پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۹، شماره ۱۷، بهار و تابستان ۱۳۹۷، از صفحه ۳ تا ۱۶

مکان‌یابی چند معیاری محل دفن مواد زاید ساختمانی با استفاده از رویکرد ANP فازی و WLC (مطالعه موردی: شهر گرگان)

سید علی تقی‌زاده دیوا*[۱]، عبدالرسول سلمان ماهینی[۲]

۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم محیط‌زیست، ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی، علوم و تحقیقات تهران
۲ دانشیار دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۱؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۰۳/۱۹)

چکیده

هدف از این تحقیق مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی شهر گرگان به کمک فرایند تحلیل شبکه، با تکیه بر معیارهای اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی است. معیارهای مورد بررسی شامل معیارهای اکولوژیکی (فاصله از آب‌های جاری، خاک، شیب، سطح آب‌های زیرزمینی، ارتفاع، تراکم پوشش گیاهی و سنگ‌بستر) و معیارهای اقتصادی و اجتماعی (فاصله از فرودگاه، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از جاده‌ها و فاصله از مناطق حفاظت شده) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی با استفاده از فرایند تحلیل شبکه (ANP) است. بر اساس نقش و تاثیر متفاوت این فاکتورها، نقشه عوامل موثر در محیط نرم‌افزار IDRISI تهیه شد. وزن معیارها با استفاده از تحلیل شبکه در محیط نرم‌افزار Super Decision انجام گرفت. همچنین، برای مدل‌سازی و تحلیل‌های فضایی و تلفیق و برهم نهی لایه‌ها از نرم‌افزار IDRISI استفاده شد. سپس، با تکیه بر دو روش فازی و بولین در رهیافت ترکیب خطی وزن داده شده (WLC) لایه‌ها با هم ترکیب شدند و نقشه قابلیت سرزمین برای محل دفع شهرگرگان به‌دست آمد. در نهایت، بر اساس روش شایستگی ناحیه‌ای سرزمین، پنج منطقه مناسب برای احداث دفن نخاله‌های ساختمانی برای بررسی‌های دقیق‌تر مشخص شد که این پنج منطقه در بخش شمال‌شرقی محدوده مورد مطالعه قرار گرفته‌اند که دارای ۶۳، ۶۰، ۵۷ ، ۵۷ و ۵۶ هکتار مساحت هستند.

کلید واژه‌ها: نخاله‌های ساختمانی، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، منطق فازی، ANP، ترکیب وزنی خطی (WLC)

*نویسنده مسئول
Email: satdiva@gmail.com

سرآغاز

در کشورهای در حال توسعه نخاله‌های ساختمانی بخش بزرگی از زباله‌های شهری را به خود اختصاص می‌دهند که علاوه بر هزینه بسیار برای دفع آن، عواقب نامطلوبی بر محیط‌زیست نیز دارند (بلوری بزاز و زنجانی، ۱۳۸۹). نخاله‌های ساختمانی بخش عمده‌ای از مواد زاید جامد شهری هستند که از لحاظ وزنی حدود ۳۰- ۱۵٪ کل زایدات جامد را تشکیل می‌دهند (Karl & Balt, 2000; Nabil et al., 2004). اگرچه نخاله‌های ساختمانی ممکن است به اندازه زایدات خطرناک یا سایر مواد زاید جامد شهری خطر محیط‌زیستی نداشته باشند، ولی حجم زیاد آن‌ها مشکل عمده‌ای را برای بسیاری از جوامع از لحاظ کاهش ظرفیت محل‌های دفن و بر جای ماندن غیرقانونی مواد زاید ایجاد می‌کند (Games et al., 2004). محدود بودن منابع و حفظ محیط‌زیست، لزوم بازیافت مواد و مصالح را اجتناب‌ناپذیر کرده بود. نخاله‌های حاصل از ساخت و ساز وتخریب، پتانسیل مناسبی برای بازیافت دارند یکی از راهکارها در مدیریت مصالح این گونه آوارها، بازیافت و استفاده مجدد آنهاست. امروزه اکثر حجم نخاله‌های ساختمانی در کشورهای صنعتی ترکیبی از بتن است اما در ایران آمارها نشان می‌دهند که بیشتر ساختمان‌های ساخته شده در دهه ۵۰ و قبل از آن، در دست تخریب است که عمدتا از نوع بنایی (آجرنما یا سقف طاق ضربی) بوده و به ندرت با اسکلت بتنی می‌باشند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۳). ترکیب اصلی نخاله‌های ساختمانی که امکان بازیافت آنها بیشتر است آجر، بتن، ملات، ماسه سیمان است (بلوری بزاز و زنجانی، ۱۳۸۹).

جدول (۱) :درصد مصالح گوناگون در نخاله‌های ساختمانی

مصالح ریز دانه	مصالح درشت دانه					
	آجر	بتن	گچ	آسفالت	سنگ	کاشی
۴۹/۷	۲۳/۸	۱۳/۲	۱/۵	۴/۹	۴/۶	۲/۳

بازیافت نخاله‌های ساختمانی به حفظ منابع‌طبیعی محیط‌زیست کمک کرده و از طرفی بهره‌برداری بیش از حد از منابع‌طبیعی برای ساخت راه‌ها، تولید بتن و آجر و سایر مصالح ساختمانی، کمبود مصالح طبیعی را نیز در پی خواهد داشت. حجم بسیار زیاد نخاله‌های ساختمانی و دفع غیراصولی آنها مشکلات فراوانی برای شهرها ایجاد کرده که اهم آنها عبارتند از: مشکلات محیط‌زیستی، مسایل بهداشتی، نیاز به مکان دفن زباله، ایجاد چشم‌انداز نامناسب. افزون بر مسایل فوق به دلیل نیاز روزافزون به مصالح سنگی، برداشت از منابع‌طبیعی که بیشتر در مسیر رودخانه‌ها وجود دارند منجر به بروز سیلاب‌های خطرناک شده است. همچنین ریختن نخاله‌های ساختمانی در کنار و یا بستر رودخانه‌ها موجب تغییر نظام طبیعی رودخانه‌ها و ورود مواد مضر موجود در این نخاله‌ها به چرخه آب‌های زیرزمینی می‌شود (بلوری بزاز و زنجانی، ۱۳۸۹).

البته آشکار است که بازیافت نخاله‌های ساختمانی نیازمند سرمایه‌گذاری کلانی بوده و ممکن است در کوتاه مدت توجیه اقتصادی نداشته باشد اما افزایش روز افزون بهای مصالح اولیه و نیز خسارت‌های غیرقابل جبران محیط‌زیستی در بلندمدت، موضوع نخاله‌های ساختمانی را مهم می‌نماید. با توجه به هزینه‌بر بودن بازیافت نخاله‌های ساختمانی بهتر است در فاز اول مدیریت این قسم از پسماندها، مکانیابی اصولی و علمی جهت دفن نخاله‌های ساختمانی صورت پذیرد و در مرحله بعد با جذب سرمایه‌گذار، به بازیافت و استفاده مجدد از این منابع پرداخت.

روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[1]، توانایی ترکیب نظر کارشناسان با اطلاعات واقعی را دارند. این روش‌ها معیارهای مختلف را ارزیابی کرده و همه نتایج ممکن و اهداف متناقض ناشی از تجزیه‌وتحلیل را شامل می‌شوند (Al-Hanbali et al, 2011) روش فرآیند تحلیل شبکه[2] نیز یکی از این روش‌ها است. این روش یک روش پیچیده برای ارتباط بین و میان عناصر تصمیم، از طریق جایگزینی ساختار سلسله‌مراتبی با ساختار شبکه‌ای است (زبردست، ۱۳۸۸) بنابراین این روش یک روش ایده‌آل به‌منظور مدل‌سازی و ایجاد تعاملات و وابستگی‌ها میان شاخص‌ها است. همچنین با توجه به ابهام و عدم قطعیت موجود در قضاوت‌های تصمیم‌گیران برای مقایسه عناصر می‌توان از منطق فازی استفاده کرد که محدوده‌ای از ارزش‌ها را برای بیان عدم قطعیت‌ها در نظر می‌گیرد (کریمی،۱۳۹۳). این روش ارتباط متقابل سطوح مختلف تصمیم نسبت به یکدیگر و نیز ارتباط داخلی معیارهای

تصمیم‌گیری در یک سطح را در نظر می‌گیرد (Khan & Faisal, 2007). سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، ابزار قدرتمندی برای تحلیل‌های فضایی هستند که قابلیت ضبط، ذخیره، پرس و جو، آنالیز، نمایش و خروجی اطلاعات جغرافیایی را دارند. به این ترتیب آن‌ها تاثیر شگرفی در فرآیند تصمیم‌گیری فضایی دارند (Rikalovic et al., 2014).

