# پایش سازگاری کاربری های اراضی با برنامه ریزی صنعتی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی(مطالعه‌ی موردی: شهرستان ساری)

تاریخ دریافت مقاله:۹۶/۰۵/۰۴ تاریخ پذیرش نهایی مقاله:۹۶/۰۷/۰۲

**رضا لحمیان *(استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه پیام نور، تهران، ایران)**

## چکیده

برنامه‌ریزی به پیش بینی آینده و ساختن آینده تا حدودی قابل تصور کمک می نماید. در واقع برنامه ریزی به آینده می نگرد و پلی است بین آنجایی که هستیم و آنجایی که می‌خواهیم برویم. رشدسریع و بی مهار جمعیت بشر، بهره برداری بی وقفه از معادن، قطع درختان و نابودی جنگل ها، تخریب مراتع و پوشش های گیاهی طبیعی زمین، آلودگی های منابع آبی و هوا ناشی از فعالیت های صنعتی از سالیان گذشته تا امروز، چرخه زیستی خانه مشترک همه موجودات زنده، زمین را با خطر مواجه ساخته است. یکی از مسائلی که سبب افزایش ناهنجاری در صنایع و فعالیت های صنعتی می گردد عدم توجه به عوامل اساسی مؤثر در تعیین قابلیت های صنعتی به خصوص برنامه ریزی و در نظر گرفتن تمهیدات لازم پیش از شروع فعالیت های مرتبط با آن می باشد. پژوهش حاظر نیز با هدف برنامه ریزی و یافتن مکان های بهینه جهت فعالیت های صنعتی در شهرستان ساری انجام شده است. به همین منظور از سامانه قدرتمند تصمیم گیری چند معیاره و تلفیق آن با سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. ابتدا معیارها و لایه های اطلاعاتی مورد نظر با راهنمایی متخصصان و همچنین تحقیقات صورت گرفته در گذشته تهیه گردید. مهم ترین عامل در تصمیم گیری معیار زیست محیطی با وزن ۰/۷ شناسایی گردید. پس از تخصیص اوزان به معیار ها با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تلفیق آن در محیط نرم افزاری Arc GIS10.3 نقشه نهایی حاصل گردید. در پایان حدود ۱۶۹۷۸۰ هکتار از اراضی یعنی ۱۷ درصد از اراضی کل شهرستان با تفسیر کاملا مناسب شناسایی گردید.

**واژه های کلیدی:** کاربری اراضی، برنامه ریزی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، شهرستان ساری، پایش سازگاری

* نویسنده رابط: R_Lahmian@yahoo.com

**مقدمه**

برنامه‌ریزی، فرایندی برای رسیدن به اهداف است. بسته به فعالیت‌ها، هر برنامه می‌تواند بلندمدت، میان‌مدت یا کوتاه‌مدت باشد. برای مدیرانی که در جستجوی حمایت‌های بیرونی هستند، برنامه ریزی، مهم ترین و کلیدی‌ترین سند برای رشد است. برنامه‌ریزی، نوعی پدیده عینی اجتماعی است و خصوصیت‌های ویژه خود را دارد در عین حال، یک رویداد منحصربه‌فرد نیست که دارای یک ابتدا و انتهای مشخص باشد بلکه یک فرایند مستمر و دائمی و منعکس کننده تغییرات و در صدد رسیدن به اهداف است (Lawson et all, 2010: 1011). گسترش روزافزون شهرها در کلیه کشورهای جهان و از جمله در ایران، از پیامدهای غیرقابل اجتناب عصر دانش و فناوری به شمار می رود (ایمانی و همکاران، ۱۳۹۵: ۶۷). برنامه ریزی جهت استقرار صنایع در پیشبرد هدف نهایی که سلامت محیط خواهد بود کمک شایان توجهی می نماید. محیط سالم، ممکن است از حمایت و توسعهٔ بخشهایی مانند گردشگری برخوردار شود (امان پور و حسن پور، ۱۳۹۵: ۴۲). در سطح کلان، مسأله زمین و چگونگی استفادهٔ بهینه از آن، در حیطه برنامه ریزی توسعه فضایی قرار می گیرد. زیرا از یک جهت، زمین منبعی تجدیدناپذیر و کمیاب است و نمی توان آن را تولید یا وارد کرد و از سوی دیگر، رسالت دانش برنامه ریزی در مفهوم عام خود، تخصیص بهینه منابع کمیاب به اولویت دارترین نیازهای انسان است. بنابراین تعیین کاربری بهینه زمین، همواره یکی از وظایف برنامه ریزی توسعه بوده و خواهد بود (۸). امروزه یکی از بیش ترین تقاضا ها برای تصاحب و مصرف زمین، از سوی بخش صنعت صورت می گیرد . صنایع اغلب زمین های زراعی و باغی را به دلیل سهولت دسترسی، هزینه پایین آماده سازی، نزدیکی به سکونتگاه ها و نزدیکی به بازار های مصرف، به تصرف درآورده و با تغییر کاربری آنها را از چرخه تولید کشاورزی خارج می سازند (Piatkowski & Marshall, (2015: 170. با ادامه این شرایط، به تدریج از وسعت زمین های مستعد کشاورزی، یعنی اصلی ترین منبع تولید غذا کاسته خواهد شد. در کشور خشک و کوهستانی همچون ایران، زمین های مستعد کشاورزی گسترش چندانی ندارند و قابل ایجاد و بازتولید نیستند. بنابراین زمین های کشاورزی موجود را می توان منابع کمیاب و تجدیدناپذیر دانست که باید با برنامه ریزی علمی از آنها در برابر تغییر کاربری بی رویه و دست اندازی نابخردانه حفاظت کرد. اما این امر زمانی میسر است که برای نیاز صنعت به زمین نیز چاره ای اندیشیده شده و زمین های مناسب اما غیرکشاورزی، شناسایی و برای توسعه بخش

