فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال پنجم، شماره ۱۷، بهار ۱۳۹۴
دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۰- پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۱۱
صص ۵۸- ۴۵

مکان‌یابی واحدهای صنایع چوب در استان خوزستان به روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (*ANP*) در محیط *GIS*

کاظم رنگزن: دانشیار گروه سنجش از دور و *GIS*، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
عظیم صابری: کارشناسی ارشد سنجش از دور و *GIS*، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
محسن بختیاری[۱]: دانشجوی دکتری سنجش از دور و *GIS*، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

توسعه‌ی صنعتی اگرچه تأثیراتی عظیم و انکارنشدنی بر تمامی جنبه‌های زندگی بشری از خود به جای گذارده است، ولی بعضاً عدم به‌کارگیری روش‌های هدفمند و مبتنی بر توسعه‌ی پایدار منجر به عدم تداوم توسعه و بحران‌های زیست‌محیطی شده است. یکی از مواردی که در این عرصه مورد غفلت واقع شده نحوه استقرار مکانی واحدهای صنایع می‌باشد. هدف این تحقیق بررسی قابلیت‌های روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای در مکان‌یابی واحدهای صنایع چوب استان خوزستان با تکیه بر توابع تحلیلی نرم‌افزار *GIS* است. عدم دقت در مکان‌یابی صنایع چوب کشور منجر به بروز مشکلاتی ناخواسته چون افزایش هزینه حمل و نقل و توقف خط تولید شده است. روش *ANP* با طبیعت شبکه‌ای خود در برخورد با مسائل چند معیاره از قبیل مکان‌یابی، پتانسیل قابل قبولی در انتخاب بهترین مکان بر مبنای داده‌ها و دقت به کارگیری شده دارد. در این مطالعه، با جویا شدن نظرات کارشناسی، عوامل مختلف دخیل در مکان‌یابی صنایع و فرآورده‌های چوبی از منابع گوناگون شناسایی و جمع‌آوری شدند و پس از اصلاحات لازم، وارد محیط *GIS* گردید. سپس لایه‌های اطلاعاتی با به کارگیری روش *ANP* جهت تعیین اوزان و رتبه‌های متناسب، با هم تلفیق شدند و نقشه‌ای تحت عنوان اولویت استقرار مکانی صنایع و فرآورده‌های چوبی استان خوزستان حاصل شد. این نقشه پس از تحلیل حساسیت لایه‌های ورودی تأیید شد. بر اساس نقشه حاصل، مناسب‌ترین مکان‌های احداث و توسعه‌ی صنایع چوب در حدود ۸ درصد مساحت استان را در برگرفته‌اند. این مطالعه قابلیت‌های بالای تحلیل‌های *GIS*، تصمیم گیری چند معیاره و روش تحلیل شبکه به علت برخورد شبکه‌ای با مسائل مکانی را در مکان‌گزینی صنایع به خوبی نشان می‌دهد و از طرفی برای آنالیز حساسیت نتایج، روشی بهبودیافته را به کار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: فرآیند تحلیل شبکه‌ای، مکان‌یابی صنایع چوب، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، خوزستان.

[۱]. نویسنده مسئول: *m.bakhtiari_rs@ut.ac.ir*، ۰۹۱۰۶۰۴۱۸۲۲

بیان مسأله:

توسعه‌ی صنعتی اگرچه تأثیراتی بس شگرف در تمامی جنبه‌های زندگی بشری و افزایش بهره‌وری از خود برجای گذارده است، اما اغلب به دلیل عدم به کارگیری روش‌های اصولی و مبتنی بر توسعه‌ی پایدار در به کارگیری مواد اولیه، لحاظ نکردن ویژگی‌ها و توان محیط‌زیست به عنوان بستر توسعه و عدم توجه و تقابل منطقی با آلودگی‌های حاصل، بروز بحران‌های زیست‌محیطی و عدم تداوم منافع اقتصادی در درازمدت را باعث شده است (کمالی و همکاران، ۱۳۸۹: ۳۴). صنایع در آغاز در مسیر جریان‌های آب و یا نقاط سقوط آن ایجاد می‌شدند و از آب به عنوان منبع انرژی استفاده می‌شد. بعدها تا سال‌های ۱۹۳۰ میلادی، آب به استثنای برخی از رشته‌ها مانند صنایع شیمیایی، ذوب فلز و جز آن، شرط اساسی رشد صنعت نبود (پولاددژ، ۱۳۶۵: ۳۸). در شروع دوران انقلاب صنعتی، به نظر می‌رسید که صنایع فقط می‌توانند در مجاورت یا نزدیکی مراکز تولیدات سنگین به ویژه معادل زغال سنگ توسعه یابد. در حالی‌که پیشرفت‌های اخیر، صنعت را بیش از گذشته ملزم به استقرار در مکانی با جمیع شرایط مورد نظر نموده است. در واقع الگوی توسعه‌ی صنعتی در کشورهای مختلف جهان متفاوت است و این تفاوت به دلیل گوناگونی امکانات دسترسی به منابع، موقعیت و اندازه‌ی بازارهای داخلی، موقعیت جغرافیایی کشور، اهداف، سیاست‌ها و راهبردهای ملی است. ایران از جمله کشورهایی است که از نظر شاخص ماده اولیه و دیگر عوامل مؤثر در تعیین محل استقرار واحدهای صنایع چوب با محدودیت‌هایی روبروست. از آنجا که در گذشته محل استقرار واحدهای صنایع چوب به درستی انتخاب نشده و اغلب انتخاب محل استقرار واحدها فقط تابع عامل بازار مصرف محصول بوده است، این گونه واحدها پس از مستقر شدن و شروع بهره‌برداری با مشکلات عدیده‌ای چون افزایش ضایعات مربوط به ماده اولیه، افزایش هزینه حمل و نقل، توقف خط تولید و در مواردی با تعطیلی کامل مواجه شده‌اند (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۵).

استقرار و مکان‌یابی صحیح و علمی در مناطق گوناگون یک کشور نیازمند درک صحیح از مفهوم مکان در گام اول و سپس بررسی، مطالعه و دست‌یابی به معیارهایی است که در انتخاب محل بهینه برای مکان‌یابی باید مدنظر قرار گیرند؛ لذا مسئله مکان‌یابی با لحاظ نمودن توان بالقوه‌ی محیط پیرامون برای احداث صنایع یکی از مهم‌ترین راه‌کارها برای حرکت در مسیر توسعه همه جانبه می‌باشد (عظیمی‌حسینی و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۳). سیستم‌های بسیاری برای طراحی کاربری اراضی و مدیریت منابع طبیعی در احداث و توسعه صنایع در سطوح شهری، منطقه‌ای، استانی یا ملی توسعه یافته‌اند. اغلب این سیستم‌ها بر مبنای داده‌های مکانی و نقشه‌های موجود یا داده‌ها و اطلاعاتی که قابل تبدیل به نقشه هستند، شکل گرفته‌اند. کامل‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین نوع این سیستم‌ها که شامل گردآوری، ذخیره‌سازی، پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌هایی که مرجع مکانی و جغرافیایی دارند و در نهایت تولید خروجی‌های مناسب (به صورت نقشه، جدول و گزارش) از این داده‌ها را فراهم می‌سازند، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (*GIS*) هستند (کمالی و همکاران، ۱۳۸۹: ۸۷). آرنوف[1] (۱۹۸۹)، *GIS* را به عنوان سیستم رایانه‌ای قلمداد می‌کند که با استفاده از آن می‌توان مجموعه‌ای از قابلیت‌های نرم‌افزاری را به منظور ورود، تبدیل و تحلیل داده‌ها اعمال و در نهایت اطلاعات خروجی را به روش‌های مختلف به کار گرفت.

فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی یا *GIS* به واسطه توابع تحلیل مکانی و توصیفی متنوع، بستر مناسبی را جهت شناسایی بهترین مکان‌ها به منظور احداث و توسعه واحدهای صنعتی گوناگون از جمله صنایع چوب در اختیار قرار می‌دهد. آنالیزهای پیچیده با مجموعه داده‌های مختلف مکانی و غیر مکانی بصورت توأم از مهم‌ترین قابلیت‌های

1 . Aronoff

GIS می‌باشد (عظیمی‌حسینی و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۳). از سوی دیگر برای تصمیم‌گیری در مورد مسئله‌ی مکان- گزینی احداث و توسعه‌ی صنایع چوب در محیط GIS می‌توان از شیوه‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری از جمله فرآیند تحلیل شبکه به منظور تعیین اولویت‌های عوامل موثر در مکان‌یابی سود برد. در این مطالعه مکان‌گزینی احداث و توسعه صنایع و فرآورده‌های چوب استان خوزستان با روش تحلیل شبکه در محیط GIS به همراه تحلیل حساسیت نتایج آن، اجرا شده است.

مبانی نظری و پیشینه تحقیق:

از آنجا که در گذشته محل استقرار واحدهای صنایع چوب در حوزه‌های خاصی به درستی انتخاب نشده و اغلب انتخاب محل استقرار واحدهای بزرگ تولیدی در این بخش، تنها تابع شاخص بازار مصرف محصول بوده است؛ از این‌رو این گونه واحدها پس از احداث و بهره‌برداری با مشکلات عدیده‌ای همچون: افزایش ضایعات مربوط به ماده اولیه، افزایش هزینه حمل ماده اولیه به کارخانه، توقف تولید و بعضاً با تعطیلی کامل مواجه شده‌اند. سابقه تحقیقات و مطالعات در زمینه‌ی صنایع و موضوعات مرتبط، ریشه در تئوری‌های معروف مکان‌یابی دارد، که قدمت آن‌ها به قرن هفده میلادی می‌رسد. در روش‌های سنتی مکان‌یابی دو دیدگاه عمده قابل بررسی است، دیدگاه اقتصاددانان و دیدگاه جغرافی‌دانان، اقتصاددانان به طور کلی معیارهای اقتصادی را در گزینش مکان بهینه مدنظر قرار می‌دادند، از نظریه‌پردازان نامی این دیدگاه می‌توان به فون تونن (۱۸۲۶)، وبر (۱۹۰۹)، پلاندر (۱۹۳۵) و سایرین اشاره نمود. جغرافی‌دانان نیز عموماً دیدگاه‌های خود را با تکیه بر اهمیت مسائل جغرافیایی در گزینش مکان بهینه در قرن گذشته میلادی مطرح نمودند. از نظریه‌پردازان معروف این دیدگاه نیز می‌توان به والتر کریستالر (۱۹۲۳)، جرج ریتر (۱۹۵۵) و ریچارد هاشتون (۱۹۲۷) اشاره نمود (کمالی و همکاران، ۱۳۹۰: ۵۷). اما مطالعات نوین در این عرصه، هم‌زمان با پیشرفت علوم کامپیوتری به طور اعم و تکامل سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به طور اخص بوده است. در ادامه بعضی از مطالعات انجام گرفته، به اختصار مورد اشاره قرار می‌گیرد.

مک‌کالی و کال فیلد[1] (۱۹۹۰) مکان‌یابی بهینه یک کارخانه OSB[2] در ایالت آلاباما‌ی آمریکا را مطالعه نمودند. هدف تحقیق آن‌ها یافتن بهترین مکان برای احداث کارخانه در این ناحیه یا کمینه کردن هزینه‌های حمل الوار از مناطق تأمین چوب به مکان استقرار کارخانه، به علاوه هزینه‌های ترابری محصول ساخته شده از محل صنعت به بازار فروش بود. نتیجه‌ی کار آن‌ها نشان داد که بخش شمال مرکزی آمریکا می‌تواند به عنوان محل مساعدی برای احداث کارخانه فرض گردد. باتزیاس[3] و همکاران در سال ۲۰۰۵ پایگاه داده‌ای از دام‌ها را برای تخمین منابع گاز زیستی[4] (متان) و کود احشام تشکیل دادند. محاسبات بر مبنای داده‌های زمانی و مکانی یونان انجام گرفت. داده‌های ورودی شامل جمعیت گروه‌های دامی، فاکتورهای تولید و عوامل انرژی در طول یک دوره‌ی بیست و هشت ساله از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۸ بود و حاصل کار نیز از تخمین کود تولید شده، انرژی در دسترس و مقادیر گاز زیستی تشکل یافته بود.

برکس[5] و همکاران در سال ۲۰۰۳ در یک مطالعه‌ی موردی عوامل دخیل در شکست اجرایی پروژه‌های GIS در صنایع خرده‌فروشی انگلیس را بررسی نمودند؛ آن‌ها مدل مذکور را در شرکت Norway پیاده نمودند. این کمپانی در اجرای پروژه‌های GIS خود با شکست مواجه شده بود؛ آن‌ها به طور کلی فاکتورهای مهمی که بر پروسه‌ی اجرای

1- Mc Cauley and Caulfield
2- Oriented Strand Board
3- Batzias
4- Biogas
5 -Birks

GIS تأثیرگذار بود را کنکاش نمودند. الدراندلی[1] و همکاران (۲۰۰۳) برای مکان‌گزینی صنعتی از سیستم تصمیم-پشتیبان مکانی[2] بر مبنای COM[3] استفاده نمودند. COM استانداردی است که تعامل‌پذیری اجزای نرم‌افزار را با صادر کردن اجازه‌ی اجرا به قسمت‌های مختلف آن ارتقاء داده و می‌تواند به زبان‌های مختلف برنامه‌نویسی نوشته شود. آن‌ها در مطالعه‌ی خود سیستم‌های ES[4] و AHP[5] را با موفقیت به کمک COM تلفیق کردند و در پایان نتیجه گرفتند که با استفاده از COM مشکلات سنتی‌ای که در ارتباط با یکپارچه‌سازی چند بسته نرم‌افزاری پیش می‌آید، از مقابل برداشته می‌شود. مهاجری و همکاران (۲۰۱۰) به کمک روش AHP و آنالیزهای پوشش داده‌ای[6] به مکان‌گزینی ایستگاه راه‌آهن در مشهد پرداختند. آن‌ها در تحقیق خود، چهار معیار، ۲۶ زیرمعیار و ۵ گزینه را به کار بردند. مطالعه‌ی آن‌ها نشان داد که ارجحیت‌های محلی حاصل از روش AHP می‌تواند به عنوان خروجی‌های چندگانه مدل DEA تعریف شود. میشل[7] و همکاران (۱۹۹۸) به مکان‌یابی واحدهای صنایع و فرآورده‌های چوبی از قبیل کابینت، مبلمان و تولیدات ویژه پرداختند و در پایان نتیجه گرفتند که هزینه مهم‌ترین و عامل توزیع کم‌اهمیت‌ترین شاخص در انتخاب مکان مناسب این گونه صنایع بوده است.