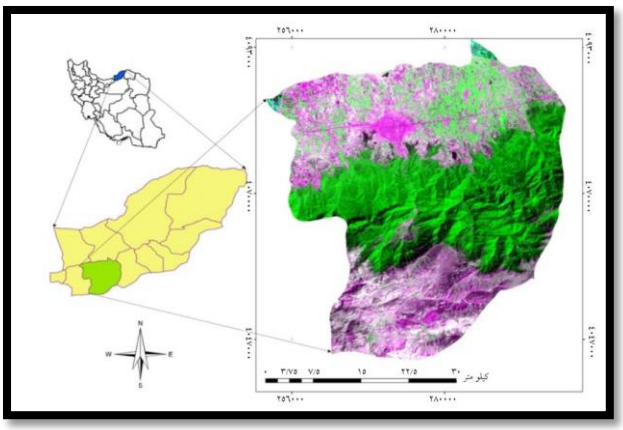
پژوهش‌های فراوانی در زمینه مکان‌یابی محل دفن پسماند با استفاده از GIS در سطح ایران و جهان با مدل‌های گوناگون صورت گرفته است. مطالعه‌ای برای مکان‌یابی محل‌های مناسب دفن مواد زاید جامد شهری شهر اصفهان با تکیه بر اهمیت منابع آب و اولویت‌بندی مکان‌ها با استفاده از ANP در محیط GIS انجام شد (افضلی و سامانی،۱۳۹۰). نتیجه این بررسی اهمیت قابل توجه منابع آب را گوشزد می‌کند و مطابق با روش وزن‌دهی ANP در بین محل‌های دفن، موقعیت بهینه را مشخص می‌سازد که این توانایی خارج از امکانات روش‌های وزن‌دهی دیگر مانند AHP است. سالاری و همکاران (۱۳۹۱) در طی یک پژوهش مراحل فرایند تشخیص واحدهای مناسب دفن پسماند را با به کارگیری روش ANP و با استفاده از معیارهای فرضی هیدرولوژی، هیدروژئولوژی، محیطزیستی، اقتصادی، اجتماعی و اقلیمی به طور تئوریک بیان نمودند (سالاری وهمکاران،۱۳۹۱). مطالعه دیگری با تلفیق ANP و GIS برای مکان‌یابی محل دفن بهداشتی روستایی با در نظر گرفتن پارامترهای شیب، ارتفاع، گسل، جهت، سطح آب زیرزمینی، آب سطحی، محدوده شهرها و روستاها، کاربری زمین، منظر انجام شد شبکه‌های ماتریس‌های مختلف مربوط به فرایند ANP ترسیم و سپس مقایسه‌های زوجی بین معیارها و شبکه‌ها تدوین شد که در نهایت با محاسبه وزن نهایی معیارها، اوزان به‌دست آمده در نقشه‌های فازی ضرب و ارزش فازی سلول‌ها به‌دست آمد و در پایان منطقه مورد مطالعه به چهار طبقه خوب، نسبتاً خوب، متوسط و بد از نظر پتانسیل ایجاد مرکز دفن زباله تقسیم‌بندی شد (فرجی سبکبار و همکاران، ۱۳۸۹).

طبق گزارش شورای شهر گرگان روزانه ۱۰۰ الی ۱۵۰ کامیون نخاله ساختمانی در اطراف شهر گرگان تخلیه و رها می‌شود. انباشته شدن این ضایعات در اطراف شهر معضلات گوناگون محیطزیستی و مدیریتی را برای مدیریت شهری در پی داشته است. از این‌رو، تدوین و انجام یک مطالعه مکان‌یابی و برنامه‌ریزی اصولی و به طور کل یک مکان مناسب که بتواند شرایط لازم را برای دفع این گونه پسماندها در شهر گرگان معرفی نماید لازم و ضروری است. هدف از این مطالعه پیدا کردن محل‌های دفع مناسب نخاله‌های ساختمانی شهر گرگان با در نظر گرفتن معیارهای موثر در مکان‌یابی و با استفاده از روش ANP و توانایی‌های منحصر به فرد آن در تصمیم‌گیری است. با توجه به پیچیدگی روابط بین معیارهای مختلف در مسایل محیطزیستی و از سوی دیگر در نظر گرفتن روابط بین سطوح مختلف در روش تصمیم‌گیری ANP در موضوع مکان‌یابی دفن نخاله‌های ساختمانی، مدل ANP می‌تواند نتایج بهتری نسبت به AHP داشته باشد (سالاری و همکاران، ۱۳۹۱). از این‌رو این پژوهش در نظر دارد با تکیه بر نقاط قوت روش ANP ارزیابی اراضی شهرستان گرگان با توجه به توان طبیعی و بررسی مسایل اقتصادی، اجتماعی بر اساس معیارها و ضوابط موجود، نواحی مناسب برای دفع نخاله‌های ساختمانی را پیشنهاد دهد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه این تحقیق محدوده شهرستان گرگان در۴۴ °۳۶ تا ۵۸ °۳۶ عرض شمالی و۱۰ °۵۴ تا ۴۵ °۵۴ طول شرقی واقع شده است. شهر گرگان به عنوان مرکز استان گلستان از شمال به آق‌قلا و بندر ترکمن، از شرق به شهرستان علی‌آباد کتول، از جنوب به استان سمنان و از غرب به شهرستان کردکوی محدود شده است. منطقه مذکور با مساحت ۱۳۱۶ کیلومتر مربع شامل ۲ شهر، ۲ بخش، ۵ دهستان و ۱۱۰ پارچه آبادی است که در مجموع ۴۲۶۴۵۵ نفر را در خود جای داده است. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه و موقعیت آن در استان گلستان و کشور ایران

روش تحقیق

در این مطالعه ابتدا با بررسی ضوابط موجود و همچنین نظر کارشناسان، معیارها و مشخصه‌های محیط‌زیستی تأثیرگذار در مکان‌یابی محل دفع نخاله‌های ساختمانی تعیین شدند و پس از تعیین مرز محدوده مطالعاتی با جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های اولیه، پایگاه سامانه اطلاعات جغرافیایی منطقه تهیه شد. در ارزیابی، معیارها به دو صورت عامل[۳] و محدودیت[۴]دسته‌بندی می‌شوند (Eastman, 2003). در این تحقیق معیارهای مورد بررسی شامل معیارهای اکولوژیکی (شیب، ارتفاع، سطح آب‌های زیرزمینی، فاصله از آب‌های جاری، سنگ بستر، خاک و تراکم پوشش گیاهی) و معیارهای اقتصادی و اجتماعی (فاصله از فرودگاه، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از جاده‌ها و فاصله از مناطق حفاظت شده) در نظر گرفته شده است. رهیافت مورد استفاده در این تحقیق روش ترکیب خطی وزنی[۵] (WLC) است که از سویی متغیرها را به صورت فاکتورهای پیوسته در نظر می‌گیرد و از سوی دیگر امکان جبران فاکتورها با همدیگر را نیز میسر می‌سازد. روش WLC یک فن میانگین‌گیری با تحلیل بینابینی عملکردهای AND و OR است که هیچ یک حدود ضدریسک و ریسک‌پذیری را دارا نیست. در اجرای MCE[۶] معیارها در دو دسته فاکتورها و محدودیت‌ها قرار می‌گیرند. فاکتورها شامل عناصر اصلی دخیل در ارزیابی و محدودیت‌ها شامل آن دسته از معیارهای بولی هستند که تحلیل را برای مناطق خاص جغرافیایی محدود می‌کنند (سلمان‌ماهینی و کامیاب، ۱۳۸۸).

• استانداردسازی معیارها

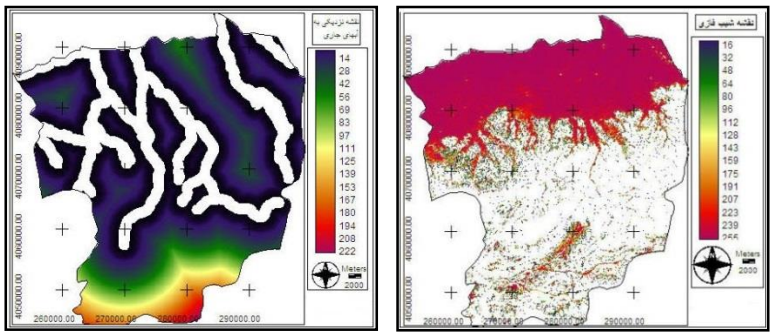
برای همسان‌سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری و تبدیل آن‌ها به واحدهای قابل مقایسه و استاندارد شده از روش فازی استفاده شده است. نظریه مجموعه‌های فازی نظریه‌ای ریاضی است که برای مدل‌سازی و صورت‌بندی ریاضی در فرآیندها طراحی شده است (Saaty, 1999). منطق فازی ابزاری برای مقابله با عدم قطعیت‌ها است (Zimmermann, 1995).

در این تحقیق برای استانداردسازی از توابع خطی و S شکل فازی استفاده شد. در این توابع و در محیط «IDRISI» برای فازی کردن لایه‌های نقشه باید موقعیت حداقل ۲ نقطه «a» و «b» بر روی نمودار تابع خطی معیّن شود. جدول (۲) مقادیر آستانه و نوع تابع فازی برای استانداردسازی نقشه شاخص‌ها در این مطالعه را نشان می‌دهد.

