
مکانیابی صنایع با استفاده از روش‌های ارزیابی ... / ۱۶۵

- مدیریت شهری و توسعه پایدار، تهران، موسسه ایرانیان، انجمن معماری ایران.
- ۹- مهدی‌پور، مسگری؛ فاطمه، محمدسعدی. ۱۳۸۵، به‌کارگیری منطق فازی در GIS برای یافتن مکان‌های بهینه مراکز خدماتی بین‌راهی وزارت راه و ترابری، همایش سیستم‌های اطلاعات مکانی، شماره ۳، ۱۱ صفحه.
- ۱۰- یمانی، یوسفی، مرادی، عباسی، برزکار؛ مجتبی، فاطمه، انور، موسی، محسن. ۱۳۹۵، پهنه‌بندی آمایشی با استفاده از مدل‌های ANP و AHP جهت توسعه‌ی گردشگری مطالعه‌ی موردی: شهرستان اشنویه، فصل‌نامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی سپهر، دوره ۲۶، شماره ۱۰۲، صفحات ۱۹-۳۴.
- 11- Al-Mulali, U., Weng-Wai, C., Sheau-Ting, L., & Mohammed, A.H. 2015, Investigating the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation. *Ecol. Indic*, 48, (pp. 315-323).
- 12- Aung, T.S. 2017, Evaluation of the environmental impact assessment system and implementation in Myanmar: Its significance in oil and gas industry, *Environ. Impact Assess, Rev*, 66, (pp. 24-32).
- 13- Boteva, D., Griffiths, G., & Dimopoulos, P. 2004, Evaluation and mapping of the conservation significance of habitats using GIS: an example from Crete, Greece, *Journal for Nature Conservation*, Vol. 12, (pp. 237-250).
- 14- Cheng, C. 2018, Optimisation of disaster waste management systems (Doctoral dissertation).
- 15- Eastman, J.R. 2001, Guide to GIS and image processing Volume. Release 2. Clark University, USA. 171 P.
- 16- Ebadi, H., Shad, R., Valadanzoej, M. J., & Vafaeinezhad, A. 2004, Evaluation of indexing overlay, fuzzy logic and genetic algorithm methods for industrial estates site selection In GIS environment, In International Congress for Photogrammetry and Remote Sensing, July, Istanbul, Turkey.
- 17- Eldrandaly, K. 2013, Developing a GIS-based MCE site selection tool in ArcGIS using COM technology, *Int. Arab J. Inf. Technol*, 10(3), (pp.276-282).
- 18- Fernandez, I., & Ruiz, M. 2009, Descriptive model

منابع و مأخذ

- ۱- برنا، رضا. ۱۳۹۵، مکان‌یابی صنایع با استفاده از AHP در محیط ساج مطالعه‌ی موردی: استان خوزستان، فصلنامه‌ی علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی سپهر. مقاله ۱۳، دوره ۲۶، شماره ۱۰۳، صفحه ۱۶۱-۱۷۵.
- ۲- خراسانی، شکرایی، مهرداد، درویش‌صفت؛ نعمت‌الله، علی، نصرالله، علی‌اصغر. ۱۳۸۳، مطالعات زیست‌محیطی در جهت انتخاب محل مناسب برای دفن زباله‌های شهرساری. مجله‌ی منابع طبیعی ایران، مقاله ۷، دوره ۵۷، شماره ۱، شماره پیاپی ۱۰۰۰۷۵.
- ۳- رئیس‌ی، سفیانیان؛ مرضیه، علیرضا. ۱۳۸۹، مکان‌یابی صنایع با استفاده از معیارهای جغرافیایی (مطالعه موردی: شعاع پنجاه کیلومتری شهر اصفهان)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴ (پیاپی ۹۹)، صفحه ۱۱۵-۱۳۴.
- ۴- رضاپوراندبیلی، علی‌خواه اصل؛ نفیسه، مرضیه. ۱۳۹۴، ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه حفاظت‌شده آق‌داغ برای کاربری جنگل‌داری، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی سپهر، دوره ۲۶، شماره ۱۰۲، صفحات ۲۰۵-۲۱۶.
- ۵- سازمان برنامه و بودجه استان اصفهان. ۱۳۹۵، آمارنامه استان اصفهان، انتشارات سازمان برنامه و بودجه.
- ۶- شاعری، رحمتی؛ علی‌محمد، علیرضا. ۱۳۹۱، قوانین، مقررات، ضوابط و استانداردهای محیط‌زیست انسانی. انتشارات حک وابسته به گروه طرفه، تهران، ۳۳۹ ص.
- ۷- فتحی؛ محسن. ۱۳۹۵، مکان‌یابی شهرک صنعتی شهرستان سلسله در استان لرستان با استفاده از روش‌های MCE و الگوریتم تکاملی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران، ۹۸ ص.
- ۸- قنبری، حیدری‌نیا، عباس‌نژاد؛ ابوالفضل، سید احمد، جواد. ۱۳۹۳، تحلیلی بر مکان‌یابی بهینه صنایع با به‌کارگیری منطق بولین در محیط GIS (مطالعه موردی: شهرک صنعتی شهید سلیمی تبریز)، اولین کنفرانس ملی شهرسازی،