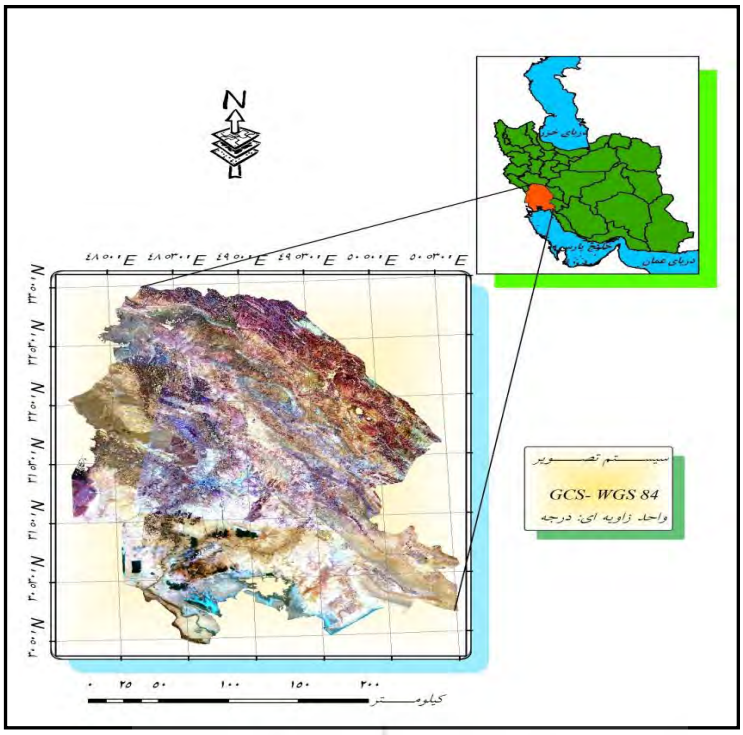
در زمینه تحقیقات داخلی؛ عزیزی و همکاران (۱۳۸۵)، شاخص‌های مؤثر در انتخاب محل استقرار واحدهای تخته چندلا و روکش، در سطح کشور، با استفاده از روش AHP را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نتیجه گرفتند که: شاخص‌های مربوط به ماده اولیه در مکان‌یابی این واحدها از بالاترین ارجحیت و سپس فاکتور تسهیلات اعطایی به خصوص در مناطقی از کشور که از سوی دولت به عنوان مناطق محروم شناخته شده‌اند دارای اهمیت بوده‌اند. آل-شیخ و همکاران (۱۳۸۸) با هدف تقویت مبانی تئوریک مکان‌یابی صنعتی به طور عام و مکان‌یابی واحدهای صنعتی استخراج فلزات استراتژیک به طور خاص، معیارها و محدودیت‌های مکان‌یابی واحدهای صنعتی استخراج فلزات استراتژیک را از جنبه‌های گوناگون مطالعه کردند و در نهایت مدل منطقی و علمی مبتنی بر روش‌های ارزیابی چند معیاره برای مکان‌یابی این قبیل صنایع را ارائه دادند.

مواد و روش تحقیق:

معرفی منطقه مورد مطالعه:

استان خوزستان با مساحت بالغ بر ۶۳۶۳۳ کیلومترمربع در جنوب غربی ایران، در محدوده طول جغرافیایی ´۴۱ °۴۷ تا ´۲۶ °۵۰ شرقی و عرض جغرافیایی ´۵۴ °۲۹ تا ´۵۹ °۳۲ شمالی واقع شده است. جمعیت این استان بر اساس سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵، ۴۲۷۴۹۷۹ نفر گزارش شد. استان‌های هم‌جوار استان خوزستان شامل لرستان، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری، ایلام و بوشهر می‌باشند. (شکل شماره ۱).

1-Eldrandaly
2 -Spatial Decision Support System
3-Component Object Model
4- Expert Systems
5-Analytical Hierarchy Process
6- Data Envelopment Analysisi (DEA)
7- Michael



شکل ۱- موقعیت استان خوزستان به عنوان منطقه مورد مطالعه

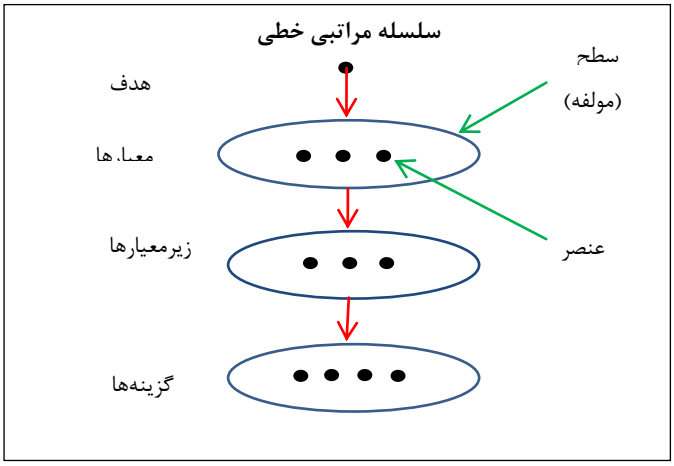
روش فرآیند تحلیل شبکه:

روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] شامل یک سری از تکنیک‌ها می‌باشد، که اجازه می‌دهد طیفی از معیارهای وابسته به یک مسئله، امتیازدهی و وزن‌دهی شده و سپس به وسیله‌ی کارشناسان و گروه‌های زینفع رتبه‌بندی گردند (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۶: ۸). فرآیند تحلیل شبکه‌ای یا *ANP*[2] یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که توسط توماس ساعتی و بر پایه‌ی روش تحلیل سلسله مراتبی و به منظور ارتقاء قابلیت‌های این تکنیک در سال ۱۹۹۶ معرفی گردید (حاله و همکاران، ۱۳۸۹: ۹). بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری نمی‌توانند به صورت سلسله‌مراتبی ساخته شوند زیرا وابستگی‌ها در جهت‌های دیگری غیر از وابستگی پایین به بالا (وابستگی عناصر سطح پایین به عناصر سطح بالا)، می‌تواند وجود داشته باشد. در این حالت، علاوه بر اینکه اهمیت معیارها در اولویت‌بندی گزینه‌ها نقش دارند (مثل *AHP*) گزینه‌ها و به طور کلی عناصر سطح پایین‌تر نیز می‌توانند اوزان عناصر سطح بالاتر یا حتی هم‌سطح خودشان را تعیین نمایند.

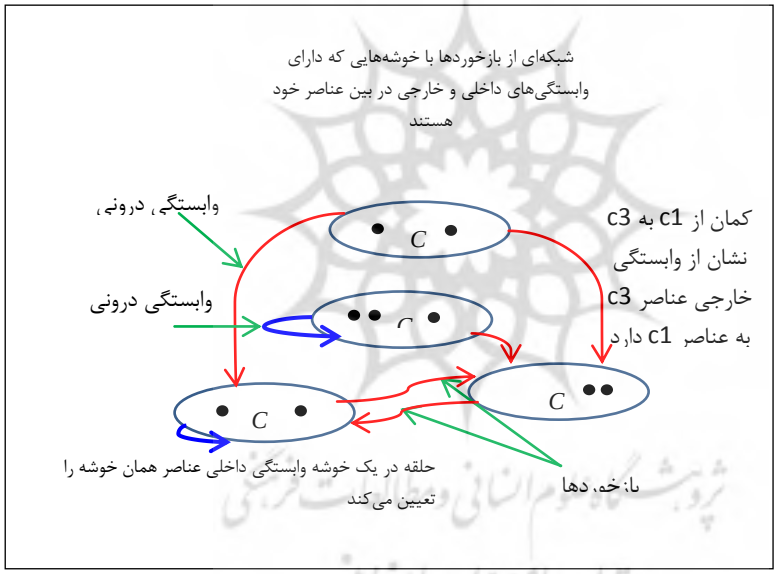
روش *ANP* تعمیمی از *AHP* است، ساختار اساسی یک شبکه از تأثیر خوشه‌ها و گره‌هایی[3] که در خوشه‌ها قرار دارند، تشکیل شده است. ارجحیت‌ها هم مانند *AHP*، با مقایسات و قضاوت‌های زوجی تعیین می‌گردند، یک سلسله‌مراتبی از یک هدف، سطوح عناصر و ارتباطات بین آن‌ها تشکیل شده است، جهت اتصالات فقط از عناصر سطح پایین‌تر به سوی عناصر بالاتر برقرار است، یک شبکه دارای خوشه‌هایی از عناصر است که عناصر یک خوشه به عناصر خوشه‌های دیگر متصل می‌شوند (وابستگی خارجی)، یا با عناصری از خوشه‌ی خودشان تقابل دارند (وابستگی داخلی). یک حفره[4] در شبکه، مقصد مسیرهای تأثیر یا اهمیت از دیگر گره‌ها را نشان می‌دهد و خود نمی‌تواند آغاز این مسیرها باشد. یک منبع در شبکه، منشا و آغاز راه‌های نفوذ و تأثیر بر گره‌های دیگر را تعیین می‌نماید و هرگز