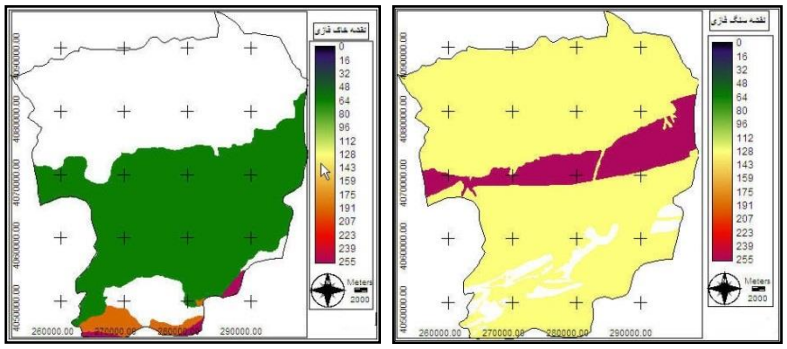
جدول(۲): مقادیر آستانه و نوع تابع فازی نقشه شاخص

معیار	شکل تابع	نوع تابع	نقاط کنترل		منابع
			a	b	–
شیب	S شکل	کاهشی	۱	۲۰	(مخدوم، ۱۳۸۴) (جعفری و همکاران، ۱۳۹۱)
نزدیکی به آب‌های سطحی	خطی	افزایشی	۲۵۰	۱۰۰۰	(سالاری وهمکاران،۱۳۹۱)، (جعفری و همکاران، ۱۳۹۱)
خاک	Sشکل	کاهشی	۱	۳	(مخدوم، ۱۳۸۴)
سنگ شناسی	Sشکل	افزایشی	۱	۳	(مخدوم، ۱۳۸۴)
عمق آب زیرزمینی	خطی	افزایشی	۷	۴۰	(شکوری، ۱۳۹۱)
راه‌های ارتباطی	خطی	کاهشی	۳۰۰	۷۵۰	(متکان و همکاران،۱۳۸۷) (جعفری و همکاران، ۱۳۹۱)
مناطق مسکونی	خطی	افزایشی	۱۰۰۰	۳۰۰۰	(جعفری و همکاران، ۱۳۹۱)
ارتفاع	S شکل	کاهشی	۱	۱۸۰۰	(جعفری و همکاران، ۱۳۹۱)
پوشش گیاهی	S شکل	کاهشی	۰/۰۱	۵	(شکوری، ۱۳۹۱)
فاصله از فرودگاه	خطی	افزایشی	۱	۳۰۰۰	(متکان و همکاران،۱۳۸۷)
فاصله از مناطق حفاظت شده	S شکل	افزایشی	۱	۱۰۰۰	(شکوری، ۱۳۹۱)

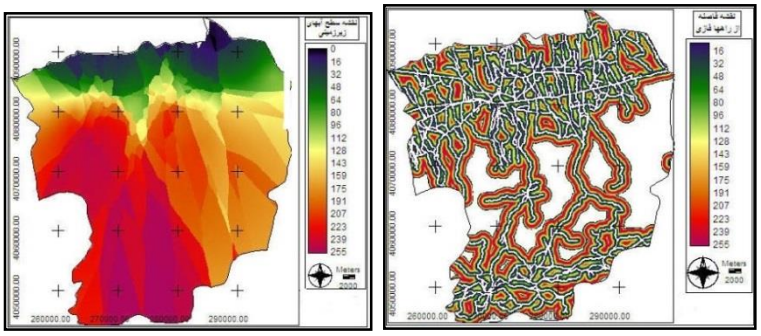
شکل‌های (۲ تا ۷) نقشه‌های فازی معیارها را نشان می‌دهند.



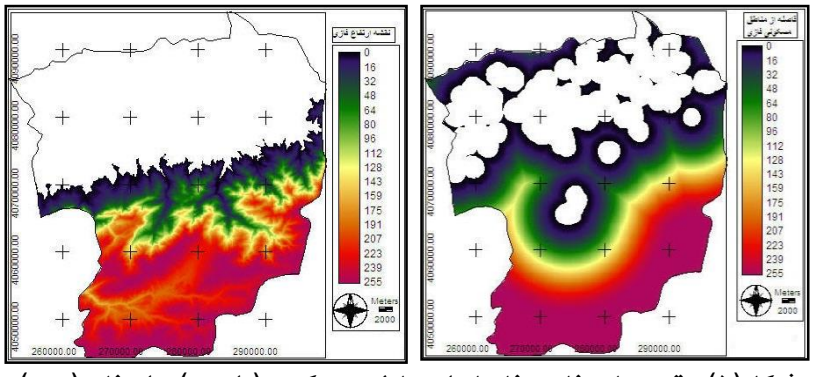
شکل(۲): نقشه‌های فازی شیب (راست) و نزدیکی به آب‌های جاری (چپ)



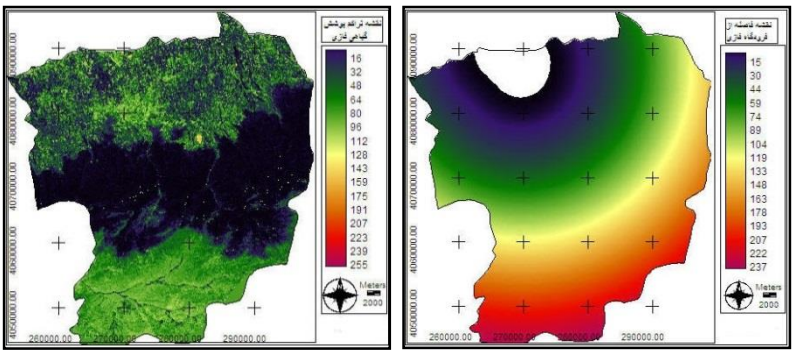
شکل(۳): نقشه‌های فازی خاک فازی (راست) و سنگ (چپ)



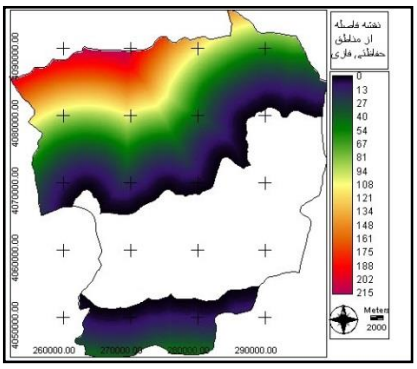
شکل(۴): نقشه‌های فازی عمق آب زیرزمینی (راست) و فاصله از شبکه راه‌ها (چپ)



شکل(۵): نقشه‌های فازی فاصله از مناطق مسکونی(راست) و ارتفاع (چپ)



شکل(۶): نقشه‌های فازی تراکم پوشش گیاهی (راست) و فاصله از فرودگاه (چپ)



شکل(۷): نقشه فازی فاصله از مناطق حفاظتی

- **رویکرد بولین**

یکی از ساده‌ترین روش‌ها برای استانداردسازی محدودیت‌ها رویکرد «بولین» است، بدین‌صورت که محدودیت‌ها به صورت نقشه‌های دو ارزشی ارایه می‌شوند ارزش صفر، مناطق نامناسب برای توسعه و ارزش یک، مناطق مناسب برای توسعه را نشان می‌دهد (Kue et al., 2006). جدول (۳) محدودیت‌های به کار رفته در این پژوهش نشان می‌دهند.

جدول(۳): محدودیت‌های حاصل از تابع بولین

محدودیت	بازه با ارزش صفر	بازه با ارزش یک	منبع
مناطق حفاظت شده	۰ تا ۲۰۰۰ متر	۲۰۰۰ متر به بالا	(شکوری، ۱۳۹۱)
مناطق متراکم جنگلی	مناطقی با تراکم بیش از ۷۰ درصد	مناطقی با تراکم کمتر از ۷۰ درصد	(شکوری، ۱۳۹۱)
مناطقی با شیب بالا	مناطقی با شیب بیش از ۲۰ درصد	مناطقی با شیب کمتر از ۲۰ درصد	(مخدوم، ۱۳۸۴)
سرشاخه‌های رودخانه‌ها	فاصله کمتر از ۲۵۰ متر	فاصله بیشتر از ۲۵۰ متر	(شکوری، ۱۳۹۱)
جاده‌ها	فاصله کمتر از ۳۰۰ متری جاده‌ها	فاصله بیشتر از ۳۰۰ متری جاده ها	(جعفری و همکاران، ۱۳۹۱)
حریم مناطق مسکونی	فاصله کمتر از ۱۰۰۰ متری مناطق مسکونی	فاصله بیشتر از ۱۰۰۰ متری مناطق مسکونی	(جعفری و همکاران، ۱۳۹۱)
حریم فرودگاه	فاصله کمتر از ۳ کیلومتری فرودگاه	فاصله بیشتر از ۳ کیلومتری فرودگاه	(نویسندگان)

کلیه نقشه‌های ذکر شده با سیستم مختصات UTM و بیضوی مبنای WGS84 تهیه شده‌اند. منطقه مورد مطالعه در زون شماره ۴۰ واقع شده است.

