ارایه مدل چندمعیاره برای ارزیابی اثرات محیط‌زیست جاده‌های آسفالت (مطالعه موردی: کمربندی شرقی همدان)

اژدر امینی، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، پردیس بین‌المللی ارس، دانشگاه تهران، جلفا، آذربایجان

ناصر مهردادی، استاد، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

شاهو کرمی(مسئول مکاتبات)، دانشجوی دکتری، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

سعید گیوه چی، استادیار، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

حسن هویدی، استادیار، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

E-mail: karami.sh@ut.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۰۳ پذیرش:۱۳۹۲/۰۹/۰۹

چکیده:

ارزیابی اثرات محیط‌زیستی، ابزاری برای اطمینان یافتن از اجرای مناسب و صحیح یک پروژه است و می‌توان آن را روشی جهت تعیین، پیش‌بینی و تفسیر اثرات یک پروژه پیشنهادی بر محیط‌زیست دانست. در فرآیند ارزیابی اثرات محیط‌زیست همواره قضاوت‌های انسانی در اخذ تصمیم و در ارتباط با انتخاب نوع کاربری، یا سنجش اثر ناشی از توسعه بر محیط‌زیست مؤثر بوده است. در این پروژه ارزیابی اثرات محیط‌زیستی با استفاده از روش ماتریس سریع، روشTOPSIS و ANP که هر دو از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره هستند، انجام شد. فرآیند طی‌شده شامل: غربالگری، تعیین محدوده، معرفی گزینه‌ها، مطالعات وضعیت پایه محیط‌زیست، تعیین و پیش‌بینی اثرات، ارزیابی اثرات با سه روش یاد شده و تهیه گزارش است. در مرحله غربالگری با استفاده از فهرست‌های مثبت (فهرست پروژه‌های مشمول ارزیابی) مشخص شد که پروژه نیازمند ارزیابی است، سپس با کار میدانی مرزهای محدوده مورد مطالعه و مسیرهایی که کمربندی می‌تواند در آن احداث شود تعیین شد که در این مرحله دو مسیر برای احداث جاده معرفی شد. در ادامه، وضعیت موجود عوامل محیط‌زیست بررسی شد، سپس به وسیله چک‌لیست مهم ترین عواملی که در صورت احداث کمربندی تحت تاثیر واقع می‌شدند شناسایی شدند و به عنوان معیار در ارزیابی اثرات انتخاب شدند. سپس با استفاده از سه روش ماتریس سریع، TOPSIS، ANP، به طور جداگانه ارزیابی اثرات محیط‌زیست انجام شد. هر سه روش، گزینه "الف" را به عنوان مسیر مناسب برای احداث جاده معرفی کردند، اما در این میان روش ANP به دلیل توانایی در ایجاد یک شبکه که روابط متقابل بین معیارها و گزینه‌ها را در سطوح و جهات مختلف مدل می‌کند به عنوان روش مناسب چندمعیاره برای ارزیابی اثرات محیط‌زیستی پروژه‌های مختلف معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی اثرات محیط‌زیستی، ماتریس سریع، مدل چندشاخصه، روش TOPSIS، روش ANP

۱. مقدمه

به دلیل نیازهای روزافزون انسان به مواد غذایی و سایر امکانات در آینده و سیر قهقرایی محیط‌زیست، مساله پایداری در منابع طبیعی، از جمله منابع آب و خاک اهمیت روز افزون یافته است. بنابراین اکنون به نظر می‌رسد توسعه پایدار بدون در نظرگرفتن منابع آب و خاک بی‌معناست. به‌طور کلی، هر طرح در راستای توسعه پایدار، باید بتواند نیازهای متعددی را مرتفع کند. این نیازها شامل امکان فن‌آوری لازم، اقتصادی بودن، مقبولیت سیاسی داشتن، قابل اجرا بودن، قابلیت پذیرش اجتماعی داشتن و بالاخره از نظر زیست‌محیطی بدون ضرر و زیان بودن، است[Foe ,2012].