- Reviews, 8, (pp. 365-381).
- 29- Puente, M. C. R., Diego, I. F., Santa María, J. J. O., Hernando, M. A. P., & de Arróyabe Hernández, P. F. 2007, The development of a new methodology based on GIS and fuzzy logic to locate sustainable industrial areas, In Proceedings of 10th AGILE International Conference on Geographic Information Science. Aalborg University, Denmark.
- 30- Razif, M., & Persada, S.F. 2016, Environmental impact assessment framework for ecolabel certification initiative in indonesia: Case study of a rattan-plywood based furniture industry, *Int. J. Chem, Tech Res*, 9, (pp. 634-643).
- 31- Rikalovic, A., Cosic, I., Labati, R. D., & Piuri, V. 2017, A comprehensive method for industrial site selection: the macro-location analysis, *IEEE Systems Journal*, 11(4), (pp.2971-2980).
- 32- Rikhtegar, N., Mansouri, N., Ahadi Oroumieh, A., YazdaniChamzini, A., Kazimieras Zavadskas, E., & Kildienė, S. 2014, Environmental impact assessment based on group decision-making methods in mining projects. *Eco. Res*, 27, (pp. 378-392)
- 33- Tu, F., Yu, X., & Ruan, J. 2014, Industrial land use efficiency under government intervention: Evidence from Hangzhou, China, *Hab. Int*, 43, (pp. 1-10).
- 34- Valente, R.O.A., & Vettorazzi C.A. 2008, "Definition of priority areas for forest conservation through the ordered weighted averaging method", *Forest Ecology and Management*, Vol. 256, (pp. 1408-1417).
- 35- Wood, L.J., & Dragicevic, S. 2007, GIS-based multicriteria evaluation and fuzzy sets to identify priority sites for marine protection, *Biodivers Conserv*, Vol. 16, (pp. 2539-2558).
- 36- Zabihi, H., Alizadeh, M., Kibet Langat, P., Karami, M., Shahabi, H., Ahmad, A., & Lee, S. 2019, GIS Multi-Criteria Analysis by Ordered Weighted Averaging (OWA): toward an integrated citrus management strategy, *Sustainability*, 11(4), 1009.
- 37- Zadeh, L.A. 1965, Fuzzy sets, *Information and control*, vol. 8, (pp. 338-353).
- and evaluation system to locate sustainable industrial areas, *Journal of Cleaner Production*. 17(1), (pp. 87-100).
- 19- Fernando, G. M. T. S., Sangasumana, V. P., & Edussuriya, C. H. 2015, A GIS Model for Site Selection of Industrial Zones in Sri Lanka.
- 20- Francis, A. 2015, Analyzing the environmental impact assessment process for sustainable development of the oil and gas industry in Trinidad and Tobago. Electrical thesis dissertation, (106 pages)
- 21- Kamali, M., Alesheikh, A., Borazjani, S. A. A., Jahanshahi, A., Khodaparast, Z., & Khalaj, M. 2017, Delphi-AHP and Weighted Index Overlay-GIS Approaches for Industrial Site Selection Case Study: Large Extractive Industrial Units in Iran. *Journal of Settlements and Spatial Planning*, 8(2), (pp. 99-105).
- 22- Koksalan, M., Wallenius, J., & Zionts, S. 2011, Multiple Criteria Decision Making: From Early History to the 21st Century, World Scientific Publishing: Singapore.
- 23- Liu, J., Xiao, Y., Wang, D., & Pang, Y. 2019, Optimization of site selection for construction and demolition waste recycling plant using genetic algorithm. *Neural Computing and Applications*, 31(1), (pp. 233-245).
- 24- Makhdoum, M. 1991, Evaluating the Ecological Capacity of Gilan and Mazandaran for Urban, Industrial & Rural Development and Tourism. *Environmental Studies*, 16(16).
- 25- Malczewski, J. 2006, A GIS Based Multi_criteria Decision Analysis A survey of the Literature. *International Journal of Geographic information Science*, 20(7), (pp. 703-726).
- 26- Neisani Samani, Z., Karimi, M., & Alesheikh, A. A. 2018, A novel approach to site selection: collaborative multi-criteria decision making through geo-social network (case study: public parking). *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(3), 82.
- 27- Pauleit, S., and F. Duhme. 2000, GIS assessment of munich's urban forest structure for urban planning. *Journal of Arboriculture* 26 (3), (pp. 133-141).
- 28- Pohekar, S. and Ramachandran, M. 2004, Application of Multi-Criteria Decision Making to Sustainable Energy Planning_A Review, *Renewable and Sustainable Energy*