- **وزن دهی معیارها: فرایند تحلیل شبکه (ANP)**

با توجه به این که در دنیای واقعی معیارها معمولا وابسته به یکدیگرند، رهیافت‌های سنتی وزن‌دهی مستقل در این زمینه به شکل مناسبی قابل به کارگیری نیستند. به همین علت، ساعتی (Saaty, 1999) فرایند تحلیل شبکه‌ای را که توسعه یافته فرایند تحلیل سلسله مراتبی است، برای به دست آوردن مجموعه‌ای از وزن‌های مناسب برای معیارها معرفی کرد (قدسی‌پور، ۱۳۸۹). لازمه استفاده از این روش، شناخت کافی از هدف تصمیم‌گیری، محیط تصمیم و تمامی عناصر تصمیم‌گیری به وسیله تصمیم‌گیرنده است. شناخت یاد شده به این علت لازم است که تصمیم‌گیرنده بتواند همه ملاک‌های موثر در تصمیم را تعیین و تاثیر آنها بر یکدیگر را مشخص و بتواند واقعی‌ترین حالتی از شبکه را رسم کند (فرجی سبکبار و همکاران، ۱۳۸۹؛ زبردست، ۱۳۸۹). روش ANP بر اساس تحلیل مسایل پیچیده و فازی با ساختار غیرردهای و به منظور اصلاح روش AHP ارایه شده است. در این

روش پس از برپایی یک ساختار غیرردهای و تعیین ارتباط منطقی بین سطوح مختلف تصمیم، ساختار موجود به N زیرمجموعه (S1, S2, ... SN) تقسیم شده و سپس از طریق مقایسه‌های زوجی، ماتریس قضاوت برای سیستم بازخور تشکیل می‌شود. بدین‌منظور، ابتدا لازم است با مقایسه دو به دو معیارها و زیر معیارها، ماتریس مقایسه‌های زوجی تشکیل شود سپس، به منظور بررسی سازگاری و قابلیت اعتماد تصمیم‌ها، نسبت سازگاری هر ماتریس مورد محاسبه قرار گیرد (Saaty & Vargas, 2006). ماتریس مقایسه زوجی بیانگر ارتباط عددی بین دو عنصر است که بر اساس معیارهای سطح بالاتر، عنصر مهمتر تشخیص داده می شود. ارتباط عناصر در مقایسه‌های زوجی برای اولین بار توسط توماس ال ساعتی (Saaty, 1980) ارایه شده است که در آن عدد ۱ نشان‌دهنده اهمیت یکسان دو عنصر و عدد ۹ نشان‌دهنده اهمیت بسیار زیاد یک عنصر نسبت به دیگری است. بنابراین، ارتباط عناصر در مقایسه‌های زوجی به شرح جدول (۴) است:

جدول (۴): سیستم نمره دهی توماس ال ساعتی

ترجیحات	اهمیت یا مطلوبیت یکسان	کمی مهمتر یا مطلوبتر	اهمیت یا مطلوبیت قوی	اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	کاملا مطلوب	ترجیحات یا مطلوبیت مابین فواصل فوق
نمره	۱	۳	۵	۷	۹	۸ ،۶ ،۴ ،۲

بنابراین، در صورتی که نسبت سازگاری کمتر از ده درصد باشد، معیار سازگاری حاصل شده است، در غیر این صورت لازم است که در مقایسه زوجی معیارها بازنگری شود (افضلی و سامانی،۱۳۹۰). پس از اطمینان از سازگاری ماتریس مقایسه‌های زوجی، وزن هر عنصر در هر زیرگروه تعیین می‌شود. این امر توسط تکنیک بردار ویژه صورت می‌گیرد (Hso & Kuo, 2011). فرایند ANP را در چهار مرحله زیر می‌توان خلاصه کرد (Carlucci & Schiuma, 2008; Lee et al, 2009).

مرحله اول: ساخت مدل و تبدیل مساله/ موضوع به یک ساختار شبکه‌ای

مساله باید به طور آشکار و روشن به یک سیستم منطقی مثل یک شبکه تبدیل شود. در این مرحله موضوع موردنظر به یک ساختار شبکه‌ای که در آن گره‌ها به عنوان خوشه‌ها مطرح هستند تبدیل می‌شود. عناصر درون یک خوشه[۷] ممکن است با یک یا تمامی عناصر خوشه‌های دیگر ارتباط داشته باشند. همچنین، ممکن است عناصر درون یک خوشه بین خودشان دارای ارتباط متقابل (وابستگی درونی[۸]) باشند (قدسی‌پور، ۱۳۸۹). برای دستیابی به اهداف مطالعه معیارها به عنوان زیرگروه یا زیرشبکه تعریف شدند. در این زیرگروه‌ها ارتباط داخلی بین اعضا مورد بررسی قرار می‌گیرد. مکان‌های مختلف که در انتها برای انباشت نخاله‌های ساختمانی مناسب ارزیابی می‌شوند به عنوان گزینه مطرح خواهند شد. خروجی‌های این مدل به عنوان ورودی‌های نقشه‌سازی استفاده شده است. هر یک از دو زیرگروه اصلی معیارها در واقع نوعی معرف هستند که عناصر علت و معلول و اقدام‌ها و پیامدهای خط‌مشی را قابل هضم می‌کنند (ساسان‌پور و همکاران، ۱۳۹۴).

مرحله دوم: تشکیل ماتریس دودویی و تعیین بردارهای اولویت

مشابه مقایسه‌های دودویی که در تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی انجام می‌شود، در فرایند ANP نیز عناصر تصمیم در هر یک از خوشه‌ها، براساس میزان اهمیت آنها در ارتباط با معیارهای کنترلی دو به دو مقایسه می‌شوند. خود خوشه‌ها نیز براساس نقش و تاثیر آنها در دستیابی به هدف، دو به دو مورد مقایسه قرار می‌گیرند. تصمیم‌گیران در مورد مقایسه دودویی عناصر و یا خود خوشه‌ها دودویی باید تصمیم‌گیری کنند. علاوه بر این، وابستگی متقابل بین عناصر یک خوشه نیز باید دو به دو مورد مقایسه قرار گیرند تا تاثیر هر عنصر بر روی عنصر دیگر از طریق بردار ویژه قابل ارایه است. اهمیت نسبی عناصر براساس مقیاس ۹ کمیتی ساعتی، همانند AHP سنجیده می‌شود (ساسان‌پور و همکاران، ۱۳۹۴).

مرحله سوم: تشکیل سوپر ماتریس و تبدیل آن به سوپرماتریس حد

برای دستیابی به اولویت‌های کلی در یک سیستم با تاثیرات متقابل بردارهای اولویت‌های داخلی از ستون‌های مناسب یک ماتریس وارد می‌شوند. در نتیجه یک سوپر ماتریس که هر بخش از این

ماتریس ارتباط بین دو خوشه در یک سیستم را نشان می‌دهد به‌دست می‌آید. این نوع ماتریس را سوپر ماتریس اولیه می‌نامند. با جایگزینی بردار اولویت‌های داخلی (ضرایب اهمیت) عناصر و خوشه‌ها در سوپرماتریس اولیه، سوپر ماتریس ناموزون به‌دست می‌آید (طاهری و همکاران، ۱۳۹۳). در مرحله بعد، سوپر ماتریس موزون از طریق ضرب مقادیر سوپر ماتریس ناموزون در ماتریس خوشه‌ای محاسبه می‌شود. سپس، از طریق نرمال کردن سوپر ماتریس موزون، سوپر ماتریس از نظر ستونی به حالت تصادفی تبدیل می‌شود (Saaty, 1999). در مرحله سوم سوپر ماتریس حد با به توان رساندن تمامی عناصر سوپر ماتریس موزون تا زمانی که واگرایی حاصل شود و یا به عبارت دیگر تمامی عناصر سوپر ماتریس همانند هم شوند، به طور مکرر محاسبه می‌شود.

مرحله چهارم: انتخاب گزینه برتر

پس از تشکیل سوپرماتریس حد به منظور یافتن وزن (میزان اهمیت) نهایی هر یک از معیارهای ارزیابی کافی است اعداد متناظر با هر یک از معیارها در سوپرماتریس حد را با استفاده از یکی از روش‌های نرمال‌سازی استاندارد نمود (جوادیان کوتنایی و همکاران، ۱۳۹۳). فرایند استانداردسازی در نرم‌افزار Super Decision از طریق محاسبه‌ها و اعمال مربوط به ماتریس‌ها انجام پذیرفته است (Shrestha et al., 2004). اگر سوپر ماتریس تشکیل شده در مرحله سوم، کل شبکه را در نظر گرفته باشد، یعنی گزینه‌ها نیز در سوپر ماتریس لحاظ شده باشند، اولویت کلی گزینه‌ها از ستون مربوط به گزینه‌ها در سوپر ماتریس حد نرمال شده قابل حصول است. اگر سوپر ماتریس، فقط بخشی از شبکه را که وابستگی متقابل دارند شامل شود و گزینه‌ها در سوپر ماتریس در نظر گرفته شوند، محاسبه‌های بعدی لازم است تا اولویت کلی گزینه‌ها به‌دست آید. گزینه‌ای که بیشترین اولویت کلی را داشته باشد به عنوان برترین گزینه برای موضوع موردنظر انتخاب می‌شود (جوادیان کوتنایی و همکاران، ۱۳۹۳).