1- Multi-Criteria Decision Making
2- Analytical Network Process
3- lusters and Nodes
4- Sink

نمی‌تواند مقصد یا حفره‌ی چنین مسیرهایی باشد (*Saaty, 2005: 18*). در شکل‌های شماره ۲ و ۳ روش‌های *AHP* و *ANP* با هم مقایسه شده‌اند.



شکل ۲- فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و اجزای آن



شکل ۳- فرایند تحلیل شبکه ای و اجزای آن

به طور کلی *ANP* تمامی ویژگی‌های مثبت *AHP* یعنی سادگی، انعطاف‌پذیری، به کارگیری هم‌زمان معیارهای کمی و کیفی و امکان کنترل سازگاری‌ها را داراست. ضمن اینکه می‌تواند ارتباطات پیچیده (وابستگی‌های متقابل و بازخورد) میان عناصر خوشه‌های مختلف یا عناصر یک خوشه را با جایگزین‌کردن ساختار شبکه‌ای به جای ساختار سلسله‌مراتبی دخالت دهد. اولین قدم در روش *ANP*، مشخص کردن مسئله‌ی تصمیم‌گیری و تبدیل آن به یک ساختار شبکه‌ای است. بعد از تعریف مسئله و ساختن شبکه، ماتریس‌های مقایسه زوجی سطوحی از عناصر که مستقل‌اند باید ایجاد شود، در گام بعدی ابرماتریس که ابزاری برای نشان دادن ارجحیت‌های کلی در شبکه است، باید تشکیل شود. قدم بعدی هم اولویت‌بندی و انتخاب گزینه‌های برتر است.

تعریف مسئله و تشکیل شبکه:

موضوع یا مسئله باید به طور واضح و روشن به یک سیستم منطقی مانند شبکه تبدیل شود. عناصر درون یک خوشه ممکن است با عناصری از خوشه‌های دیگر مرتبط باشند (وابستگی بیرونی) همچنین ممکن است، عناصر درون یک خوشه یا گروه، نسبت به هم دارای وابستگی متقابل (وابستگی درونی) باشند. هنگام تبدیل مسئله به ساختار شبکه‌ای باید این اتصالات را در نظر گرفت و لحاظ نمود.

ایجاد ماتریس‌های مقایسه زوجی و استخراج بردارهای اولویت:

مانند مقایسات زوجی که در AHP انجام می‌گیرد. عناصر تصمیم، در هر یک از خوشه‌های شبکه بر اساس میزان اهمیتی که در ارتباط با معیارهای کنترلی[1] دارند، به صورت دو به دو مقایسه می‌گردند. خوشه‌ها نیز بر اساس نقش و تأثیری که در ارضاء کردن هدف مسئله دارند، مقایسه زوجی می‌گردند. ارتباطات متقابل میان عناصر یک خوشه هم باید به صورت زوجی مقایسه شوند. اهمیت نسبی عناصر در ماتریس‌های مقایسه زوجی بر اساس روش بردار ویژه[2] (رابطه شماره ۱) تعیین می‌شود. درجه‌ی اهمیت نسبی عناصر در مقایسه‌های زوجی بر اساس مقیاس نه کمیتی ساعتی قابل سنجش است. (جدول شماره ۱).

جدول ۱- مقیاس نه کمیتی برای محاسبه ارجحیت‌ها در مقایسات

عبارت زبانی برای تعیین ارجحیت	مقدار عددی
ارجحیت یا اهمیت کامل و مطلق	۹
ارجحیت یا اهمیت خیلی قوی	۷
ارجحیت یا اهمیت قوی	۵
ارجحیت یا اهمیت کم	۳
ارجحیت یا اهمیت برابر	۱
برای ترجیحات بین عبارت‌های فوق	۲، ۴، ۶ و ۸

$$A \times W = \lambda_{\max} . W$$ رابطه ۱

در رابطه‌ی بالا، A ماتریس مقایسه زوجی، W ماتریس اوزان یا همان بردار ویژه و $\lambda_{\max}$ بزرگترین مقدار ویژه ماتریس می‌باشد.

تشکیل ابرماتریس‌های مختلف:

به منظور استخراج بردارهای اولویت مربوط به وابستگی‌های داخلی عناصر هر خوشه، و نیز وابستگی‌های خارجی عناصر خوشه‌های مختلف، تمامی عناصر دارای وابستگی‌های داخلی و خارجی نسبت به تک تک عناصر مرتبط دیگر خوشه‌ها مقایسه زوجی می‌شوند. برای محاسبه وزن نهایی، بردارهای وزن‌های محلی که از مقایسات زوجی عناصر مختلف دارای اتصالات خارجی و داخلی حاصل شده‌اند، وارد ماتریسی که به ابرماتریس ناموزون[3] معروف است، می‌شوند. به عبارت دیگر ورودی‌های این ماتریس را وزن‌های به دست آمده از مقایسات زوجی مرحله‌ی قبل تشکیل می‌دهند. سپس وزن‌های حاصل از مقایسات زوجی خوشه‌ها در ماتریس دیگری که ماتریس خوشه‌ای[4] نام دارد، قرار

1- Control Criteria
2- Eigen Vector
3- Unweighted Super Matrix
4- Cluster Matrix

می‌گیرند. ابعاد این ماتریس، قاعدتاً باید با تعداد خوشه‌ها برابر باشد. با ضرب این ماتریس در ابرماتریس ناموزون، به گونه‌ای که وزن خوشه‌ها در عناصر یا گره‌های متناظر ضرب شود. ابرماتریس موزون[1] به دست می‌آید که ماتریسی تصادفی و نرمال است یعنی جمع هر ستون آن واحد می‌باشد (*Saaty, 2005: 21*). در گام نهایی هم، ابرماتریس موزون به توان k رسانده می‌شود تا جایی که تمام ستون‌های آن برابر شوند (رابطه۲). k عددی طبیعی است. ماتریسی که با این راه به دست می‌آید. ماتریس حد[2] نام دارد. البته در مواقعی که عنصری بنا به نوع مسئله و چگونگی اتصالات، فقط به عنوان منبع عمل کند و نقش حفره را نداشته باشد، اعداد زیر ستون آن در ابرماتریس موزون و ماتریس حد صفر خواهند بود.

$$W_L = \lim_{K\to\infty} W^K$$ رابطه۲

در رابطه‌ی ۲، W_L و W به ترتیب ماتریس حد و ابرماتریس موزون را نشان می‌دهند. اعداد هرکدام از ستون‌های ماتریس حد وزن‌نهایی و قابل استخراج گره‌ها را نشان می‌دهند.