امروزه دیگر نمی‌توان انتظار داشت که همراه با استقرار توسعه‌های مختلف که از ملزومات پیشرفت علمی و اقتصادی انسان است، محیط‌زیست دست‌نخورده باقی بماندو مدیریت محیط‌زیست نیز به دنبال چنین امر محالی نیست، لیکن تقلیل آلودگی‌ها و کاهش اثرات تخریبی آن در حدی معقول در روند توسعه پایدار مد نظر است. این امر مهم، از طریق ارزیابی اثرات محیط‌زیست، مدیریت صحیح، نظارت و پایش صحیح و بموقع ممکن می‌گردد. هدف اولیه از ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، اطمینان یافتن از رعایت سیاست‌ها و اهداف تعیین شده در برنامه و فعالیت‌های یک پروژه در راستای ضوابط، معیارها، قوانین و مقررات زیست‌محیطی دولتی است. ارزیابی اثرات محیط‌زیستی شناسایی سیستماتیک و بررسی آثار پروژه‌ها، برنامه‌ها و طرح‌های پیشنهادی بر اجزای فیزیکی، زیستی، فرهنگی و اجتماعی- اقتصادی محیط‌زیست است و هدف از انجام آن اطمینان از این امر است که تمامی گزینه‌های مورد نظر توسعه موافق با توسعه پایدار باشند و هر گونه پیامد محیط‌زیستی در مرحله طراحی پروژه شناسایی شده و مورد توجه قرار گیرد[Canter, 1996]. به نظر[Rosario, 2004]، ارزیابی فرآیندی قراردادی برای پیش‌بینی پیامدهای زیست‌محیطی فعالیت‌های توسعه انسانی و برنامه‌ریزی روشهای مناسب برای حذف اثرات مخرب و تقویت اثرات مثبت است. همچنین ارزیابی اثرات محیط‌زیستی ابزاری مدیریتی است که ارایه‌گر اطلاعات محیط زیستی در زمان مقتضی است. علاوه بر آن تغییرات مکانی و طراحی را در جهت اجتناب یا کاهش اثرات مخرب تعیین می‌کند.[Wathern, 1991] و دربرگیرنده تحلیل و انتخاب گزینه‌های مناسب، با هدف پرهیز از هر گونه اشتباه‌های پرهزینه در برنامه‌ریزی‌های توسعه است [Lawrence, 2003].

از آنجا که طرح‌های توسعه حمل‌ونقل جاده‌ای با عبور از اکوسیستم‌های مختلف قابلیت اثرات متفاوتی را به همراه دارند، بنابراین شناسایی اثرات زیست‌محیطی این گونه طرحها بسیار متفاوت از طرح‌های توسعه کانونی است. از دیرباز مشخص شده است که زیربناهای مربوط به حمل و نقل و استفاده از آنها و بطور خاص ترافیک جاده‌ای، دارای اثرات منفی گسترده‌ای بر محیط‌زیست است. در این راستا بسیاری از کشورها به این نتیجه رسیدند که برای توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل پایدار نیاز به روش‌های نوین در برنامه‌ریزی و استفاده از چارچوب‌های مناسب ارزیابی است[Iran. Ministry of Road and Urban Development, 2007.] از اولین مطالعات جهانی در این زمینه می‌توان به بررسی اثرات محیط‌زیستی مربوط به آزادراه Glenwod Ganyon در کلرادو آمریکا اشاره کرد. این آزادراه به طول ۱۲/۵ مایل، ضمن عبور از مناطق بسیار سخت و دشوار و صعب‌العبور کوهستانی و بالنتیجه لزوم احداث ابنیه فنی مهم از جمله پل‌های بزرگ دره‌ای و تونل‌های طولانی و اینکه حدود نصف طول آن بالاتر از سطح زمین و بر روی پایه‌های ساخته شده است، به دلیل عبور از مناطق با مناظر زیبای طبیعی از یک‌سو و لزوم رعایت ضوابط و معیارهای محیط‌زیستی و حفظ محیط‌زیست از سوی دیگر و در نتیجه وجود محدودیت‌های خاص و قانونی و ملی از اهمیت برخوردار بوده است. از موارد دیگر می‌توان به آزادراه واسکو دوگاما در لیسبون پرتغال اشاره

کرد که در سال ۱۹۹۲ مطالعات ارزیابی جهت احداث آن انجام شد[Malakouti, 2005].