- **تلفیق معیارها**

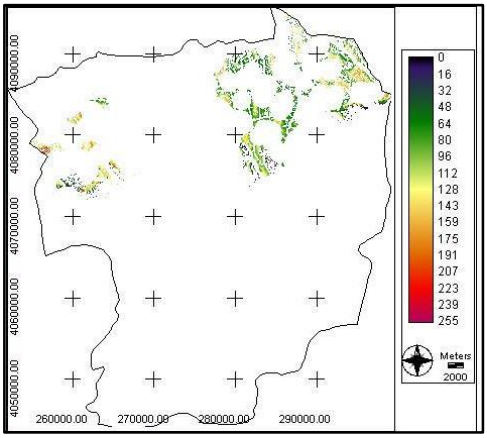
هدف از تحلیل چندمعیاری، انتخاب بهترین گزینه[۹] (بهترین مکان یا پیکسل) بر مبنای رتبه‌بندی آن‌ها از طریق ارزیابی چند معیاری اصلی است. روش ترکیب خطی وزنی (WLC)[۱۰] از رایج‌ترین روش‌ها در تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی است. این روش براساس مفهوم میانگین وزنی استوار است. تصمیم‌گیرنده مستقیماً بر مبنای اهمیت نسبی هر معیار نسبت به معیار دیگر، وزن‌هایی به معیارها می‌دهد و پس از مجموع حاصل‌ضرب وزن نسبی هر مقدار آن معیار، مقدار قابلیت نهایی برای هر گزینه را به‌دست می‌آورد (عرفانی و همکاران، ۱۳۹۰).

WLC شیوه‌ای از محاسبه ارزیابی چند معیاری MCE است که مطابق با فرمول شماره (۱) محاسبه می‌شود (Dragan et al., 2003).

$$S=\sum w_i x_i \qquad (۱)$$

x_i=ام i ; وزن فاکتور w_i=ام i ; تناسب سرزمین یا ناحیه S= محدودیت

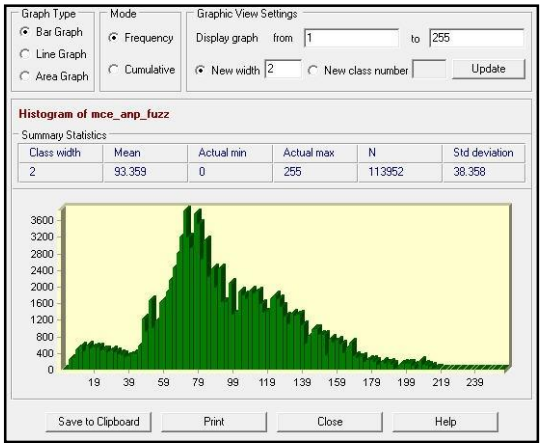
پس از ایجاد لایه‌ها در رویه «WLC» نقشه‌ها در ضریب‌های نرمال شده جدول «ANP» ضرب شد و سپس نتایج با هم جمع و در مرحله بعد در لایه‌های محدودیت ضرب شدند. وزن‌های به‌دست آمده از نتیجه عملیات در نقشه‌های فاکتور ضرب شده و سپس نقشه «MCE» در طی عملیات «WLC» و نیز اعمال لایه‌های محدودیت به‌دست آمد. شکل (۸) نقشه ارزیابی چندمعیاری منطقه مورد مطالعه برای مکان‌یابی دفع نخاله‌های ساختمانی شهرستان گرگان با استفاده از موارد یاد شده در دامنه ۰ تا ۲۵۵ است.



شکل(۸): نقشه MCE مکان‌یابی دفع نخاله‌های ساختمانی شهرستان گرگان با استفاده از روش ANP

مناطق مستعد برای لندفیل نخاله‌های ساختمانی با توجه به معیارهای در نظر گرفته شده اکولوژیکی و اقتصادی، اجتماعی در این مقاله، عمدتا دارای مطلوبیت متوسط یا پایینی هستند (شکل ۹). از این رو و برای این که یک تناسبی بین مطلوبیت و مساحت تخصیص یافته برای مناطق نهایی پیشنهادی باشد یک سناریو

طراحی شد. طی این سناریو با مشورت کارشناسان و متخصصان امر، مقرر شد که برای گزینش نهایی مناطقی انتخاب شوند که دارای مطلوبیت حداقل ۱۳۰ و مساحت حداقل ۱۰ هکتاری باشند.



شکل (۹): نمودار فراوانی مطلوبیت سلول‌ها

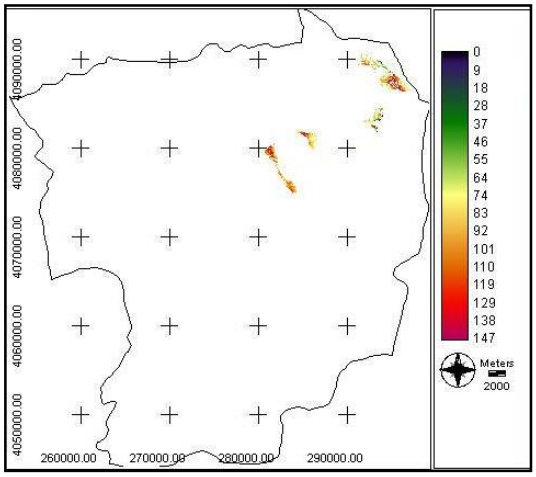
• پهنه‌بندی منطقه به روش مطلوبیت ناحیه‌ای سرزمین

پهنه‌بندی منطقه از نظر ارزش مکانی دفن نخاله‌های ساختمانی با استفاده از روش ZLS انجام شد. ZLS مخفف عبارت Zonal Land Suitability به معنای مطلوبیت ناحیه‌ای سرزمین است. فرایند ZLS یک روش غیرپیکسلی، ناحیه‌ای و پلی‌گونی است که از قابلیت ماکرو یا Site Select استفاده می‌کند. سنجش مطلوبیت ناحیه‌ای منطقه از بین پیکسل‌های نقشه بهترین را برای کاربری انتخاب می‌کند و ارجح‌ترین مناطق را مشخص می‌سازد (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۳). با استفاده از دستور یاد شده و به عنوان یک سناریوی مدیریتی در نرم‌افزار ایدریسی، مکان‌هایی که دارای ارزش ۱۳۰ به بالا و حداقل ۱۰ هکتار هستند مساحتی برابر با ۱۰۶۲ هکتار را تشکیل می‌دهند و به عنوان نقاط مطلوب در نظر گرفته شدند. این نواحی در شکل (۱۰) ارایه شده‌اند.

مراحل یاد شده فوق در نگاره (۱) به تفصیل نمایش داده شده است.

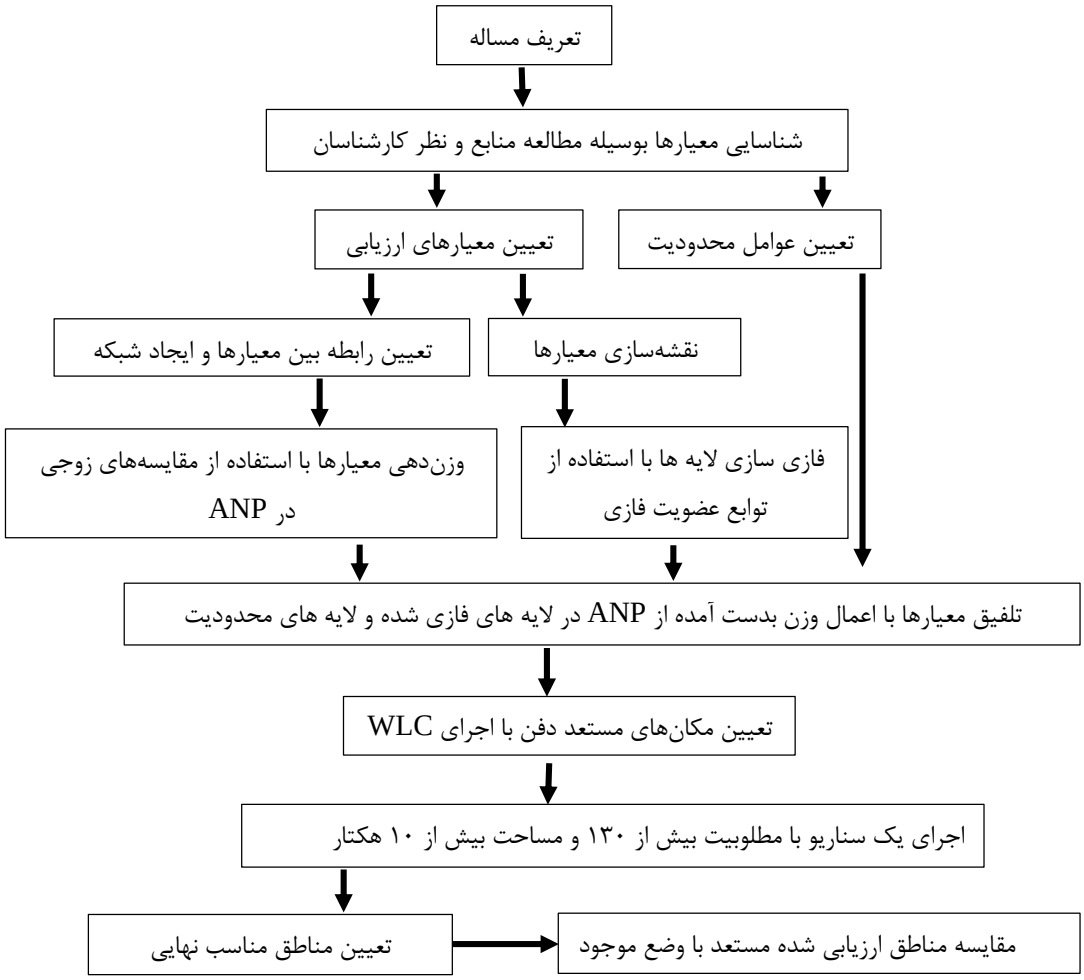
نتایج

در این مقاله نتایج حاصل از اجرای روش ANP برای وزن‌دهی معیارهای مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی همراه با روش ارزیابی چند معیاری در شهرستان گرگان به صورت وزن‌های خوشه‌ها، گره‌ها و همچنین ماتریس‌های مربوطه شامل ماتریس بدون وزن، ماتریس وزن‌دهی شده، ماتریس محدودیت و نیز اوزان نهایی و نرمال شده معیارهاست (جدول ۵).