صنعت، به آن تخصیص داده شود. اگر برنامه ریزان بتوانند عوامل تأثیرگذار بر عملکرد مناسب را شناسایی نمایند، خواهند توانست هم از تجربیات مدیران بخشهای مختلف بهره ببرند و هم بودجهٔ موجود را به صورت بهینه تخصیص دهند. بدیهی است که مطالعهٔ ابعاد توسعه، تشخیص کمبودها و تنگناها را تسهیل نموده و برنامهریزی را برای رفع مشکلات، به نحو مناسب تری امکانپذیر می سازد(تقدیسی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۴۶). واضح است که شناسایی مکان های مناسب برای فعالیت های صنعتی به معیارهای گوناگونی بستگی دارد. بنابراین پرسش اساسی در این تحقیق این است که چگونه و با چه روشی علمی می توان زمین ها در یک ناحیه جغرافیایی را برای استقرار و توسعه صنعت مورد ارزیابی تناسب قرار داده و آنها را اولویت بندی کرد. این تحقیق برآنست تا بستر لازم برای رشد اقتصادی، توزیع عادلانه زمین و حفاظت از محیط زیست را فراهم سازد. بنابراین هدف عمده این پژوهش کمک به توسعه پایدار محلی است. هدف خرد و عملیاتی تحقیق نیز آن است تا با کمک تکنیک های تحلیلی موجود در سامانه اطلاعات جغرافیایی روشی را برای تشخیص تناسب زمین ها در یک ناحیهٔ جغرافیایی جهت استقرار و توسعه صنایع، مدلسازی نماید. شایستگی اراضی به میزان تناسب و شایستگی زمین های یک محدوده جغرافیایی برای تخصیص به یک کاربری مشخص، اطلاق می شود. به بیان دیگر این نوع مطالعه در پی آن است که زمین های واقع در یک محدوده جغرافیایی مانند شهر، ناحیه، منطقه و کشور تا چه اندازه قابلیت تخصیص به یک کاربری خاص را دارد تا حداکثر کارایی و بازدهی را داشته باشند (Lingjun et all, 2006: 25).به بیان دیگر ارزیابی تناسب زمین، ابزاری برای طراحی و پیش بینی الگوی بهینه استفاده و تخصیص زمین به کاربری های معین است (Singleton & Clifton, 2013: 5) که سعی دارد مناقشات زیست محیطی و دست اندازی های غیراصولی به زمین را به حداقل برساند (Ljubomir et all, 2016:352). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که از پرکاربردترین فنون تصمیم گیری چند معیاره می باشد توسط توماس ساعتی (Saaty, 1980: 128). ابداع شد و بلافاصله در تحقیقات مختلف در حیطه برنامه ریزی فضایی مورد استفاده قرار گرفت. در سال ۲۰۱۶ وی گوو و همکاران با استفاده از سامانه تصمیم گیری چند معیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی به پویا سازی و استفاده بهینه کاربری ها در دلتای یانگ تسه چین پرداختند (Wei Gu et all, 2016: 102). بوجور کوئز و همکاران (Bojorquez et all, 2001: 140). از این روش در ارزیابی تناسب زمین های مکزیک برای توسعه شهری استفاده کردند. علی و همکاران (۱۵) با استفاده از

روش AHP در GIS به ارزیابی تناسب زمین های شهر مینیای جدید در کشور مصر پرداختند. سوارای و همکاران (۲۴) نیز در تحقیقی به تخصیص کاربری های زمین شهری از طریق روش AHP پرداختن. همچنین در سال ۲۰۱۶ ساتیش کومار و بانسال در پژوهشی با مدلسازی به کمک AHP و GIS تناسب زمین های مجموعه شهری در هندوستان را جهت توسعه کالبدی مورد ارزیابی قرار دادند. آنها به ارزیابی تناسب زمین های محدوده شهری و پیرامون آن برای توسعه کالبدی شهر پرداخته اند که با توجه به ناهمواری های بسیار زیاد محدوده این مطالعه بدون استفاده از GIS تقریبا غیر ممکن به نظر می رسید (Kumar&Bansal, 2016: 41).

## مواد و روش ها

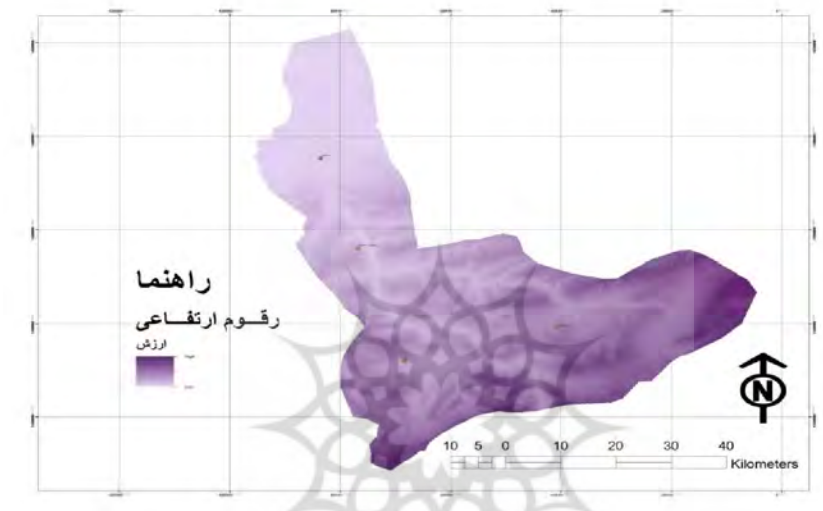
### منطقه مورد مطالعه

شهرستان ساری در اُستان مازندران و در مختصات ۳۶ درجه و ۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و۲ دقیقه تا ۵۳ درجه و۲۷ دقیقه طول شرقی واقع شده است و مساحت آن ۳۶۸۵ کیلومتر مربع می باشد. از شمال و شمال شرقی به دریای مازندران و شهرستان بهشهر، از جنوب و جنوب شرقی به رشته کوههای البرز و استان سمنان، از مشرق به شهرستان میاندورود و از مغرب به شهرستانهای قائم شهر، سواد کوه و جویبار محدود است. بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۰، جمعیت شهرستان ساری حدود ۴۷۸۳۷۰ نفر بوده که تقریباً ۴۷ درصد آن شهر نشین و بقیه روستا نشین بوده اند. برابر آخرین تقسیمات کشوری در سال ۱۳۹۳، شهرستان ساری شامل ۴شهر: ساری- پایین هولار - فریم- کیاسر و ۶ بخش: مرکزی- دودانگه- چهاردانگه- کلیجان رستاق- رودپی- رودپی شمالی و ۱۵دهستان می باشد. در شکل شماره ۱ موقعیت شهرستان ساری در کشور و در استان مازندران نشان داده شده است.

شکل شماره ۱- موقعیت شهرستان ساری در کشور و در استان مازندران
(مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۶)

در دهه های گذشته به دلیل ضابطه ممنوعیت استقرار مراکز تجاری و صنعتی در زمین های کشاورزی و منابع طبعی، گرایش شدیدی از سوی سرمایه گذاران برای احداث این نوع مراکز در اراضی شهرستان ساری صورت گرفته است. برخی از مزیت های شهرستان ساری از جمله نزدیکی به مرکز استان، بهره مندی از نیروی کار مناسب، وجود زمین ارزان و دسترسی به زیرساخت های لازم ازجمله برق، آب و ... در گرایش صنعت به سوی نواحی این شهرستان مؤثر بوده است. این گسترش صنعتی در مقاطعی بدون برنامه و شتابان صورت پذیرفته است. تصاویر ماهواره ای از بخش هایی از مراکز استقرار واحدهای صنعتی به وضوح دست اندازی های وسیع و نامتعارف از سوی صنعت را به پوشش گیاهی طبیعی و بخصوص زمین های کشاورزی شهرستان نشان می دهد. در صورتی که وضعیت به همین گونه تداوم یابد و تدبیری اتخاذ نگردد، بیم آن می رود که تا چند سال دیگر جز خاطره ای از نام و آوازه محصولات مرغوب کشاورزی از جمله مرکبات شهرستان ساری، چیزی بر جای نخواهد ماند. در مطالعه حاضر بر اساس پژوهش های مشابه انجام شده در گذشته و پرسش از متخصصان شهری در زمینه توسعه زیرساخت از نقشه های ۱:۵۰۰۰۰ استفاده گردید. از ۳ معیار اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی که شامل زیر معیارهایی می باشد که در بخش بعدی به آنها پرداخته می شود به عنوان داده های پایه از مراجع و منابع گوناگون از جمله سازمان منابع طبیعی استان، سازمان نقشه برداری کشور و... گردآوری و مورد استفاده قرار گرفته است. لازم به ذکر است که مدل رقومی ارتفاعی که داده هایی مانند شیب، نقاط ارتفاعی از آن تهیه شده است نیز از داده های اصلی این