اولویت بندی و انتخاب گزینه‌های برتر:

پس از به توان رساندن ماتریس موزون و ایجاد ماتریس حد که دارای ستون‌های برابر یا ستون‌های صفر (در مواقعی که گره فقط به عنوان منبع عمل نماید) می‌باشد. اعداد هر کدام از ستون‌های غیرصفر، اهمیت کلی عوامل مورد مقایسه را نشان می‌دهد. به طور کلی جمع اوزان هر کدام از این ستون‌ها برابر یک می‌باشد.

داده‌های تحقیق:

مکان‌یابی صنایع چوب و فرآورده‌های آن متأثر از عوامل متعددی است. اما همه‌ی آن‌ها، برای پیاده‌سازی ساده‌تر روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای در پنج دسته یا خوشه‌ی «طبیعی و محیط زیست»، «پشتیبانی تولید»، «حمل و نقل»، «قوانین و مقررات» و «انرژی» قرار داده شدند. لازم به ذکر است که این عوامل با توجه به شرایط منطقه‌ای و نیز بر اساس دیدگاه کارشناسان و مطالعه‌ی منابع مرتبط انتخاب شدند. هر کدام از این خوشه‌ها خود شامل لایه‌های اطلاعاتی دخیل در فرآیند مکان‌گزینی صنایع چوب بودند. سپس با استفاده از نرم‌افزار *SuperDecisions* اولویت لایه‌های مؤثر بر مبنای پرسش‌نامه‌های تکمیل‌شده توسط صاحب‌نظران، تعیین شد. از طرفی هرکدام از لایه‌ها پس از مشورت با کارشناسان صنایع و صاحب‌نظران اقتصادی، در محیط *GIS* به کلاس‌هایی با اوزان گوناگون طبقه‌بندی شدند. در نهایت با تلفیق پارامترها با توجه به اهمیت‌های منتج از روش *ANP* و اولویت‌های تعیین شده برای کلاس‌های هر پارامتر، نقشه‌ی پیشنهادی مکان‌های مساعد جهت احداث صنایع چوب و فرآورده‌های چوبی، تعیین شد و با آنالیز حساسیت لایه‌های دخیل در تحلیل‌ها، مکان‌های پیشنهادی تعیین شده توسط فرآیند تحلیل شبکه‌ای، در هر یک از پارامترها مورد بررسی قرار گرفت.

لایه‌های اطلاعاتی:

مکان‌یابی صنایع چوب به پارامترها و لایه‌های متفاوت با اهمیت‌های مختلفی وابسته است، و بر اساس مقیاس مطالعاتی، که در سطح استان خوزستان بود، دیدگاه‌های متخصصان و مطالعه و بررسی منابع و مراجع گوناگون، بیست لایه‌ی منابع آب‌ها، خطوط انتقال سوخت، خطوط انتقال برق، ارتفاع، شتاب زلزله، صنایع چوب و فرآورده‌های چوبی موجود، صنایع مکمل صنعت چوب، مواد اولیه کارخانه‌های فرآوری چوب، فاصله از مناطق مسکونی، خطوط راه آهن، بزرگراه‌ها و جاده‌های ترانزیت، جاده‌های اصلی، شیب، گسل‌ها، فاصله از شهرک‌های صنعتی، فاصله از مراکز حساس، معافیت‌های مالیاتی، پوشش زمین، بازار مصرف و نیروی کار پس از جمع‌آوری از منابع گوناگون و انجام

1- Weighted Super Matrix
2- Limit Matrix

اصلاحات اساسی، در قالب پایگاه داده‌ی زمین مرجع واحدی وارد محیط نرم‌افزار *ArcGIS* شدند، پایگاه داده‌ی مذکور یک مدل توپولوژیکی کامل از کلاس‌های عارضه است. این مدل، با پشتیبانی از شبکه‌های پیچیده، توپولوژی‌ها، رابطه‌ی بین کلاس‌های عارضه و مفاهیم شیءگرایی گسترش یافته، طوری که موجودیت‌ها را به عنوان یک شیء با صفات، رفتار و روابط خاص نمایش می‌دهد. این مدل، انواع گروه‌های مختلف اشیاء مکانی را درون یک سیستم، ساخته و پشتیبانی می‌کند. گروه‌های مختلف قابل استفاده شامل شیء ساده، عارضه‌های جغرافیایی، عارضه‌های شبکه، عارضه‌های وابسته به توپولوژی و ... می‌باشند. همچنین پایگاه داده‌ی زمین مرجع به کاربر اجازه می‌دهد که روابط بین اشیاء و قوانین نگهداری خواص توپولوژی بین آن‌ها را تعریف کند (*Booth, 2002: 74*).

پارامترهای خطوط انتقال سوخت و خطوط برق با اسکن کردن نقشه‌های کاغذی حاوی این عوارض، به صورت برداری وارد *GIS* شدند. سپس فاصله اقلیدسی[1] از این تأسیسات به صورت رستری تهیه شد و با نظر کارشناسی در طبقاتی با امتیازات متفاوت طبقه‌بندی مجدد گشتند. لایه‌های صنایع چوب و فرآورده‌های چوبی موجود، صنایع مکمل صنعت چوب و شهرک‌های صنعتی بر اساس داده‌های سازمان صنایع استان خوزستان و وارد کردن آن‌ها، به صورت نقاطی به محیط *GIS* آماده شدند و فاصله از این عوارض به صورت رسترهایی تهیه شد و براساس طبقه‌بندی دوباره، به هرکدام از کلاس‌ها اهمیت ویژه‌ای تعلق گرفت. نقشه‌های خطوط راه آهن، بزرگراه‌ها و جاده‌های ترانزیت و جاده‌های اصلی از نقشه‌ی راه‌های استان خوزستان با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ تهیه گردید و پس از اعمال تابع فاصله اقلیدسی، با طبقه‌بندی مجدد و دادن اوزان متناسب بر مبنای آرای کارشناسی، برای تلفیق نهایی آماده شدند.

مدل رقومی ارتفاع (*DEM*) منطقه مورد مطالعه از نقشه‌های توپوگرافی سازمان نقشه‌برداری با فرمت *DGN* در محیط *GIS* استخراج شد. لایه شیب با مشتق‌گیری از لایه رستری ارتفاع ایجاد گردید. لایه شتاب زلزله بر اساس نقشه شتاب زلزله پژوهشکده سوانح طبیعی رقومی گردیده و به محیط *GIS* وارد شد. نقشه کاربری زمین و مواد اولیه کارخانه‌های فرآوری چوب با استفاده از ترکیب کاذب رنگی حاصل از باندهای ۴۳۲ و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای *ETM+* و نقشه‌های پوشش گیاهی موجود در سازمان آب و برق استان خوزستان تهیه شد. نقشه فاصله از گسل‌ها با اجرای فیلتر سمتی[2] بروی تصویر ماهواره‌ای *ETM+* و استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی جهت استخراج گسل‌های منطقه و در نهایت با محاسبه فاصله اقلیدسی از گسل‌ها بدست آمد.