شکل (۱۰): نقشه محل‌های مناسب دفع با ارزش حداقل ۱۳۰ و مساحت حداقل ۱۰ هکتار

اوزان خوشه‌های طراحی شده که حاصل از مقایسه جفتی بین دوخوشه است، برای معیارهای اکولوژیک برابر با ۰/۶۵ و برای معیارهای پایه برابر با ۰/۳۵ به‌دست آمد. بر اساس وزن‌دهی کارشناسان، ترتیب اهمیت معیارهای اکولوژیک دخیل در مکان‌یابی با لحاظ کردن اوزان معیارها به ترتیب اولویت عبارتند از شیب با ارزش تاثیر ۰/۲۸۲۲۴، سنگ بستر، سطح آب‌های زیرزمینی، خاک و فاصله از آب‌های جاری هر یک با ارزش تاثیر ۰/۱۵۷۱۹، تراکم پوشش گیاهی با ارزش تاثیر ۰/۰۶۱۸۱ و ارتفاع با ارزش تاثیر ۰/۰۳۲۴۷. ضرایب معیارهای کارشناسی شده نشان می‌دهد که معیار شیب دارای بالاترین اهمیت برای مکان‌یابی دفن نخاله‌های ساختمانی است. شایان ذکر است که معیار شیب در اکثر کاربری‌های توسعه‌ای دارای بیشترین اولویت است (مخدوم، ۱۳۸۴). همچنین چهار معیار سنگ بستر، سطح آب‌های زیرزمینی، خاک و فاصله از آب‌های جاری همگی دارای ارزش تاثیر یکسان ۰/۱۵۷۱۹ هستند که این امر حاکی از یکسان بودن اثر این چهار معیار بر مکان‌یابی است. نقش زیاد محل دفن در آلودگی آب‌های سطحی، افزایش حجم شیرابه‌ها و نشت به داخل آب‌های زیرزمینی می‌تواند عامل ارزش تاثیر بالای این معیارها باشد (افضلی و سامانی، ۱۳۹۰).در بین معیارها عامل ارتفاع کمترین تاثیر را در مکان‌یابی دارد. در جدول مقایسه‌های جفتی بین معیارهای



نگاره (۱): نمودار جریانی پژوهش

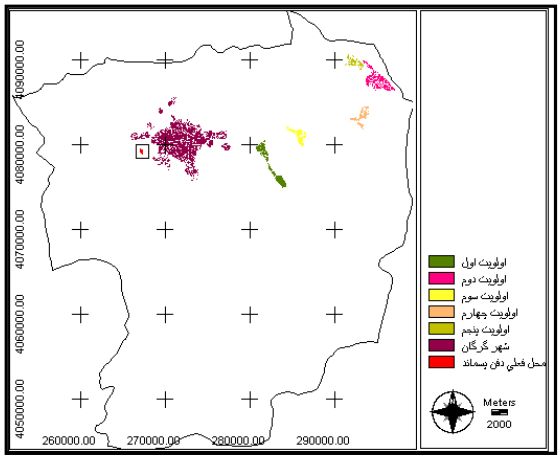
جدول(۵): وزن خوشه‌ها، گره‌ها و سوپرماتریس‌ها

خوشه‌ها	وزن خوشه‌ها	معیارها	وزن ماتریس بی‌وزن	وزن ماتریس وزنی	وزن در ماتریس محدودیت	وزن نرمال شده نهایی
معیارهای اکولوژیک	۰/۶۵	فاصله از آب‌های جاری	۰/۱۵۲۴۸۲	۰/۰۷۶۲۴۱	۰/۰۷۵۹۵۵	۰/۱۵۱۹۱
		سطح آب‌های زیرزمینی	۰/۱۵۶۹۹۲	۰/۰۷۸۴۹۶	۰/۰۷۸۵۹۴	۰/۱۵۷۱۹
		خاک	۰/۱۵۶۹۹۲	۰/۰۷۸۴۹۶	۰/۰۷۸۵۹۴	۰/۱۵۷۱۹
		شیب	۰/۲۸۲۹۹۶	۰/۱۴۱۴۹۸	۰/۱۴۱۱۲۰	۰/۲۸۲۲۴
		ارتفاع	۰/۰۳۱۸۶۶	۰/۰۱۵۹۳	۰/۰۱۶۲۳۵	۰/۰۳۲۴۷
		سنگ بستر	۰/۱۵۶۹۹۲	۰/۰۷۸۴۹۶	۰/۰۷۸۵۹۴	۰/۱۵۷۱۹
		تراکم پوشش گیاهی	۰/۰۶۱۶۸۱	۰/۰۳۰۸۴۰	۰/۰۳۰۹۰۶	۰/۰۶۱۸۱
معیارهای پایه	۰/۳۵	فاصله از فرودگاه	۰/۱۴۲۸۵۷	۰/۰۷۱۴۲۹	۰/۰۷۴۹۵۸	۰/۱۴۹۹۲
		فاصله از مناطق مسکونی	۰/۲۸۵۷۱۴	۰/۱۴۲۸۵۷	۰/۱۴۲۲۷۰	۰/۲۸۵۷۹
		فاصله از جاده	۰/۲۸۵۷۱۴	۰/۱۴۲۸۵۷	۰/۰۷۱۳۴۸	۰/۲۸۴۵۴
		فاصله از مناطق حفاظت شده	۰/۲۸۵۷۱۴	۰/۱۴۲۸۵۷	۰/۱۳۹۸۷۹	۰/۲۷۹۷۶

اکولوژیک ضریب سازگاری برابر با ۰/۰۲۴۱۳ به‌دست آمد که برای سازگاری ماتریس مقایسه جفتی قابل قبول است(Saaty, 1999). ترتیب اهمیت معیارهای پایه دخیل در مکان‌یابی با لحاظ کردن وزن‌ها معیارها به ترتیب اولویت عبارتند از فاصله از اماکن مسکونی، فاصله از جاده، فاصله از مناطق حفاظت شده و فاصله از فرودگاه که به ترتیب برابر با ۰/۲۸۵۷۹، ۰/۲۸۵۴۵، ۰/۲۷۹۷۶ و ۰/۱۴۹۹۲ هستند. در بین معیارهای پایه، فاصله از اماکن مسکونی دارای بیشترین تاثیر و فاصله از فرودگاه دارای کمترین تاثیر هستند. همچنین، در جدول (۵) مقایسه‌های جفتی بین معیارهای پایه‌ای ضریب سازگاری برابر با ۰/۰۹۳۳۴ به‌دست آمد که قابل قبول است (Saaty, 1999).

با در نظر گرفتن معیارهای محدودیت‌زا برای مکان‌یابی این کاربری، از کل محدوده ۱۶۱۵۶۲ هکتاری شهرستان گرگان مساحتی برابر با ۲۶۸۷۵ هکتار آن (۱۶/۶۳ درصد) برای کاربری دفن نخاله‌های ساختمانی مناسب و ۱۳۴۶۸۷ هکتار آن (۸۳/۳۷ درصد) دارای محدودیت برای این نوع کاربری هستند. محدودیت‌های یاد شده شامل فرودگاه و حریم آن، مناطق حفاظت شده و حریم آنها، جنگل متراکم و حریم حفاظتی آن، مناطق مسکونی و حریم و رودخانه‌ها به همراه حریم آنها هستند. این محدودیت‌ها سبب می‌شوند که تحت هیچ شرایطی نتوان در شرایطی که حتی یکی از این محدودیت‌ها وجود داشته باشند دست به احداث مکان برای دفن نخاله‌های ساختمانی زد.

وزن‌های به‌دست آمده از نتیجه عملیات ANP در نقشه‌های فازی معیارها ضرب شده و سپس نقشه MCE در طی عملیات WLC و نیز اعمال لایه‌های محدودیت به‌دست آمد. شکل (۱۰) نقشه ارزیابی چند معیاری منطقه مورد مطالعه برای مکان‌یابی دفع نخاله‌های ساختمانی شهرستان گرگان با استفاده از روش ANP در دامنه ۰ تا ۲۵۵ است. مطابق با شکل (۱۰) کل ناحیه‌ای از منطقه که توان مکان‌یابی محل دفع نخاله‌های ساختمانی را صرف نظر از درجه توان داراست برابر ۱۰۶۲ هکتار است که این مقدار برابر با ۲/۸۱ درصد کل منطقه است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود در مجموع بیش‌ترین مناطقی که برای دفن نخاله‌های ساختمانی پیشنهاد داده شده است در شمال‌شرقی منطقه مورد مطالعه قرار دارند. برای پیشنهاد چند لکه نهایی مناسب برای جمع‌آوری نخاله‌های ساختمانی مطابق با سناریوی مطرح شده با استفاده از الگوریتم مطلوبیت ناحیه‌ای سرزمین (حداقل ده هکتار و دارای مطلوبیت حداقل ۱۳۰) پنج منطقه به‌دست آمد که این مناطق دارای ۶۳/۲۸، ۶۰/۶، ۵۷/۳۶، ۵۷/۱۲ و ۵۶ هکتار مساحت هستند (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). شایان ذکر است پس از انجام ارزیابی چند معیاری می‌توان این نقاط را متناسب با نظر کارشناسان، اعمال تابع پرس و جو و نیز در نظر گرفتن نقاط با مساحت و مطلوبیت‌های دیگر نیز انجام داد.