مطالعه می‌باشد که آن را می‌توان با تکنیک‌هایی مانند فتوگرامتری، سنسور لیدار، نقشه‌برداری زمینی و... تهیه کرد. این مدل‌ها عمدتاً با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور تهیه می‌شوند که در سامانه اطلاعات جغرافیایی مورد استفاده قرار می گیرند و پایه‌ای برای تهیه نقشه رقومی ناهمواری‌ها به‌شمار می‌روند. در شکل شماره ۲ مدل رقومی ارتفاع مورد استفاده در این مطالعه به نمایش در آمده است.




شکل شماره ۲- مدل رقومی ارتفاعی شهرستان ساری
(مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۶)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

## تصمیم گیری چند معیاره (MCDM)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از مدل های تصمیم گیری چندمعیاره است که به ویژه برای تصمیم گیری در مسائل پیچیده و با معیار های کمی و کیفی همچون مسائل ارزیابی تناسب زمین، کاربرد دارد. در تحلیل های مبتنی بر تصمیم گیری چند معیاره هدف این است که ضمن انتخاب بهترین یا اولویتدارترین گزینه، گزینه هایی که به نظر می رسد خوب هستند نیز مشخص شده، یا گزینه ها در یک ترتیب نزولی، رتبه بندی شوند. قواعد تصمیم گیری جمعی از شناخته شده ترین و متداول ترین روش های در تصمیم گیری مبتنی بر GIS است و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از روش های آن می باشد که توسط ساعتی (Saaty, 2000: 11) در سال ۱۹۸۰ میلادی ارائه گردید و در این

پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع ترین مدل های طراحی شده برای تصمیم گیری های چندمعیاره است. زیرا این تکنیک ها امکان فرموله کردن مسأله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در حل مسائل دارد. این فرآیند گزینه های مختلف را در تصمیم گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد (Ishizaka and Labib, 2009: 210) و (Raju et all, 2006: 529). علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می نماید همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم گیری چندمعیاره می باشد. به علاوه از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول بدیهی بنا شده است (Rodríguez et all, 2015: 85). روش AHP دارای یک اساس و تئوری ساده می باشد و بر مبنای سه اصل استوار است :تجزیه، مقایسهٔ زوجی و ترکیب کردن متوالی ارزش ها و اولویت بندی گزینه ها (۲۲). جدول ۱ مقایسهٔ زوجی ارئه شده توسط ساعتی (Saaty, 2002: 87) را نشان می دهد. و شکل ۳ نمودار آن مشاهده می شود.

شکل شماره ۳- نمودار تصمیم گیری چند معیاره و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی
(مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۶)

جدول شماره ۱- مقایسات زوجی معیارها بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

| تفسیر عددی | قضاوت شفاهی |
|---|---|
| ۹ | اهمیت مطلق |
| ۷ | اهمیت خیلی قوی |
| ۵ | اهمیت قوی |
| ۳ | اهمیت ضعیف |
| ۱ | اهمیت یکسان |
| ۲، ۴، ۶، ۸ | ترجیحات بین فواصل فوق |

(مأخذ:Saaty,2002)

مراحل اصلی این روش شامل توسعه ماتریس مقایسه در هر سطح سلسله مراتب مقایسه وزن ها برای هر جزء سلسله مراتب و برآورد نرخ ناسازگاری تصمیم گیری می باشد. روش بردار ویژه روشی متداول در رسیدن به وزن پارامترها از یک ماتریس مقایسهٔ زوجی است. در روش بردار ویژه محاسبه وزن ها (W) طی این مراحل تعیین می گردد: تشکیل ماتریس A (ماتریس مقایسه زوجی)، تعیین ماتریس ($A-\lambda I$) که در این ماتریس $\lambda$ مقدار ویژه برای ماتریس A است. دترمینان ماتریس ($A-\lambda I$) را محاسبه کرده و آن را مساوی صفر قرار داده و تعیین مقادیر $\lambda$، بزرگ ترین $\lambda$ را که MAX $\lambda$ نامیده و آن را جهت تعیین وزن (W) در رابطه $(A-\lambda MAXI)*W=0$ قرار می دهیم (Fosgerau et all, 2013: 75) و (Ishizaka and Labib, 2009: 210) و (Ying et all, 2007: 102).

برای محاسبه وزن ها (W) ساعتی (Saaty, 2002: 88) قضیه ای را اثبات نمود که محاسبه وزن را ساده تر می نماید. طبق این قضیه برای یک ماتریس مثبت و معکوس مانند ماتریس مقایسه زوجی بردار ویژه را می توان از رابطهٔ ۱ به دست آورد.

$$W=\lim_{k\to\infty}\frac{A^k.e}{e^T.A^k.e} \qquad (۱)$$

که در در این رابطه: $e^T$ ترانهاده ماتریس e است. برای محاسبه نرخ ناسازگاری نیز در ابتدا شاخص ناسازگاری (I.I) از رابطه ۲ محاسبه می گردد.

$$II=\frac{\lambda_{\max}-n}{n-1} \qquad (۲)$$

در این رابطه n تعداد معیارها یا ابعاد ماتریس A و $\lambda_{max}$ بزرگ ترین مقدار ویژه ماتریس A است. نرخ ناسازگاری (I.R) از رابطه ۳ تعیین می گردد (Fosgerau et all, 2013: 76).

$$I.R = \frac{I.I}{I.I.R} \quad (۳)$$

در این رابطه I.I.R شاخص تصادفی ممی باشد که بستگی به تعداد عناصر مقایسه شونده دارد و از جدول ۱ به دست می آید (Kempenaar et all, 2016: 25). نرخ ناسازگاری CR اگر کم تر از ۰/۱ باشد می توان نتیجه گرفت که سطح مطلوبی از سازگاری در مقایسات زوجی وجود داشته است و در غیر این صورت این نرخ نشان دهنده قضاوت ناسازگاری می باشد (Lingjun et all, 2016: 470).