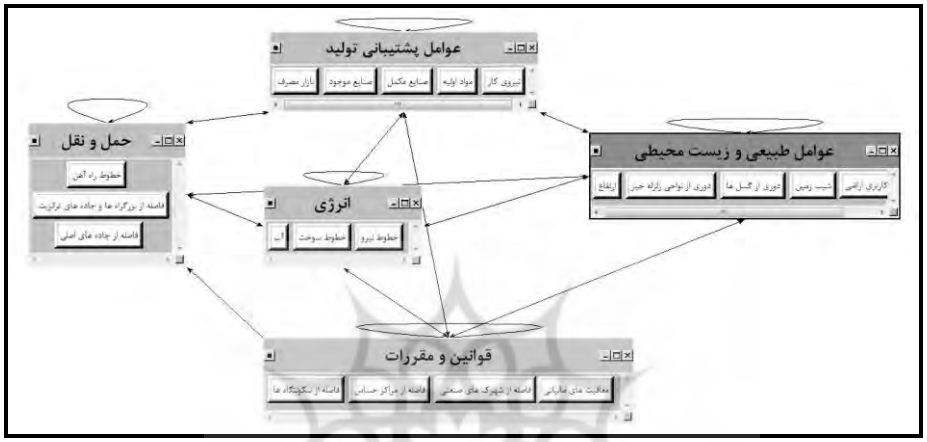
فاصله از مراکز حساسی چون چاه‌های عمیق و نیمه عمیق، دریاچه‌های پشت سدها، مناطق حفاظت شده، تالاب‌ها و اثرات طبیعی ملی و آثار تاریخی بر اساس نقشه‌های گردشگری مقیاس ۱/۵۰۰۰۰۰ استان و حداقل فواصل مجاز که در الزامات قانونی «ضوابط و معیارهای استقرار صنایع» مربوط به معاونت محیط زیست انسانی سازمان حفاظت محیط زیست، ذکر شده و بهره جستن از نظرات کارشناسی به صورت رستری تهیه گردید. نقشه‌ی منابع آب‌های سطحی هم از نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای استخراج گردید و با اعمال تابع فاصله اقلیدسی، فاصله از این عوارض به صورت رستری آماده شد. لایه‌ی فاصله از مناطق مسکونی با اعمال تابع فاصله از نقشه‌ی مناطق مسکونی حاصل از *Google Earth* وارد *GIS* گشت. نقشه‌ی معافیت‌های مالیاتی بر مبنای تبصره‌ی ۲ ماده‌ی ۱۳۲ قانون معافیت‌های مالیاتی وزارت صنایع و معادن و به صورت رستری با دو ارزش پس از مشورت با کارشناسان صنایع تهیه شد. لایه‌ی بازار مصرف بر اساس داده‌های «مرکز آمار ایران» مربوط به جمعیت شهرستان‌های خوزستان در سال ۱۳۸۵، به دست آمد و بر پایه‌ی جمعیت فعال و شاغل شهرستان‌ها برگرفته از مرکز آمار،

1- Euclidean Distance
2 - Directional

درصد بیکاری محاسبه شد، سپس با طبقه‌بندی و اختصاص دادن مقادیر برگرفته از آرای کارشناسان، نقشه‌ی نیروی کار حاصل گشت.

پردازش و تلفیق داده‌ها:

اولویت‌های بیست لایه‌ی دخیل در مکان‌یابی با روش *ANP* به کمک نرم‌افزار *SuperDecisions* تعیین شد. ابتدا بر اساس نوع ارتباطات داخلی یا خارجی مدل شبکه در محیط نرم‌افزار تشکیل شد؛ در این صورت پیکان‌ها جهت اتصالات و وابستگی‌های خارجی میان گره‌های دو یا چند خوشه را نشان می‌دهند و وابستگی‌های داخلی که ارتباط بین معیارهای داخل یک خوشه را تعیین می‌نمایند، هم به وسیله‌ی حلقه‌هایی نشان داده می‌شوند. (شکل شماره ۴).



شکل ۴- مدل فرایند تحلیل شبکه ای در نرم افزار *SuperDecisions*

در قدم بعد وزن‌های محلی عوامل مؤثر و خوشه‌های پنج‌گانه‌ی حاوی آن‌ها تعیین گشت، این اهمیت‌های نسبی با مقایسه زوجی و بهره جستن از نظرات کارشناسی مانند روش *AHP* تعیین شدند؛ سپس این اولویت‌ها به ترتیب وارد ابرماتریس ناموزون و ماتریس خوشه‌ای شدند. (جدول شماره ۲). پس از ضرب ماتریس خوشه‌ای در ماتریس ناموزون به طوری‌که اهمیت هر خوشه در گره‌های متناظر خود ضرب گردد، ابرماتریس موزون حاصل گشت و در نهایت ماتریس حد از به توان رساندن ابرماتریس موزون به دست آمد. در این ماتریس همه ستون‌ها با هم برابر بودند و مقادیر ستونی، اولویت‌های عوامل تأثیرگذار بر مکان‌یابی صنایع چوب و فرآورده‌های چوبی را تعیین می‌نمود (جدول شماره ۳).

جدول ۲- مقادیر ماتریس خوشه ای پنج گروه عوامل عمده

انرژی	حمل و نقل	عوامل طبیعی و زیست محیطی	عوامل پشتیبانی تولید	قوانین و مقررات
۰/۳۰۹۳	۰/۱۹۵۹	۰/۲۱۵۵	۰/۱۲۳۶	۰/۱۵۱۲
۰/۱۹۴۲	۰/۱۶۰۷	۰/۱۸۹۲	۰/۱۴۲۴	۰/۱۶۰۳
۰/۱۱۹۷	۰/۰۷۷۸	۰/۴۲۶۸	۰/۰۶۹۴	۰/۰۹۲۸
۰/۲۱۰۵	۰/۵۶۵۴	۰/۱۰۴۴	۰/۵۶۹۲	۰/۴۵۸۴
۰/۱۶۶۱	۰	۰/۰۶۳۸	۰/۰۹۵۲	۰/۱۳۷۰

منبع: یافته های تحلیلی تحقیق، ۱۳۹۲.

جدول ۳- اهمیت کلی لایه های به کار رفته برای مکان یابی جدول

عوامل مکان‌یابی	درجه اهمیت	عوامل مکان‌یابی	درجه اهمیت
آب	۰/۱۴۵۰	کاربری اراضی	۰/۱۱۱۲
خطوط سوخت	۰/۰۳۵۵	بازار مصرف	۰/۰۴۹۲
خطوط نیرو	۰/۰۷۴۳	صنایع موجود	۰/۰۶۸۹
خطوط راه آهن	۰/۰۱۹۶	صنایع مکمل	۰/۰۴۸۰
فاصله از بزرگراه ها و جاده های ترانزیت	۰/۰۷۲۵	مواد اولیه	۰/۰۸۵۱
فاصله از جاده های اصلی	۰/۰۴۴۷	نیروی کار	۰/۰۳۹۴
ارتفاع	۰/۰۳۷۹	فاصله از سکونتگاه ها	۰/۰۳۹۴
دوری از نواحی زلزله خیز	۰/۰۱۳۴	فاصله از شهرک های صنعتی	۰/۰۲۷۷
دوری از گسل ها	۰/۰۳۲۵	فاصله از مراکز حساس	۰/۰۰۸۶
شیب زمین	۰/۰۳۲۹	معافیت های مالیاتی	۰/۰۱۳۰

منبع: یافته های تحلیلی تحقیق، ۱۳۹۲.