بررسی سوابق موضوعی اجرای طرح‌ها و پروژه‌های عمرانی راه در کشور نشان می‌دهد که در برنامه‌ریزی‌های گذشته به مانند بسیاری از کشورهای در حال توسعه اهمیت و ارزش‌های منابع طبیعی و محیطزیست از دیدگاه تصمیم‌گیران پنهان بوده و بسیاری از آنها بدون توجه به ملاحظات زیست‌محیطی طراحی و بهره‌برداری شده‌اند، حاصل و پیامدهای چنین اقداماتی بروز آلودگی‌های مختلف و تخریب منابع در سطح وسیعی از کشور بوده است. در ایران در سال ۱۳۶۳ مقاله‌ای تحت عنوان "بزرگراه‌ها و آلودگی‌های ناشی از آن" توسط سید مسعود منوری ترجمه و به چاپ رسید[Movannari, 2001]

با وجود مطالعاتی که تاکنون انجام شده، روش عملی و مدیریتی در خصوص تحلیل اثرات محیطزیستی پروژه‌های حمل و نقل در ایران به شکل مدون وجود نداشته است، از این رو این پژوهش به دنبال ارایه یک مدل تحلیل چند شاخصه برای ایجاد راه‌های جدید در کشور با کمترین آثار محیطزیستی است. برای این منظور با انتخاب کمربند شرقی همدان به عنوان مطالعه موردی به ارایه مدل کاربردی چند شاخصه پرداخته می‌شود.