## الگوریتم فازی

ریاضیات فازی یک فرا مجموعه از منطق بولین است که بر مفهوم درستی نسبی، دلالت می کند.بر اساس نظریه فازی، عضویت اعضا در مجموعه ممکن است به طور کامل نبوده و هر عضوی دارای عضویت از صفر تا یک باشد. در این تحقیق، از منطق فازی در مدلسازی ارزیابی تناسب زمین ها برای تولید لایه های نقشه معیار در قالب رستری با هدف افزایش دقت و کاربرد این نقشه ها، بهره گرفته شد. منطق فازی این امکان را می دهد تا با تبدیل داده های گسسته به داده های پیوسته، امکان استفاده از مدل سازی در GIS برای تحلیل و ارزیابی از داده های مکانی فراهم شود. بنیاد منطق فازی بر شالوده نظریه مجموعه های فازی استوار است. این نظریه تعمیمی از نظریه کلاسیک مجموعه ها در علم ریاضیات است. در تئوری کلاسیک مجموعه ها، یک عنصر، یا عضو مجموعه هست یا نیست. در حقیقت عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک و باینری تبعیت می کند. اما تئوری مجموعه های فازی این مفهوم را بسط می دهد و عضویت درجه بندی شده را مطرح می کند. به این ترتیب که یک عنصر می تواند تا درجاتی عضو یک مجموعه باشد. به عبارت دیگر بر خلاف منطق بولین، درمنطق فازی هیچ قطعیتی وجود ندارد که بر اساس آن یک منطقه را برای انتخاب، کاملاً مناسب یا نامناسب دانست. تحلیل منطق فازی دارای حالات مختلفی همچون جمع، ضرب و گاما است.از دید تئوری مجموعه های فازی صحیح است. در این تئوری، عضویت اعضای مجموعه از طریق تابع $X(u)$ مشخص می شود که x نمایانگر

یک عضو مشخص و u تابعی فازی است که درجه عضویت u در مجموعه مربوطه را تعیین می کند و مقدار آن بین صفر و یک است که از رابطهٔ ۴ تعیین می گردد.

$$A=\left\{\left(x,\mu_A(x)\right)\middle|x\in X\right\} \quad (۴)$$

به بیان دیگر، $X(u)$ نگاشتی از مقادیر X به مقادیر به مقادیر عددی ممکن بین صفر و یک را می سازد. تابع $X(u)$ ممکن است مجموعه ای از مقادیر گسسته یا پیوسته باشد. وقتی که u فقط تعدادی از مقادیر گسسته بین صفر و یک را تشکیل می دهد، مثلاً ممکن است شامل اعداد ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷، ۰/۹ و صفر و یک باشد. اما وقتی مجموعه مقادیر u پیوسته باشند، یک منحنی پیوسته از اعداد اعشاری بین صفر و یک تشکیل می شود (۱۲). افزون بر روش سلسله مراتبی و منطق فازی که دو روش اصلی در این مطالعه می باشند، به تناسب از روش های دیگری نیز استفاده شده است. برای نمونه برای یکسان سازی مقادیر لایه های نقشه معیار نایکسان با هدف مطالعات، ابتدا مقادیر معیارهای نایکسان (هرچه مقادیر بیش تر میزان تناسب برای صنعت کم تر) با کمک رابطهٔ ۵ یکسان گردید(۱۳). برای مثال معیار دسترسی به راه یک معیار نایکسان با هدف تحقیق است زیرا با افزایش فاصله زمین ها از راه ها، هرچند بر مقدار عددی واحدهای زمین (پیکسل ها) افزوده می شود، اما از میزان تناسب آنها برای صنعت کاسته می گردد.

$$y_{ij}=\left[\frac{X_j^{\max}-X_{ij}}{X_j^{\max}-X_j^{\min}}\right] \quad (۵)$$

در این رابطه : $X_{ij}$ متغیر $I$ام مورد بررسی است.

## فازی سازی داده ها

جهت فازی سازی داده ها و تبدیل مقادیر گسسته به پیوسته،با استفاده از رابطهٔ ۶ استانداردسازی انجام شد (Kempenaar et all, 2016: 28).

$$Z_i=\left(X_i-\mu\right)\Big/\sigma \quad (۶)$$

در این رابطه: $Z_i$ نمره استاندارد شده هر پیکسل، $X_i$ مقدار کمی شاخص مورد نظر هر پیکسل، $\mu$ میانگین مقادیر شاخص مورد نظر و $\sigma$ انحراف معیار مقادیر شاخص مورد نظر است.

## ارزیابی گسترش فضایی

در فرآیند مدلسازی لازم دیده شد تا برای ایجاد تعادل های فضایی و تمرک زدایی صنعتی از میزان توسعه یافتگی به عنوان یک معیار تعدیل کننده استفاده شود. زیرا چنانچه میزان توسعه یافتگی و برخورداری فضاهای جغرافیایی به عنوان یک معیار مهم در فرآیند مدلسازی تناسب زمین های شهرستان نادیده گرفته می شد، این خطر وجود داشت تا در مدل ارزیابی تناسب و نقشه نهایی، به دلیل امکانات بیش تر دهستان های شرقی شهرستان، امتیاز زمین های این نواحی بیش تر شده و از تناسب بیش تری برای توسعه صنعت برخوردار شوند و در نتیجه بر شدت تمرکز سرمایه در دهستان های برخوردار شهرستان افزوده شود. این امر مغایر با اهداف تحقیق حاضر یعنی ایجاد تعادل فضایی و برقراری عدالت اجتماعی و توسعه پایدار بود. برای سنجش میزان توسعه یافتگی در این تحقیق، از روش شاخص ناموزون موریس استفاده شد. این روش از سوی برنامه توسعه سازمان ملل متحد UNDP نیز برای محاسبه توسعه کشورها مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش با استفاده از اطلاعات در دسترس برای هر واحد جغرافیایی (در اینجا واحد تقسیمات دهستان)، جایگاه توسعه یافتگی هر یک از واحدها میان سایرین، برحسب هر یک از متغیرهای انتخابی، با استفاده از رابطۀ ۷ محاسبه گردید (Saneinejad et all, 2012: 130).

$$y_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{ij}^{Min}}{X_j^{Max} - X_j^{Min}} \times 100 \qquad (۷)$$

در این رابطه: $y_{ij}$ شاخص ناموزون برای متغیر i ام در واحد j ام، $X_{ij}$ متغیر i ام در واحد j ام.

در نهایت برای پیدا کردن شاخص اصلی توسعه یافتگی مورد نظر برای هر واحد، و میانگین شاخص موریس برای هر واحد از تمام متغیر ها از رابطۀ ۸ محاسبه گردید.

$$D.I = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_{ij}}{n} \qquad (۸)$$

در این رابطه: n تعداد کل متغیرهای مورد مطالعه و D.I شاخص نهایی توسعه هر واحد به شمار می رود. از مزیت های این روش آن است که در آن می توان انواع معیار های اقتصادی، اجتماعی و ... را بکار گرفت. نقشه ها و داده های پایه مورد نیاز، از منابع و مراجع مختلف گردآوری شده است. اطلاعات پایه گرد آوری شده به محیط نرم افزار ArcGIS

انتقال و پایگاه داده ها طراحی و سازماندهی شده و جهت پردازش و تحلیل اطلاعات محیا گردید.