شکل (۱۱): مناطق پیشنهادی نهایی برای احداث محل دفن نخاله‌های ساختمانی شهرستان گرگان، موقعیت شهر و محل کنونی دفن

جدول(۶): مساحت محل‌های مناسب و نامناسب در منطقه در سناریوی طراحی شده

کیفیت	مساحت (هکتار)	حداقل ارزش	حداکثر ارزش
نامناسب	۲۴۴۰۶۵/۰۴	۰	۱۳۰
مناسب	۱۰۶۲	۱۳۰	۲۵۵

در حال حاضر محل دفن نخاله‌های ساختمانی شهر گرگان محدوده‌ای به مساحت ده هکتار واقع در بخش جنوب‌غربی شهر قرار گرفته است. شکل (۱۱) محل دفن کنونی و محل‌های دفن پیشنهاد شده را با استناد به نتایج این تحقیق برای شهر گرگان نشان می‌دهد. با توجه به نتایجی که از این تحقیق به دست آمد، محدوده یاد شده فعلی به لحاظ مطالعات اکولوژیکی و اقتصادی-اجتماعی مناسب دفن نخاله‌های ساختمانی شهر نیست و در محدوده مناسبی که با در نظر گرفتن معیارهای فوق و اجرای

وزن‌دهی معیارها به روش ANP و ارزیابی مکانی به روش WLC به‌دست آمد قرار ندارد.

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس این پژوهش و پژوهش‌های دیگر، می‌توان استنباط کرد که با استفاده از سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری مکانی، انتخاب مکان مناسب از طریق استراتژی‌های ارزیابی چند معیاری (WLC) و فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در محیط GIS با کمک عملگرهای فازی نتایج را به دنیای واقعی نزدیک می‌کند (کرمی و همکاران، ۱۳۹۲). مهمترین مزیت استفاده از نظرهای کارشناسی برای اجرای تکنیک ANP کاهش احتمال خطا در قضاوت‌هاست. درستی قضاوت‌های کارشناسی در مدل ANP به وسیله ضریب سازگاری که به‌دست می‌آید تعیین می‌شود (قدسی‌پور، ۱۳۸۹). همچنین، یکی از ویژگی‌های این تحقیق اجرای مدل ارزیابی با استفاده از دو نوع معیارهای اکولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی می‌باشد که انتخاب این معیارها قضاوت‌های ذهنی کارشناسان را به واقعیت نزدیکتر می‌کند. در این تحقیق صحت و درستی این قضاوت‌ها با محاسبه نرخ سازگاری برآورد شد. فرایند تحلیل شبکه روشی انعطاف‌پذیر است که از طریق شکستن یک مسئله پیچیده تصمیم‌گیری، در نظر گرفتن ارتباط متقابل سطوح مختلف تصمیم نسبت به هم و همچنین ارتباط داخلی معیارهای تصمیم در یک سطح که عملا در سایر روش‌های تصمیم‌گیری نادیده گرفته می‌شود را حل نموده و در این خصوص به تصمیم‌گیران کمک شایانی می‌نماید (افضلی و سامانی، ۱۳۹۰). بنابراین، اولویت‌بندی محل‌های دفن نخاله‌های ساختمانی با به کارگیری WLC و وزن‌دهی به روش ANP می‌تواند گامی موثر در تصمیم‌گیری مدیران و برنامه‌ریزان با در نظر گرفتن تمامی معیارهای موثر بر تصمیم‌گیری ارزیابی مکانی باشد. این مقاله مبتنی بر مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی شهر گرگان با استفاده از تکنیک‌های فوق‌الذکر است. نتایج حاصل نشان می دهد عوامل محدودیت مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی در محدوده شهرستان گرگان منجر به حذف ۸۳/۳۷ درصد از کل محدوده شهرستان شده و منطقه برای مساحتی برابر با ۲۶۸۷۵ هکتار مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج ارزیابی توان منطقه برای این کاربری نشان داد که ۸۳/۳۷ درصد از سطح منطقه برای این کاربری توان ندارد. علت آن را می‌توان به وجود محدودیت‌های توسعه مربوط دانست که شامل فرودگاه، مناطق حفاظت شده، جنگل متراکم، مناطق مسکونی، رودخانه‌ها و حریم آنها در هر مورد هستند. این امر نشان می‌دهد معیارهای محدود کننده باید در ایجاد هر نوع کاربری جدید در منطقه مدنظر قرار گیرند (سلمان ماهینی و کامیاب، ۱۳۸۸).

در نهایت ۲۶۸۷۵ هکتار از سطح منطقه برای ایجاد مکان دفن نخاله‌های ساختمانی شهر گرگان مستعد شناخته شد که در یک نقشه رستری دارای ارزش ۰ تا ۲۵۵ طبقه‌بندی شد. نواحی یاد شده در بسیاری نقاط دارای پراکندگی بوده و یا دارای مطلوبیت کمی هستند که عملا قابل استفاده نیستند. از این‌رو برای نیل به یک راهکار مدیریتی نواحی با ارزش پیکسلی ۱۳۰ به بالا و دارای مساحت حداقل ۱۰ هکتار از بین نواحی مستعد نهایی گزینش شدند که در نهایت ۱۰۶۲ هکتار از منطقه به عنوان مناسب‌ترین نقاط برای این کاربری تشخیص داده شد. با توجه به تعداد بالا و پراکنده نواحی مستعد، از بین این نواحی تعداد ۵ ناحیه به عنوان مناسب‌ترین نقاط برای احداث مرکز دفن نخاله‌های ساختمانی گزینش شدند. با کنار هم گذاشتن این نتایج و همچنین موقعیت محل کنونی دفن نخاله‌های ساختمانی شهر گرگان می‌توان نتیجه گرفت که محل دفن کنونی در شرایط اکولوژیک و اقتصادی، اجتماعی مناسبی قرار ندارد. محل دفن کنونی در هیچ یک از مناطق گزینش شده برای دفن نخاله‌های ساختمانی نیست و از این‌رو می‌توان با توجه به شرایط موجود نسبت به تعویض منطقه با در نظر گرفتن حساسیت‌های موجود و سیاست‌های منطقه‌ای و ناحیه‌ای نسبت به گزینش مناطق مستعدتر که آثار سوء کمتری برای محیط‌زیست منطقه داشته باشد اقدام نمود.

این تحقیق با شناسایی و به کارگیری عوامل موثر در تعیین مکان مناسب محل دفن نخاله‌های ساختمانی از طریق عملیات ANP و WLC به مدیران و برنامه‌ریزان شهری در شناسایی و انتخاب مکان‌های مستعد استقرار محل دفن یاری می‌رساند. نکته مهم دیگر در این تحقیق اهمیت دقت در تعیین وزن‌های مربوط به هر یک از معیارهاست که نقش مهمی در نتایج کار داراست. هرچه این وزن‌ها با دقت بیشتری تعیین شوند، نتایج کار به واقعیت نزدیکتر می‌شوند و قابلیت اطمینان بالاتری خواهند داشت. فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) ضمن حفظ کلیه قابلیت‌های AHP از جمله سادگی، انعطاف‌پذیری، به کارگیری معیارهای کمی و کیفی به طور همزمان، قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها و امکان رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها می‌تواند بر محدودیت‌های جدی آن، از جمله در نظر نگرفتن وابستگی‌های متقابل بین عناصر تصمیم و

فرض این که ارتباط بین عناصر تصمیم سلسله مراتبی و یک‌طرفه است، فایق آمده و چارچوب مناسبی را برای تحلیل مسایل شهری فراهم کند (قدسی‌پور، ۱۳۸۹). همچنین با توجه به توانایی‌های منحصر به فرد روش ANP در وزن‌دهی معیارها و عدم امکان بررسی ساختارهای غیرردهای در سایر روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاری از قبیل AHP لزوم شناخت و استفاده از این روش در مسایل تصمیم‌گیری امری ضروری به نظر می‌رسد. به منظور افزایش کارایی و غنا بخشیدن به مطالعات کاربردی در زمینه انتخاب عرصه‌های مناسب برای مکان‌یابی نخاله‌های ساختمانی و سایر کارهای مکان‌یابی پیشنهاد می‌شود که از روش‌های دیگر تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شده و نتایج کارها با یکدیگر مقایسه شود. همچنین، تا یک حد معین هرچه تعداد معیارها و شاخص‌ها کامل‌تر و دقیق‌تر انتخاب شود نتایج بهتری به دنبال خواهد داشت که این امر به طور مسلم نیاز به تحقیقات بیشتری در این زمینه دارد.