۲. مواد و روش‌ها

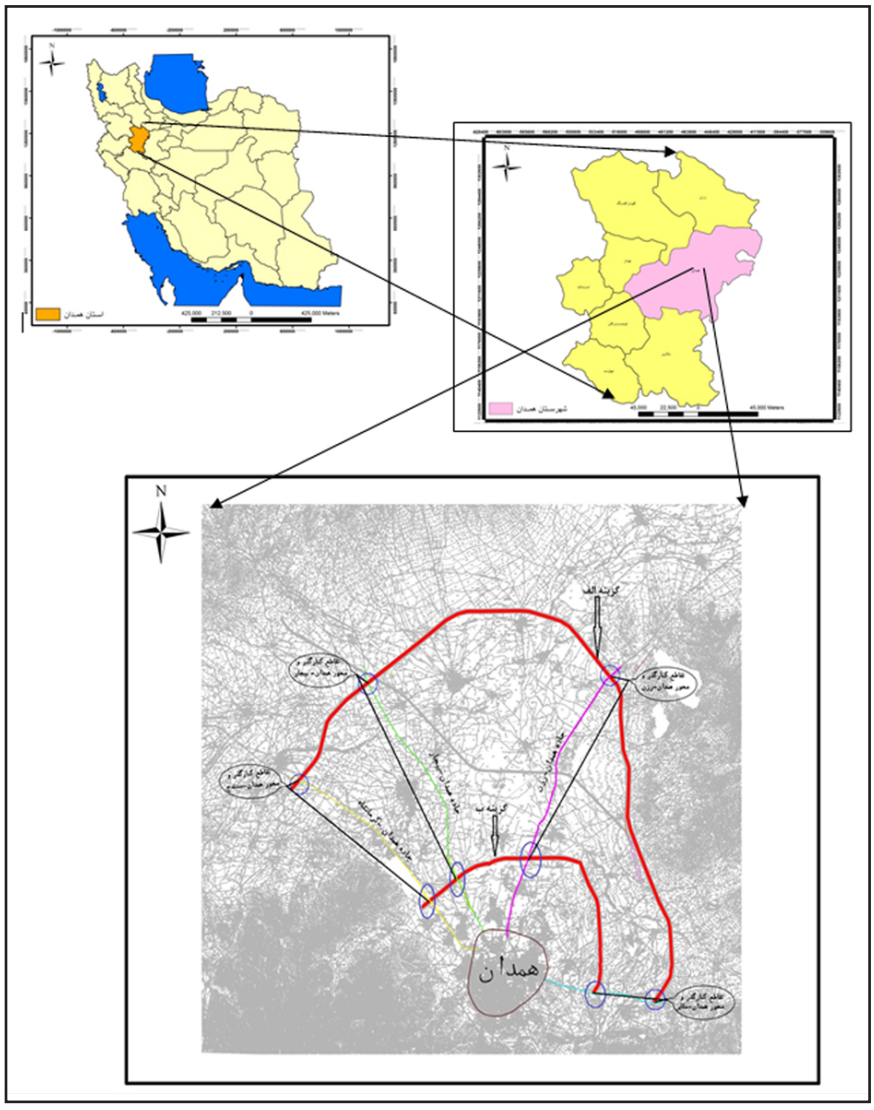
۲-۱ منطقه مورد مطالعه

استان همدان در گستره‌ای به مساحت ۱۹۴۹۳ کیلومتر مربع در غرب ایران بین ۵۹ ′ ۳۳ ° تا ۴۸ ′ ۳۵ ° عرض شمالی و ۳۶ ′ ۴۷ ° تا ۳۶ ′ ۴۹ ° طول شرقی از نصف النهار مبداء قرار گرفته است. این استان از شمال به استان‌های زنجان و قزوین، از جنوب به استان لرستان، از شرق به استان مرکزی و از غرب به استان‌های کرمانشاه و کردستان محدود است. مرکز این استان شهرستان همدان است که در حد فاصل ۴۵ ′ ۳۴ ° تا ۵۲ ′ ۳۴ ° عرض شمالی و ۲۷ ′ ۴۸ ° تا ۳۵ ′ ۴۸ ° طول شرقی قرارگرفته است[Iranian Surveying Organisation, 2011].

نکته قابل توجه در مورد این استان، همجواری آن با استانهای قزوین، لرستان، کرمانشاه، کردستان و زنجان است که عملاً استان همدان خصوصاً شهرستان همدان را به یک مرکز اصلی پخش و تبادل ترافیک ما بین مسیرهای این استان‌ها تبدیل کرده است. از آنجا که راه‌های اصلی و شریان‌های مهم در منطقه به مرکز این استان یعنی شهر همدان منتهی می‌گردند، بنابراین برای تقسیم ترافیک عبوری به محورهای منشعب از شهر همدان و جلوگیری از ورود ترافیک برون شهری به داخل محدوده شهری که موجب ازدیاد، ایجاد ترافیک درون شهری، اختلال در رفت و آمد، اتلاف در زمان سفر و منابع سوخت و حل مشکلات ناشی از کندی حرکت وسائل نقلیه عبوری و سهولت در تردد وسائل نقلیه برون شهری، طرح کنارگذر همدان از اهمیت خاصی برخوردار خواهد بود. به همین منظور کنارگذر شهرستان همدان مورد مطالعه قرار گرفت. کنارگذر همدان به دو قطعه شرقی و غربی تقسیم می‌گردد که قطعه شرقی باید از حد فاصل محورهای همدان – تهران و همدان – ملایر و قطعه غربی حد فاصل محورهای همدان – تهران و همدان – کرمانشاه عبور کند. برای احداث کنارگذر شرقی با مطالعات میدانی ۲ مسیر پیشنهاد شد. هر دو مسیر پیشنهاد شده در شرق شهر همدان قرار دارد.

مسیر الف: این مسیر با عبور از شرق همدان، از تقاطع جاده ملایر شروع شده و با قطع کردن جاده‌های همدان–رزن، همدان– بیجار، همدان–سنندج و همدان–کرمانشاه به پایان می‌رسد.

مسیر ب: این مسیر همانند مسیر "الف" از جاده ملایر شروع شده اما به شهر همدان نزدیک تر است و با قطع کردن تقاطع‌های فوق به پایان می‌رسد. و تفاوت این گزینه با گزینه الف در نزدیکی این مسیر به شهر است.



شکل ۱. موقعیت دو مسیر «الف» و «ب» نسبت به شهر همدان

۲-۲ ماتریس سریع(روش پاستاکیا[1])

مفهوم ماتریس سریع توسط پاستاکیا درسال ۱۹۹۸ تدوین شده است. این روش براساس یک تعریف استاندارد از معیارهای مهم ارزیابی قرار دارد. ماتریس سریع ارزیابی اثرات ابزاری برای سازماندهی، تجزیه و تحلیل و نشان دادن نتایج حاصل از یک ارزیابی همه جانبه اثرات محیط‌زیستی است[Sharafi et al, 2008] .