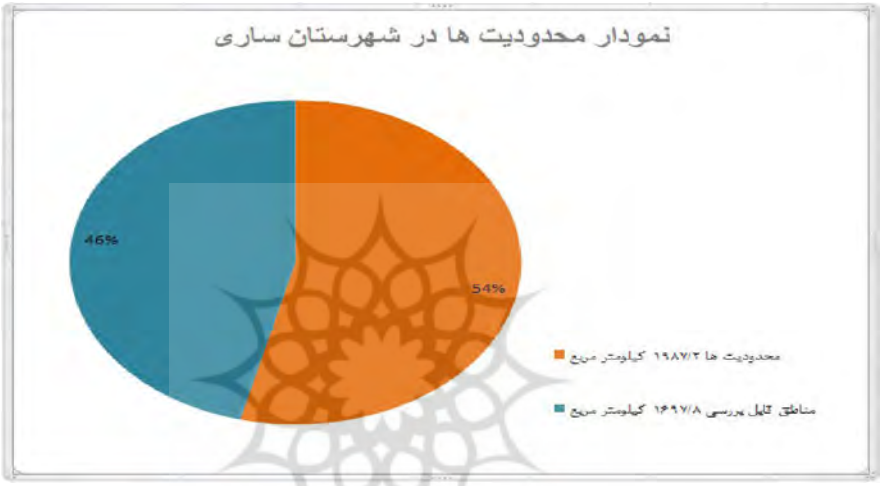
## محدودیت ها

محدودیت‌ها، موانعی هستند که یا به وسیله‌ی انسان یا به وسیله‌ی طبیعت تحمیل می‌شوند و مانع از آن می‌شوند که گزینه‌هایی امکان انتخاب پیدا کنند. تعیین محدودیت‌ها عموماً بر اساس منابع و تمهیدات موجود می‌باشد و قضاوت‌های حرفه‌ای را شامل می شود. بدیهی است که صنایع را نباید و نمی توان در هر مکانی مستقر کرد. برخی زمین ها همانند زمین های کشاورزی به دلیل نقش حیاتی آنها در اقتصاد و محیط زیست، باید از دست اندازی صنایع مصون نگاه داشته شوند. همچنین است زمین های بسیار مرتفع و یا زمین های بسیار پرشیب که استقرار صنایع در آنها هزینه زیادی در بردارد. بنابراین در این مرحله از تحقیق با کمک گروهی از معیارهای موسوم به محدودیت ها، زمین های نامناسب شناسایی و از حیطه تصمیم گیری و مدل سازی ارزیابی تناسب برای صنعت کنار گذاشته و به عبارتی حذف شدند. معیارها و شاخص های معرف زمین های نامناسب برای صنعت که با کمک کارشناسان و اسناد قانونی شناسایی و به شرح جدول ۲ تعیین گردید.

جدول شماره ۲- محدودیت ها (ماخذ: نگارنده، ۱۳۹۶)

| لایه اطلاعاتی | معیار |
|---|---|
| **فاصله از انرژی** | وجود تاسیسات آب و برق |
| **اراضی شیبدار** | بیش از ۳۰ درصد |
| **حریم اراضی** | شامل: باغ، آبراهه، مراتع متراکم. کم تر از ۲۰۰۰متر |
| **مناطق حفاظت شده** | مناطق و مراکز حفاظت شده زیست محیطی کم تر از ۵۰۰۰ متر |
| **حریم راه ها** | ۲۰۰ متر از هر دو طرف |
| **گسل** | ۲۰۰۰ متر |

با کمک معیارها و شاخص های جدول ۲ و در محیط GIS، زمین های نامناسب از نقشه پایه شهرستان ساری حذف گردید. در مجموع با در نظر گرفتن امکان همپوشانی لایه ها، مساحت زمین های حذف شده از محدودهٔ مطالعاتی بر اساس تمامی معیارهای حذف، حدود ۱۹۸۷,۲ کیلومتر مربع می باشد که ۵۴ درصد از اراضی این شهرستان را به خود اختصاص می دهد. شکل شماره۴ نمودار محدودیت های شهرستان ساری جهت شناسایی مناطق صنعتی می باشد.

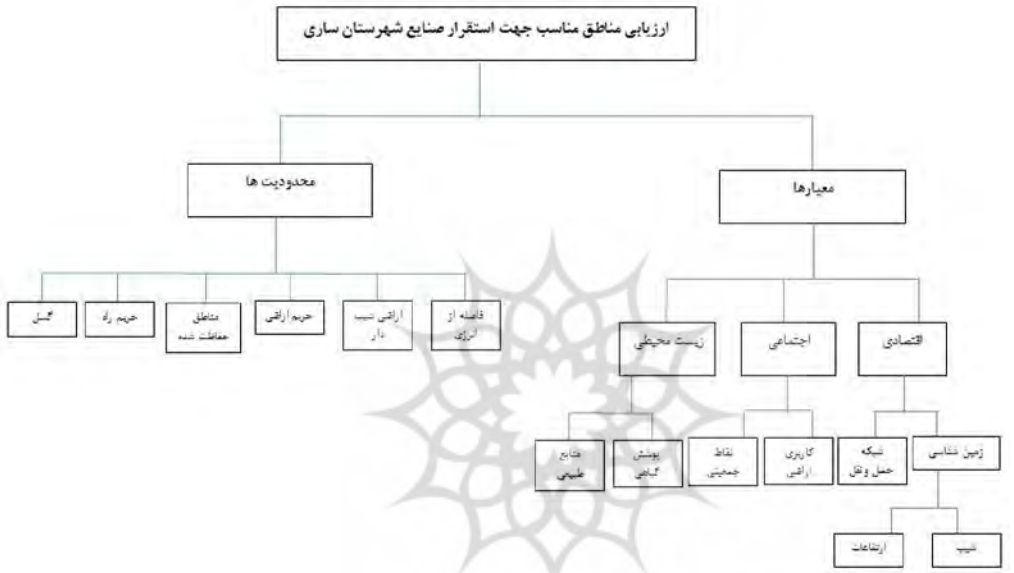



شکل شماره ۴- نمودار محدودیت های شهرستان ساری(ماخذ: نگارنده، ۱۳۹۶)