وزن، اهمیت نسبی میان فاکتورهایی مانند شیب، ارتفاع و پوشش زمین است، در حالی‌که رتبه ارجحیت کلاس‌های هر لایه نسبت به هم می‌باشد. مثلاً وقتی گفته می‌شود، لایه‌ی کاربری اراضی از لایه‌ی شیب جهت مکان‌یابی احداث صنایع اهمیت بیش‌تری دارد، وزن، اهمیت نسبی است، از طرفی اگر شیب ۳۰ درجه خطرناک‌تر از شیب ۵ درجه فرض شود، رتبه، تقدم نسبی می‌باشد. پس از تعیین اوزان لایه‌های مؤثر، طبقه‌بندی لایه‌ها به کلاس‌های مختلف بر مبنای نظرات صاحب‌نظران و کارشناسان با بهره جستن از مقایسات زوجی صورت پذیرفت. سپس در محیط GIS هم‌پوشانی لایه‌ها، بر مبنای رابطه شماره ۳ صورت پذیرفت.

$$Si = \sum FwFr$$

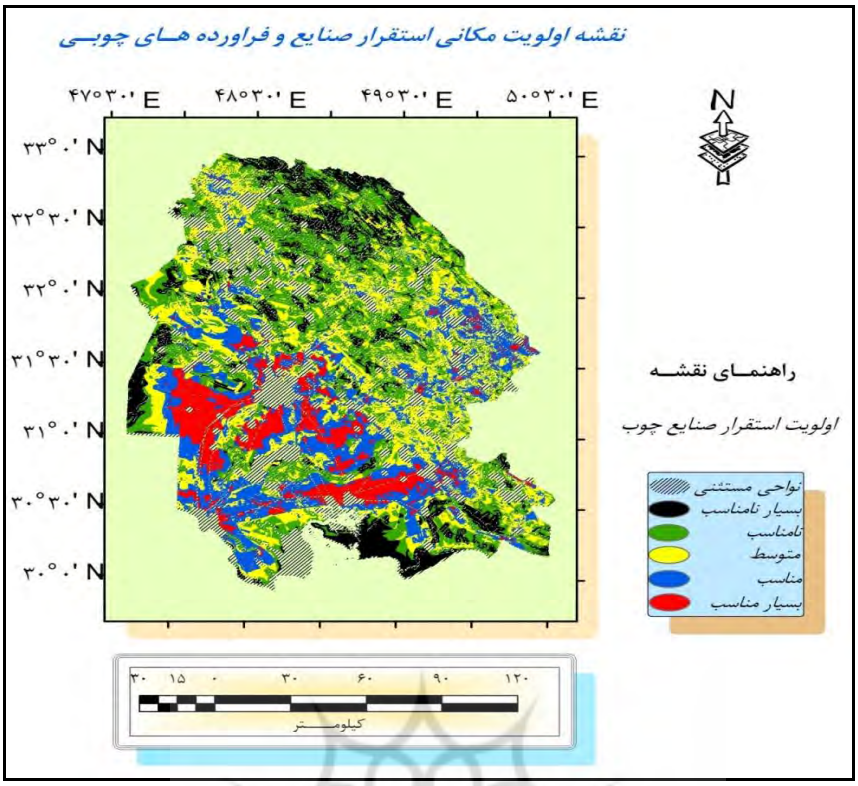
رابطه ۳

در رابطه‌ی بالا Si شاخص تناسب هر پیکسل از نقشه‌ی خروجی جهت احداث صنایع چوبی، Fw وزن لایه و Fr رتبه یا وزن کلاس هر لایه می‌باشد.

تجزیه و تحلیل یافته‌ها:

اولویت مکانی استقرار صنایع چوبی:

نقشه اولویت مکانی استقرار صنایع و فرآورده‌های چوبی استان خوزستان از تلفیق ۲۰ لایه‌ی معرفی شده، حاصل شد که این لایه ارجحیت مکانی استقرار صنایع چوب را در مقیاس استانی نشان می‌داد. در نهایت با انجام طبقه‌بندی مجدد، روی لایه‌ی خروجی و گسسته نمودن مقادیر پیکسل‌های آن، نقشه‌ی نهایی با ۶ کلاس«نواحی مستثنی»، «خیلی نامناسب»، «نامناسب»، «متوسط»، «مناسب» و «خیلی مناسب» ایجاد شد. (شکل شماره ۵). در جدول شماره ۴ نیز سهم کلاس‌های شش‌گانه به تفکیک مساحت و درصد آمده است. به طور کلی بهترین مکان‌ها برای احداث کارخانجات صنایع و فرآورده‌های چوبی بیش‌تر در جنوب غرب، جنوب و شرق استان خوزستان دیده می‌شوند و این مناطق در حدود ۷/۸۲ درصد از مساحت استان را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۵- نقشه اولویت مکانی استقرار صنایع و فرآورده های چوبی در استان

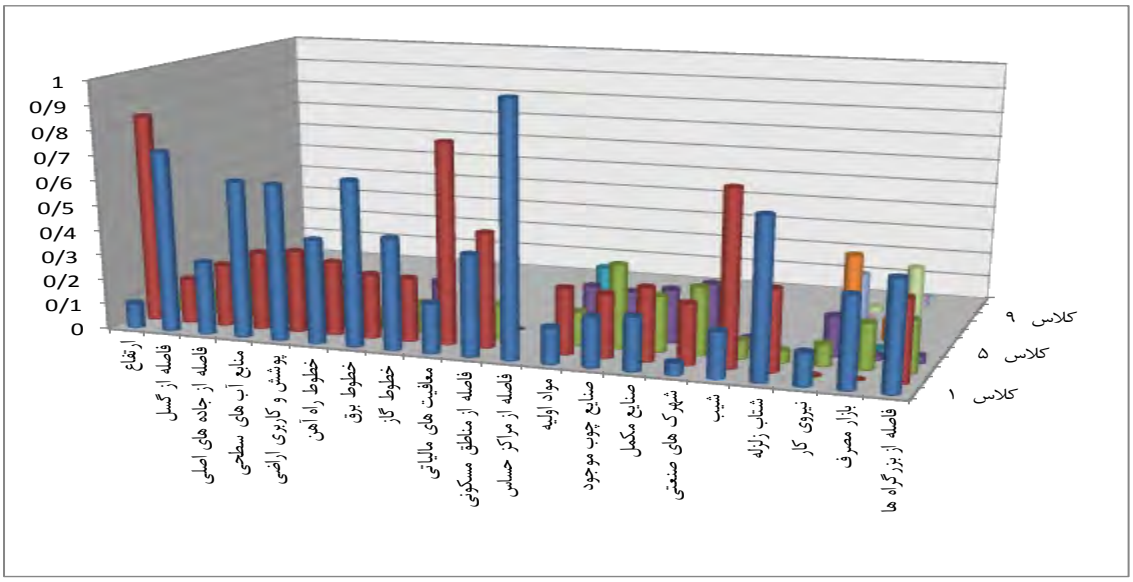
جدول ۴- مساحت کلاس های شش گانه در

کلاس‌ها	مساحت (KM)	(درصد)
نواحی مستثنی	۱۳۹۸۶/۵۳	۲۲/۳۰
خیلی نامناسب	۶۹۶۵/۹۷	۱۱/۱۰
نامناسب	۱۳۸۰۲/۱۲	۲۲/۰۱
متوسط	۱۲۷۷۸/۳۷	۲۰/۰۳
مناسب	۱۰۲۶۶/۶۴	۱۶/۳۷
خیلی مناسب	۴۹۰۳/۶۳	۷/۸۲

منبع: یافته های تحلیلی تحقیق، ۱۳۹۲.