در ارزیابی محیط‌زیستی احداث جاده، پروژه در دو مرحله احداث و بهره‌برداری دارای اثرات محیط‌زیستی است که در این پژوهش اثرات هر دو مرحله با هم مورد بررسی قرار گرفته و عوامل محیط‌زیستی که توسط پروژه تحت تاثیر قرار می‌گیرند با استفاده از چک‌لیست ماهیت اثرات و توسط کارشناسان و صاحبان منافع در پروژه شناسایی شدند که در دو دسته بیوفیزیکی و انسانی قرار می‌گیرند. بیوفیزیکی شامل پارامترهای زمین(فرسایش خاک، فشردگی، لرزش)، آب سطحی(کیفیت آب، زهکشی)، آب زیرزمینی(سطح ایستایی، کیفیت آب زیرزمینی)، اتمسفر(کیفیت هوا،تغییرات اقلیمی)، میزان صدا، گونه‌ها و جمعیت‌ها(گیاهان، جانوران، زیستگاه‌ها) است. و انسانی شامل پارامترهای اجتماعی

و اقتصادی(اشتغال، ساختارهای اجتماعی، افزایش قیمت زمین، رفاه، طرح‌های توسعه آتی) و فرهنگی(آثار تاریخی، سلامت فیزیکی، آسایش روانی) است.

روش ماتریس سریع بر اساس امتیازدهی به اثرات فعالیت‌های پروژه بر فاکتورهای محیطزیست است. این امتیازدهی بر اساس معیارهای تعریف شده صورت می‌گیرد.

در این روش معیارهای ارزیابی به دو گروه تقسیم می‌شود[Pastakia,1998].

– معیارهایی که دارای اهمیت بیشتری هستند، به طوری که هر یک می‌توانند امتیاز کسب شده را به نحو قابل توجهی تغییر دهند(معیارهای گروه a شامل a_1 و a_2).

– معیارهایی که دارای اهمیت نسبی هستند، ولی به تنهایی نمی‌توانند تغییر شدیدی در امتیاز کسب شده ایجاد نمایند(معیارهای گروه b شامل b_1 و b_2 و b_3).

در این سیستم امتیازدهی، امتیازهای مربوط به معیارهای گروه اول(a) در هم ضرب می‌شوند. به این ترتیب این معیارها هر یک دارای وزن بیشتری در امتیازدهی خواهند بود. امتیازهای مربوط به گروه دوم(b) با هم جمع می‌گردند. به این ترتیب وزن کمتری را به خود اختصاص می‌دهند، اما ارزش آنها در امتیازدهی در نظر گرفته می‌شود. و جمع نهایی امتیازهای هر دو گروه در هم ضرب می‌شود تا ارزش نهایی ارزیابی محیطزیستی تعیین گردد[Pastakia & Madsen, 1998].

- $(a_1)*(a_2)= a_T$
- $(b_1)*(b_2)*(b_3)= b_T$
- $(a_T)*(b_T)= ES$

* در گروه یک: معیار a_1 بیانگر اهمیت اثر و a_2 نشان‌دهنده بزرگی اثر است.

* در گروه دو: معیار b_1 پایداری اثر، b_2 برگشت‌پذیری اثر و b_3 تجمعی بودن اثر است.

- و در بخش آخر، a_T امتیاز گروه a و b_T امتیاز گروه b است و ES[۲] ارزش نهایی ارزیابی محیطزیستی است[Jensen & Laursen, 1998].

در مرحله بعد اثرات پروژه بر هر کدام از فاکتورهای محیطزیست که توسط پروژه تحت تاثیر واقع می‌شوند با استفاده از جدول۱ امتیازدهی شدند و برای هر یک از پارامترهای محیطزیست ES محاسبه شد.

۲-۳ روش تاپسیس[۲]

مدل TOPSIS توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شده است. این تکنیک بر اساس این مفهوم ایجاد شده است که گزینه‌های مناسب گزینه‌هایی هستند که حداقل فاصله را نسبت به راه حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و دورترین فاصله را نسبت به راه حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشند[Chen, 2000] نبی‌بیدهندی و همکاران، ۱۳۹۱ بیان می‌کند در این روش m گزینه به وسیله n شاخص، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد[Nabibidhendi et al, 2012]. فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص، به طور یکنواخت افزایشی یا کاهشی است. [Stewart, 1997] نبی بیدهندی می‌گوید حل مساله با این روش، مستلزم طی مراحل زیر است:

۱. کمی کردن و بی مقیاس سازی ماتریس(N): برای بی مقیاس‌سازی، از بی‌مقیاس‌سازی نورم استفاده می‌شود.