## پهنه بندی اراضی بدون محدودیت

بر اساس مساحت مناطق حذفی مناطق باقی مانده ۱۵۰۸۴۰۰ متر مربع خواهد بود که بر مبنای آن فرآیند های مدل سازی صورت می پذیرد. در این مرحله، معیارها و زیرمعیارهای مکانی مؤثر در ارزیابی تناسب اراضی برای صنعت شناسایی و انتخاب گردید. سپس برای تعیین روابط و جایگاه آنها نسبت به هدف تحقیق، درخت سلسله مراتبی معیارها و زیرمعیارها مطابق با فرآیند سلسله مراتبی تهیه گردید که در شکل شماره ۵ مشاهده می شود. با انتخاب معیارهای ارزیابی، امکان ساخت لایه های نقشه معیار تناسب اراضی شهرستان در محیط GIS فراهم شد. برای این منظور ابتدا معیارهای کیفی، با کمک روش AHP کمی سازی شد و سپس تمام داده های کمی با هدف مطالعات یکسان سازی و با توجه به منطق فازی، استاندارد گردید. داده های به دست آمده به پایگاه داده ها منتقل و

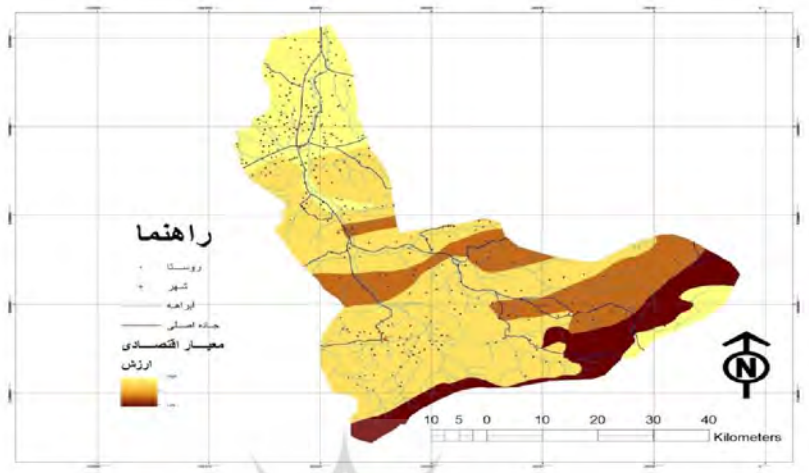
در واحد پیکسل، درون یابی و بارگذاری و لایه های نقشه ای تناسب اراضی باقی مانده به ازاء هر معیار و زیرمعیار تشکیل گردید. پس از آن با بهره گیری از فرآیند مقایسات زوجی، ضریب اهمیت لایه های نقشه معیار تعیین و با توجه به روابط میان آنها در درخت سلسله مراتبی، با یکدیگر ترکیب گردید. برای ارزیابی معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی از نظر زیر معیارهای آن با دستور Distance در نرم افزار به طور جداگانه تهیه گردید.




شکل شماره ۵- نمودار سلسله مراتبی معیارها جهت ارزیابی مناطق شهرستان ساری (مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۶)

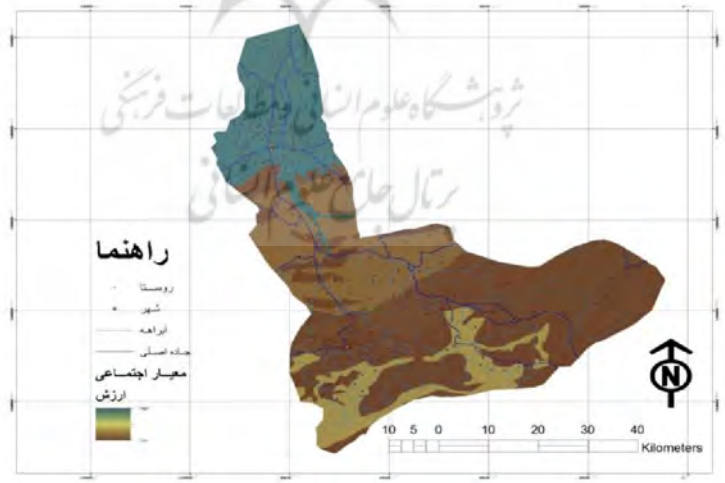
مقادیر نقشه ها با هدف مطالعات یکسان نبودند، برای مثال هرچه از شبکه راه ها دور می شویم، ارزش مقادیر پیکسل ها (فاصله به متر) افزایش یافته اما میزان تناسب زمین ها برای توسعه صنعت کاهش می یابد، لذا با استفاده از فرمول یکسان سازی، کلیه مقادیر لایه ها در در تمامی نقشه ها یکسان گردید. سپس مقادیر یکسان شده از طریق استانداردسازی، بی مقیاس و فازی شد و ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیار ها با کمک روش AHP تعیین گردید. این ضرایب در مقادیر هر لایه ضرب و سپس لایه های موزون در GIS با یکدیگر جمع شدند. نقشه حاصل از فرآیند فوق نقشه پهنه بندی طیفی تناسب اراضی شهرستان ساری برای استقرار صنعت بر مبنای معیار اقتصادی که از زیر معیارهای

زمین شناسی، شیب، ارتفاعات، شبکه حمل و نقل تشکیل شده است و در شکل شماره ۶ نمایان می باشد.




شکل شماره ۶- ارزیابی مناطق بر اساس معیار اقتصادی(ماخذ: نگارنده، ۱۳۹۶)

معیار اجتماعی شامل زیر معیارهای نقاط جمعیتی و کاربری اراضی می باشد مورد بررسی قرار گرفت که شکل شماره ۷ نشان دهنده تاثیر این معیار در مورد این معیار در فرآیند مطالعه حاضر می باشد.



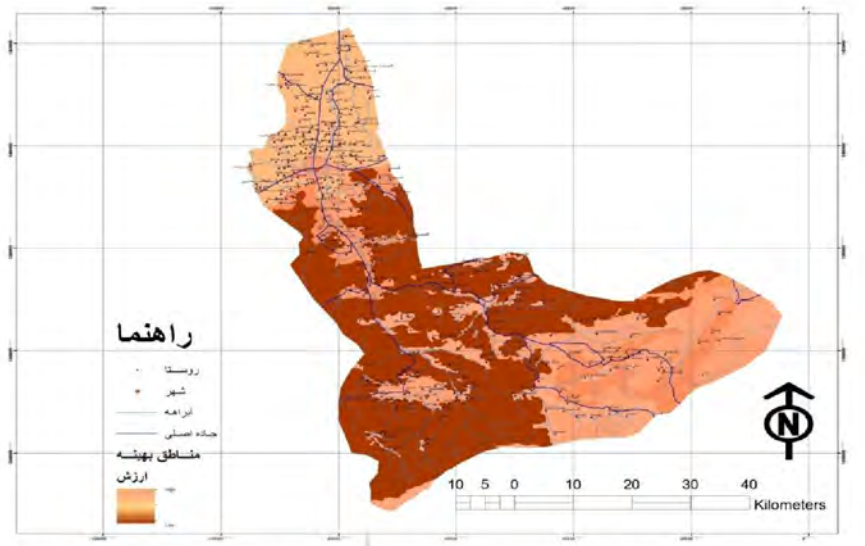

شکل شماره ۷- ارزیابی مناطق بر اساس معیار اجتماعی(مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۶)

جهت تهیه نقشه زیست محیطی متناسب با زمین های شهرستان ساری از زیر معیارهای پوشش گیاهی و منابع طبیعی، استفاده شده است که در شکل شماره ۸ نشان داده شده است.