یادداشت‌ها

1. Multiple Criteria Decision Analysis
2. Analytic Network Process
3. Factor
4. Constraint
5. Weighted Linear Combination
6. Multi-Criteria Evaluation
7. Looped arc
8. Inner dependence
9. Alternative
10. Weighted Linear Combination

فهرست منابع

احمدی، م.؛ حسنی، ا. و سلیمانی کرمانی، م. ۱۳۹۳. نقش الیاف فلزی بازیافتی از لاستیک خودرو بر بتن حاوی سنگ دانه‌های بازیافتی ناشی از نخاله‌های ساختمانی، تحقیقات بتن، دوره ۷، شماره ۲. صص: ۶۸-۵۷.

افضلی، ا.و محمدولی سامانی، ج. ۱۳۹۰. مکان یابی محل های مناسب دفن مواد زایدجامعه شهری شهر اصفهان با در نظرگرفتن اهمیت منابع آب و اولویت بندی آن ها با استفاده ازفرآیند تحلیل شبکه ای .مجله تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۷، شماره ۱، صص۷۶-۶۷.

بلوری بزاز، ج.و زنجانی، م. ۱۳۸۹. بررسی مقاومت مصالح حاصل از بازیافت نخاله‌های ساختمانی جهت استفاده در لایه‌های روسازی، پژوهشنامه حمل و نقل، دوره ۷، شماره ۲. صص:۱۳۳-۱۱۹.

جعفری، ح.؛ رفیعی، ی.؛ رمضانی مهریان، م. و نصیری، ح. ۱۳۹۱. مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری با استفاده از «AHP» و «SAW» در محیط «GIS» (مطالعه‌ی موردی: استان کهگیلویه و بویراحمد)، محیط‌شناسی سال ۳۸، شماره ۶۱صص: ۱۴۰-۱۳۱.

جوادیان کوتنایی، س.؛ ملماسی، س.؛ اورک، ن. و مرشدی، ج. ۱۳۹۳. تدوین الگوی ارزیابی توان اکولوژیک توسعه شهری با بهره گیری از فرایند تحلیل شبکه ای (ANP) (نمونه موردی:شهرستان ساری). مجله آمایش سرزمین، دور ششم، شماره اول، صص: ۱۵۳- ۱۷۸.

زبردست، ا. ۱۳۸۹. کاربرد فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در برنامه‌ریزی شهری، نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، شماره ۴۱. صص:۹۰-۷۹.

ساسان پور، ف.؛ موحد، ع.؛ شماعی، ع. و مصطفوی صاحب، س. ۱۳۹۴. بررسی و تحلیل موءلفه‌های تاثیرگذار در ارتقای کیفیت محیطی با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل شبکه ای (ANP) (مطالعه موردی:سقز). مجله محیط شناسی، دوره ۴۱، شماره ۱، صص ۱۴۳-۱۶۱.

سالاری، م، ه.؛ معاضد. و رادمنش، ف. ۱۳۹۱. مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری با استفاده از مدل AHP_FUZZY در محیط GIS (مطالعه‌ی موردی: شهر شیراز)، مجله طلوع بهداشت، سال یازدهم، شماره اول. صص: ۱۰۹-۹۶.

سعیدی، س.؛ محمدزاده، م.؛ سلمان ماهینی، ع. و میرکریمی، س، ح. ۱۳۹۳. ارزیابی و مدل‌سازی ارزش منظره ای سیمای سرزمین به روش ترکیب خطی وزنی (مطالعه موردی: مسیرهای پیاده روی آبخیز زیارت استان گلستان). محیطزیست طبیعی، منابع طبیعی ایران. دوره ۷، شماره ۳، پاییز ۹۳، صص ۳۰۱-۳۱۱.

سلمان ماهینی، ع. و کامیاب، ح. ۱۳۸۸. سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم‌افزار ایدریسی. انتشارات مهر مهدیس، ۲۲۰ص.

شکوری، ا. ۱۳۹۱. مقایسه دو روش تصمیم‌گیری MOLA FUZZY و TOPSIS FUZZY در آمایش سرزمین (مطالعه موردی: شهرستان‌های علی‌آباد کتول، گرگان و کردکوی). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: دکتر عبدالرسول سلمان ماهینی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده محیطزیست. ۱۳۲ ص.

طاهری، م.؛ عباسپور، ر، ع. و علوی‌پناه، س، ر. ۱۳۹۳. استفاده از تصمیم گیری چندمعیاره مبتنی بر تلفیق روشهای DEMATEL و ANP در انتخاب مکان بهینه آرامستان‌ها (مطالعه موردی: اصفهان). مجله محیط شناسی، دوره ۴۰، شماره ۲، صص ۴۶۳-۴۸۰.

عرفانی، م.؛ اردکانی، ط. و صادقی، آ. ۱۳۹۰. مکان‌یابی برای تفرج متمرکز در منطقه چاه نیمه (شهرستان زابل) با استفاده از سیستم تصمیم‌گیری چند متغیره، پژوهش‌های محیطزیست، سال دوم، شماره ۴، صص: ۵۰–۴۱.

فرجی سبکبار، ح.؛ سلمانی، م.؛ فریدونی، ف.؛ کریم زاده، ح. و رحیمی، ح. ۱۳۸۹. مکان‌یابی محل دفن بهداشتی زباله بهداشتی با استفاده از مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای تحلیل(ANP): مطالعه موردی نواحی روستایی شهرستان قوچان، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۱۴، شماره ۱. صص: ۱۴۹–۱۲۷.

قدسی‌پور، ح. ۱۳۸۹. فرایندتحلیل سلسله مراتبی (AHP) ، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ هشتم، تهران. ۱۸۷ ص.

کرمی، ا.؛ حسینی نصر، س، م.؛ جلیلوند، ح. و میریعقوب زاده، م، ح. ۱۳۹۲. ارزیابی توان اکولوژیکی حوضه بابلرود برای کاربری کشاورزی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP). فصلنامه علمی پژوهشی اکوسیستم‌های طبیعی ایران، سال پنجم، شماره اول. صص: ۳۷–۴۸.

کریمی، س. ۱۳۹۳. درس‌نامه کاربرد GIS در برنامه‌ریزی محیطزیست، دانشگاه تهران، دانشکده محیطزیست.

متکان، ع. ا.؛ شکیبا، س.؛ پورعلی. ح. و نظم‌فر، ح. ۱۳۸۷. مکان‌یابی مناطق مناسب جهت دفن پسماند با استفاده از GIS (ناحیه مورد مطالعه: تبریز)، مجله علوم محیطی، سال ششم، شماره دوم. صص:۱۳۲–۱۲۱.

مخدوم، م. ۱۳۸۴. شالوده آمایش سرزمین. چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه تهران. ۲۸۹ ص.

Al-Hanbali, A.; Alsaaideh, B.; & Kondoh, A. 2011. Using GIS-Based Weighted Linear Combination Analysis and Remote Sensing Techniques to Select Optimum Solid Waste Disposal Sites within Mafraq City, Jordan. Journal of Geographic Information System 3, 267-278.

Carlucci, D. & Schiuma, G. 2008. Applying the analytic network process to disclose knowledge assets value creation dynamics, Expert systems with Applications 36(4), 7687-7694.

Eastman, R.J. 2003. Idrisi for windows user guide, clark university. Newyork .

Games, Y.W.; Ali, T.; Christoforos, C. & Hatim, F. 2004. A systems analysis tool for construction and demolition waste management. Waste Management, 24, 989–997.

Hso, P, F. & Kuo, M. H. 2011. Applying the ANP Model for Selecting the Optimal Full-service Advertising Agency. International Journal of Operations Research 8(4), 48-58.

Kar L, C.V. & Bart, L. 2000. Recy cling options for Gypsum from Construction and Demdition waste. Waste Materialsin Cnstruction. 22, 325–331.

Khan, S. & Faisal, M.N. 2007. An analytic network process model for municipal solid waste disposal options. Waste Management 28, 1500-1508.

Kue, M.S.; Ling, G.S. & Hung, W.C. 2006. Extensions of Multicriteria Analysis with Pair Wise Comparison under a Fuzzy Environment. International Journal of Approximate Reasoning 43(2006), 268-285.

Lee, H. 2009. Selection of Technology acquisition mode using the analytic network Process. Mathematical and Computer Modeling 49, 1278-1282.

Nabil , K .; Nayef , A .; Ibrahim , A .& Jasem , A . 2004. Environmental Management of Construction and demolition waste in Kuwait. Waste management, 24, 1049 – 1059.

Rikalovic, A.; Cosic, I. & Lazarevic D. 2014. GIS Based Multi-Criteria Analysis for Industrial Site Selection. Procedia Engineering. 69:1054–1063.

Saaty, T.L.; Vargas, L.G. 2006. Decision Making with the Analytic Network Process. Springer Science, New York. USA.

Satty, T.L. 1999. Fundamentals of the Analytic Network Process, Proceedings of ISAHP 1999, Kobe, Japen.

Satty, T.L. 1980. The Analytic Hierachy Process. Mc Graw_Hill, New York.

Shrestha, R.K.; Alvalapati, J.R.R. & Kalmbacher, R.S. 2004. Exploring the Potential for Silvopasture Adoption in South-Central Florida: an Application of SWOT-AHP Method Agricultural System, 81, 185-199.

Zimmermann, H.J. 1995. Fuzzy set theory and its Application- Dordeche: Kluwer Nijhoff publishing Netherlands, 504.