آنالیز حساسیت لایه‌های ورودی:

در مطالعه‌ی حاضر فراوانی هر یک از کلاس‌ها هم، جهت تعدیل اثرات طبقه‌بندی لایه‌ها در نظر گرفته شد، به این ترتیب که درصد انطباق کلاس‌های هر لایه با عرصه‌ی خیلی مناسب استقرار صنایع چوب، بر فراوانی نسبی کلاس‌ها در آن لایه تقسیم شد و پس از نرمال کردن مقادیر حاصل، اعدادی بین ۰ تا ۱ به دست آمد، که میزان انطباق کلاس‌های هر لایه را با بهترین کلاس برای استقرار کارخانه‌ی فرآورده‌های چوبی نشان می‌داد. به طور کلی میزان انطباق بهترین کلاس‌های هر لایه با بهترین کلاس نقشه‌ی نهایی در حد قابل قبولی بود و با توجه به تعدد لایه‌ها، در ۱۱ لایه از ۲۰ لایه، مهم‌ترین کلاس بیش‌ترین درصد را به خود اختصاص داده است. (شکل شماره ۶).



شکل ۶ – نمودار آنالیز حساسیت پارامترهای دخیل در مکانیابی صنایع در استان

نتیجه‌گیری:

امروزه مکان‌یابی محل استقرار واحدهای صنایع چوب برای پیش‌گیری از وقوع مشکلاتی چون، افزایش ضایعات مربوط به ماده اولیه، افزایش هزینه حمل و نقل، توقف خط تولید و حتی تعطیلی کامل واحد صنعتی ضروری به نظر می‌رسد. اتصال *GIS* به روش‌های تصمیم‌گیری، برای حل مسائل خاص مکانی، نقطه‌ی تلاقی دانش خبره در زمینه‌ی موضوع خاص با قابلیت‌های رایانه‌ای به منظور اخذ تصمیم نهایی می‌باشد. با توجه به ماهیت مسئله مکان‌یابی صنایع چوب، شیوه *ANP* پشتیبانی‌های لازم را برای تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان در حل آن‌ها به عمل می‌آورد. به طور کلی استفاده صحیح از این روش در جهت تعیین اولویت عوامل تأثیرگذار در مکان‌یابی صنایع چوب و مقایسات زوجی برای تعیین رتبه‌های کلاس‌های هر لایه پس از جویا شدن آرا صاحب‌نظران، منجر به اخذ تصمیمات صحیح‌تری در انتخاب مکان‌های احداث این صنایع می‌گردد. پس از مکان‌یابی مشخص شد که مناسب‌ترین مکان برای احداث و توسعه صنایع چوب حدود ۷/۸۲ درصد سطح استان خوزستان را تشکیل می‌دهد که در غرب و جنوب استان متمرکزترند. یافته‌ها و جنبه‌های نوین این مطالعه اولاً در بررسی و کنکاش علمی مبتنی بر *GIS* و تصمیم‌گیری چندمعیاره مکان‌گزینی صنایع و فرآورده‌های چوب استان خوزستان نمایان شده است. ثانیاً در تحقیقات مشابه قبلی از شیوه‌های ساده انگارانه‌تر استفاده می‌شد که نمی‌توانست هم چون *ANP* ارتباطات واقعی و ملموس عوامل مؤثر بر تصمیم را انعکاس دهد. نهایتاً با در نظر گرفتن فراوانی خود کلاس‌ها در نقشه‌ی نهایی، اصلاح روش تحلیل حساسیتی که در کارهای قبلی استفاده شده بود، در دستور کار قرار گرفت؛ به این ترتیب که مقایسه کلاس مطلوب با مساعدترین کلاس، به جای مطلق، به صورت نسبی لحاظ شد.

منابع و ماخذ:

۱. آل شیخ، علی اصغر، هادوی، سیدمحمد مهدی، فرشچی، پروین و محمدرضا کمالی (۱۳۸۸): «تعیین معیارها و ارایه مدل مکان‌یابی واحدهای صنعتی استخراج فلزات استراتژیک با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره (*MCDA*) و فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی (*AHP*)»، همایش ژئوماتیک، تهران.

۲. پولاددژ، محمد (۱۳۶۵): مکان‌یابی و کارایی پروژه صنعتی، چاپ و نشر بنیاد، چاپ اول، تهران.

۳. حاله، حسن و حسن کریمیان (۱۳۸۹): «انتخاب مناسب‌ترین ساختار برای بهبود قابلیت اعتماد سیستم با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای (*ANP*)»، نشریه مهندسی صنایع و مدیریت تولید، شماره ۳، تهران، صص ۳۲-۲۴.
۴. حبیبی، کیومرث و جواد کوهساری (۱۳۸۶): «تهیه مدلی یکپارچه به وسیله تلفیق روش تصمیمگیری چند معیاره (*MCDM*) با *GIS* به منظور حل مسائل تصمیم گری در شهرسازی»، همایش ژئوماتیک، تهران.
۵. عزیزی، مجید، امیری، سعید و عزیزاله معماریانی (۱۳۸۵): «مطالعه مکان‌یابی واحدهای صنایع چوب (تخته چندلا و روکش) و شناسایی استان‌های مستعد کشور برای استقرار این صنعت»، مجله منابع طبیعی، شماره ۲، تهران، صص ۴۴۷ - ۴۵۶.
۶. عظیمی‌حسینی، محمد، نظری‌فر، محمدهادی و رضوانه مؤمنی (۱۳۹۰): کاربرد *GIS* در مکان‌یابی، انتشارات مهرجرد، مهرگان قلم، چاپ اول، تهران.
۷. فرجی سبکبار، حسنعلی، نصیری، حسین، حمزه، محمد، طالبی، سمیه و یوسف رفیعی (۱۳۹۰): «تعیین عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی برپایه‌ی تلفیق روش‌های *ANP* و مقایسه زوجی در محیط *GIS*، مطالعه موردی دشت گربایگان فسا»، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۴، اصفهان، صص ۱۶۶-۱۴۳.
۸.کمالی، محمدرضا، مهاجرزاده، سید محمد و رحیم معصومی (۱۳۸۹): اصول و معیارهای مکان‌یابی صنایع راهبردی، انتشارات مبنای خرد، تهران.
۹. مرکز آمار ایران (۱۳۸۵): سرشماری نفوس و مسکن شهرستانهای استان خوزستان، تهران.
10. *Aronoff, S. (1989): Geographic Information System: A Management Perspective, WDL Publication. Ottawa.*
11. *Batzias, F.A., Sidiras, D.K., Spyrou, E.K. (2005): Evaluating livestock manures for biogas production: a GIS based method. Renewable Energy, 30, pp: 1161-1176.*
12. *Birks, D.F. & Nasrin, S. (2003): Factors influencing GISproject implementation failure in the UK retailing industry. Journal of Information Management, 23, pp:73-82.*
13. *Booth, B., Crosier, S., Clark, J. & MacDonald, A. (2002): Building a Geodatabase GIS by ESRI. 380 New York Street. Redlands, CA 92373-8100, USA.*
14. *Eldrandaly, K., Eldin, N., and Sui, D. (2003): A COM-based spatial decision support system for industrial site selection, Journal of geographic information and decision analysis,14, pp: 72-92.*
15. *MacCauley C.K., Caulfield J.P. (1990): Using mixed integer programming to determine the optimal location for an oriented strandboard plant in Alabama, Forest Products Journal, 46, pp: 71-78.*
16. *Michael, J.H., Teitel, J., Granskong, and J.E.: (1998): Production facility site selection factors for Texas value-added wood producers. Forest Products Journal, 48, pp: 27-32.*
17. *Saaty, T. L., (2005): Theory and applications of analytic network process, Pittsburgh, PA: RWS Publications, 4922 Ellsworth Avenue, Pittsburgh.*
18. *Mohajeri, N & Gholam R. A.: (2010): Railway station site selection using hierarchy process and data envelopment analysis, computers and industrial engineering, 59, pp: 107- 114.*