شکل شماره ۸- ارزیابی مناطق بر اساس معیار زیست محیطی(مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۶)

## نقشه نهایی تناسب اراضی

برای تهیهٔ نقشه نهایی تناسب اراضی لازم است تا سه نقشه معیار فوق مشابه، پس از تعیین ضریب اهمیت با یکدیگر ترکیب و سپس با لایه نقشه زمین های حذفی تلفیق شوند. نتیجه پهنه بندی تناسب اراضی باقی مانده برای توسعه صنعت در محدودهٔ دو حد مناسب تا نامناسب در شکل ۹ نشان داده شده است. جدول شماره ۳ اوزان تخصیص داده شده به معیار ها و جدول شماره ۴ تناسب اراضی را در محدوده های مختلف و بر مبنای مساحت نشان می دهد.




شکل شماره ۱۱_ نقشه نهایی مناطق پهنه بندی شده جهت استقرار صنایع در شهرستان ساری(ماخذ: نگارنده، ۱۳۹۶)

جدول شماره ۳ – اهمیت معیارها بر اساس اولویت تصمیم گیری

| نرخ ناسازگاری | میزان اهمیت | اجتماعی | اقتصادی | زیست محیطی | ********* |
|---|---|---|---|---|---|
| ۰/۰۳ | ۰/۷۱ | ۷ | ۴ | ۱ | زیست محیطی |
| ۰/۰۳ | ۰/۲۱ | ۳ | ۱ | ۰/۲۵ | اقتصادی |
| ۰/۰۱ | ۰/۰۸ | ۱ | ۰/۳۳۳ | ۰/۱۴۳ | اجتماعی |
| ۰/۰۷ | ۱/۰۰ | | | | ********* |

(مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۶)

جدول شماره ۴- مساحت اراضی حذف و باقی مانده در فرآیند مدلسازی تعیین تناسب

| مناطق | هکتار | درصد ٪ |
|---|---|---|
| مساحت شهرستان ساری | ۳۶۸۵۰۰ | ۱۰۰ |
| محدودیت ها | ۱۹۸۷۲۰ | ۵۴ |
| عدم محدودیت | ۱۶۹۷۸۰ | ۴۶ |
| اراضی کاملا مناسب | ۶۴۲۹۳ | ۱۷/۴۴۵ |
| اراضی نسبتا مناسب | ۵۶۹۶۸ | ۱۵/۴۳۹ |
| اراضی نامناسب | ۴۸۵۱۹ | ۱۳/۱۱۶ |

(مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۶)

## ارزیابی

در این مطالعه سعی شد تا با کمک تجربه پژوهش های مشابه و با استفاده از روش ها و تکنیک های گوناگون علمی و به کارگیری ابزارهای تحلیلی موجود و با استفاده از نرم افزار های مرتبط از جمله مجموعه الحاقی قدرتمند ARC GIS 10.3 مدل ساخته شده و نقشه تناسب به دست آمده در این فرآیند، تا حد زیادی پاسخگوی اهداف بیان شده در ابتدای تحقیق بوده است. نقشه و مدل ارزیابی تناسب زمین بدست آمده دارای چند امتیاز و ویژگی مهم بدین شرح می باشد: پیمایش نقشه نهایی تناسب نشان می دهد که از مجوع زمین های باقی مانده، ۶۴۲۹۳ هکتار ۱۷/۴۴۵ درصد از مساحت شهرستان در پهنه کاملا مناسب برای تخصیص به صنعت قرار دارند. همچنین ۵۶۹۶۸ هکتار در پهنه نسبتا مناسب و ۴۸۵۱۹ هکتار تناسب نامناسب قرار دارند. معیار اقتصادی با وزن ۰/۷ و میعار اجتماعی با ۰/۰۸ به ترتیب بیش ترین و کم ترین وزن را در تحلیل سلسله مراتبی به خود اختصاص دادند. با توجه به مساحت های بدست آمده در اراضی مناسب و نسبتا مناسب نکته مهم آنست که مساحت این اراضی جهت استقرار صنعت در شهرستان ساری نه تنها کمبودی از نظر زمین برای گسترش صنعت و فعالیت های وابسته آن وجود ندارد، بلکه برای چندین سال زمین مناسب جهت تخصیص به نیازهای بخش صنعت موجود می باشد بدون آنکه نیازی به دستاندازی و تغییر کاربری اراضی باشد.

## نتیجه گیری

با استفاده از منطق فازی در ارزیابی تناسب زمین ها و قالب رستری در ساخت لایه های نقشه نهایی، امکان تشخیص، تصمیم گیری و انتخاب زمین تا سطح پیکسل سایز ۳۰ در ۳۰ فراهم گردید. این مدل و نقشه حاصل از آن تصویر واقعی تری از محیط ارائه می دهند. زیرا در جهان واقع نیز تغییرات پدیده ها عمدتاً پیوسته و تدریجی بوده اغلب و نه به صورت گسسته و منقطع مثل تغییرات شیب و ارتفاع. تمام زمین های نامناسب چه آنها که برای کاربری های مهم دیگر مستعد بوده اند مانند زمین های کشاورزی و یا آنهایی که به دلیل قوانین و مقررات کشور باید محفوظ بمانند مثل حریم راه ها و چه آنهایی که برای احداث صنعت مقرون به صرفه نبوده و ایجاد خطر می کنند مانند گسل ها از نقشه تناسب و یا به عبارتی از حیطه تصمیم گیری به کنار گذاشته شده اند. یکی از ویژگی های برجسته مدل ساخته شده ارزیابی تناسب در GIS، پویایی می باشد به این معنا که در صورت نیاز و یا تغییر شرایط مثلاً تغییر درقوانین و مقررات حرایم و یا تغییر در ضریب اهمیت معیارها می توان به سادگی تغییرات را وارد مدل و با صرف زمان و هزینه کم، نقشه ارزیابی تناسب روزآمدی مطابق نیازهای جدید تولید کرد. با توجه به نتایج این تحقیق، اطلاعات مربوط به خطر سوانح طبیعی همچون روانگرایی، لغزش و رانش زمین ها در مرحله حذف زمین ها مورد توجه قرار گرفت.باید توجه داشت که مناطق بهینه معرفی شده در مطالعه نمی توانند کاملا جامع باشند بنابراین فقط برای مطالعات تفضیلی و جامع تر معرفی می گردند در این مطالعه، همچنین در مقایسات زوجی از دیدگاه کارشناسان استفاده گردید. با توجه به عدم قطعیت حاکم بر فضای برنامه ریزی توسعه فضایی و دخیل بودن معیارهای متعدد در آن، استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در تعیین اهمیت معیارها، موجب کاهش خطای انسانی در تصمیم گیری ها خواهد شد.

## منابع و مآخذ:


۱- امان پور،سعید و حسن پور، سحر. ۱۳۹۵. سطوح برخورداری از خدمات بهداشت و درمان در شهرستانهای استان خوزستان با بهره گیری از تکنیک فرایند سلسله مراتبی فازی (Fuzzy AHP). فصلنامهٔ آمایش محیط، ۱۰ (۳۷): ۶۴-۳۷.

۲- ایمانی، بهرام و فیروزی مجنده، ابراهیم و کانونی، رضا .۱۳۹۵. پراکنش مکانی فضاهای سبز و اولویتبندی تناسب اراضی با هدف مکانیابی بهینه ی پارک (مطالعه موردی :شهر اردبیل). فصلنامهٔ آمایش محیط، ۱۰ (۳۷): ۹۸-۶۵.

۳- تقدیسی، ا.، پیری،س.، بهاری،ع .۱۳۹۱. تحلیل فضایی و سطح بندی شاخص های توسعهٔ خدمات بهداشتی -درمانی با استفاده از تحلیل عاملی و تکنیک خوشه ای (مطالعهٔ موردی: شهرستانهای استان گیلان). فصلنامهٔ آمایش محیط، ۵ (۱۸): ۱۷۶-۱۴۵.

4-Piatkowski P, D., & Marshall E, W. (2015). Not all prospective bicyclists are created equal: The role of attitudes, socio-demographics, and the built environment in bicycle commuting. Travel Behaviour and Society, 2(3), pp 166–173. Retrieved from http:// doi.org/10.1016/j.tbs.2015.02.201

5- Saneinejad, S., Roorda, M. J., & Kennedy, C. (2012). Modelling the impact of weather conditions on active transportation travel behaviour. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 17(2), 129–137.

6- Singleton, P. A., & Clifton, K. J. (2013). Pedestrians in Regional Travel Demand Forecasting Models: State-of-the-Practice. In 93nd Annual Meeting of th Transportation Research Board

7- Luo Lingjun, He Zong, Hu yan (2006). "STUDY ON LAND USE SUITABILITY ASSESSMENT OF URBAN-RURAL PLANNING BASED ON REMOTE SENSING—A CASE STUDY OF LIANGPING IN CHONGQING Progress in Planning, Volume 62, Issue 1,Pages 3-65

8- Rodríguez, D. A., Merlin, L., Prato, C. G., Conway, T. L., Cohen, D., Elder, J. P., … Veblen-Mortenson, S. (2015). Influence of the Built Environment on Pedestrian Route Choices of Adolescent Girls. Environment and Behavior (Vol. 47).

9- Satish Kumar, V.K. Bansal (2016) A GIS-based methodology for safe site selection of a building in a hilly regionOriginal Research Article Frontiers of Architectural Research, Volume 5, Issue 1, March 2016, Pages 39-51

10- Ye Duan, Hailin Mu, Nan Li, Linlin Li, Zhaoquan Xue (2016). "Research on Comprehensive Evaluation of Low Carbon Economy Development Level Based on AHP-Entropy Method: A Case Study of Dalian "Original Research Article Energy Procedia, Volume 104, December 2016, Pages 468-474

11- Lawson, C. T., Chen, C., & Gong, H. (2010). Advanced Applications of Person-based GPS in an Urban Environment.1003-1017

12- Jiuping Xu, Xiaoling Song, Yimin Wu, Ziqiang Zeng (2015), GIS-modelling based coal-fired power plant site identification and selectionOriginal Research Article Applied Energy, Volume 159, 1 December 2015, Pages 520-539

13- Ljubomir Gigović, Dragan Pamučar, Darko Lukić, Slobodanka Marković (2016) GIS-Fuzzy DEMATEL MCDA model for the evaluation of the sites for ecotourism development: A case study of "Dunavski ključ" region, SerbiaOriginal Research Article Land Use Policy, Volume 58, 15 December 2016, Pages 348-365

14- Annet Kempenaar, Judith Westerink, Marjo van Lierop, Marlies Brinkhuijsen, Adri van den Brink (2016). "Design makes you understand"—Mapping the contributions of designing to regional planning and development" Landscape and Urban Planning, Volume 149, May 2016, Pages 20-30

15-Wei Gu*, Jian Guo, Ke Fan, Edwin H.W. Chan (2016). "Dynamic Land Use Change and Sustainable Urban Development in a Third-tier City within Yangtze Delta" Procedia Environmental Sciences 36 ( 2016 ) 98 – 105. www.sciencedirect.com

16- Mulliner E, Smallbone K, Maliene V (2013). "An assessment of sustainable housing affordability using a multiple criteria decision making method". Omega. **41** (2): 270–79.

17- Fosgerau, M., Frejinger, E., & Karlstrom, A. (2013). A link based network route choice model with unrestricted choice set.

Transportation Research Part B:Methodological, 56, 70–80. http://doi.org/10.1016/j.trb.2013.07.012

18- Aly MH, Giardino JR, Klein AG. 2005. Suitability assessment for New Minia City, Egypt: a GIS approach to engineering geology. Environmental & Engineering Geoscience, 11(3): 259-269.

19- Bojorquez-Tapia LA, Diaz-Mondragon S, Ezcurra E. 2001. GIS-based approach for participatory decision making and land suitability assessment. International Journal of Geographical Information Science, 15(2): 129-151.

20- Ishizaka and Labib A. 2009. Analytic Hierarchy Process and Expert Choice: Benefits and Limitations, ORInsight, 22(4): 201-220.

21- Janardhana Raju NT, Reddy VK and Munirathnam P. 2006. Subsurface dams to harvest rainwater- a case study of the Swarnamukhi River basin. Southern India. Hydrology Journal, 14:

22- Malczewski J. 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. International Journal of Geographical Information Science, 20(7): 703-726.

23- Oswald M. 2004. Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS. Computers and Geosciences, 30: 637-646.

24- Saaty TL. 1980. The Analytical Hierarchy Process. McGraw Hill, New York. 350 pp.

25- Saaty TL. 2000. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory. 2nd ed. Pittsburgh, PA: RWS Publications, p.11.

26- Saaty TL. 2002. Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. European Journal of Operational Research, 145: 85-91.

27- Svoray T, Bar P, Bannet T. 2005. Urban land-use allocation in a Mediterranean ecotone: Habitat Heterogeneity Model incorporated in a GIS using a multi-criteria mechanism. Landscape and Urban Planning, 72(4): 337-351.

28- Ying X, Zeng GM, Chen GQ, Tang L,Wang KL, Huang DY. 2007. Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of ecoenvironment quality-A case study of Hunan Province, China. Ecol Model, 209 (2-4): 97-109.