۲. به دست‌آوردن ماتریس بی مقیاس موزون(V): ماتریس بی‌مقیاس شده (N) را در ماتریس قطری وزن‌ها(wn×n) ضرب می‌کنیم.

۳. تعیین راه حل ایده‌آل مثبت و راه حل ایده‌آل منفی: راه حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی به صورت زیر تعریف می شوند:

* بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس V: راه حل ایده‌آل مثبت(+Vj)

* بردار بدترین مقادیر هر شاخص ماتریس V : راه حل ایده آل

جدول ۱. ملاک امتیازدهی به معیارهای ارزیابی در روش ماتریس سریع

معیار	امتیاز	توصیف
A_1 اهمیت اثر	۴	دارای اهمیت ملی/بین‌المللی
	۳	دارای اهمیت ملی/منطقه‌ای
	۲	دارای اهمیت برای نواحی اطراف پروژه با وسعت بیش از محلی
	۱	دارای اهمیت محلی
	۰	بدون اهمیت
A_2 بزرگی اثر	۳	منافع بسیار مثبت
	۲	بهبود قابل ملاحظه در وضعیت
	۱	بهبود وضعیت محیط‌زیست
	۰	بدون تغییر
	-۱	تغییر منفی در وضعیت محیط‌زیست
	-۲	تغییر منفی قابل ملاحظه
	-۳	تغییر منفی شدید
B_1 پایداری اثر	۱	بدون تغییر
	۲	موقتی
	۳	دائمی
B_2 برگشت پذیری	۱	بدون تغییر
	۲	برگشت‌پذیر
	۳	برگشت‌ناپذیر
B_3 تجمعی بودن	۱	بدون تغییر
	۲	غیرتجمعی
	۳	تجمعی

[منبع: Jensen & Laursen, 1998 & Pastakia & Madsen, 1998]

منفی(-Vj)

«بهترین مقادیر» برای شاخص‌های مثبت، بزرگ‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی، کوچک ترین مقادیر و «بدترین» برای شاخص‌های مثبت، کوچک‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی بزرگ‌ترین مقادیر است.

۴. به دست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی: فاصله اقلیدسی هر گزینه تا ایده آل مثبت (+dj)و فاصله هر گزینه تا ایده‌آل منفی(-dj)

۵. تعیین نزدیکی نسبی (*CL) یک گزینه به راه حل ایده‌آل.

۶.رتبه بندی گزینه‌ها: هر گزینه‌ای که CL آن بزرگ تر باشد، بهتر است.

نرم‌افزار TOPSIS: نرم افزار تاپسیس به عنوان یک ابزار قدرتمند جهت حل تصمیم‌گیری چند معیاره به روش تاپسیس، طراحی شده است. نرم افزار تاپسیس قادر است با دریافت اطلاعاتی

چون معیارها، وزن معیارها، نوع معیارها(مثبت یا منفی)،گزینه‌ها و داده‌های ماتریس تصمیم‌گیری، کلیه گام‌های روش تاپسیس را بصورت خودکار انجام دهد و در خروجی تحلیل ضریب نزدیکی گزینه‌ها را محاسبه کند و علاوه بر آن گزینه‌ها را بر اساس ضریب نزدیکی اولویت‌بندی و به صورت نمودار گرافیکی نمایش دهد[Nabibidhendi, 2012].

در این پروژه در اولین مرحله ساختار سلسله مراتبی برای انتخاب مسیر با کمترین اثرات مخرب محیطزیستی تشکیل شد. در این ساختار هدف کلی "انتخاب مسیر با کمترین اثرات مخرب محیطزیستی" تعریف شد. اثرات بیوفیزیکی، اثرات بیولوژیکی، اثرات اقتصادی-اجتماعی و اثرات فرهنگی، چهار معیار اصلی هستند. اثرات بیوفیزیکی دارای معیارهای اثر بر زمین (شامل زیر معیارهای فرسایش خاک، فشردگی خاک، لرزش زمین)، اثر بر آب (شامل زیرمعیارهای کیفیت آب سطحی، زهکشی، کیفیت آب زیرزمینی، سطح ایستایی آب زیرزمینی)، اثر بر اتمسفر(شامل زیر معیارهای کیفیت هوا و تغییرات اقلیمی) و اثرات صوتی است. اثرات بیولوژیکی دارای معیارهای اثر بر گیاهان، جانوران و زیستگاه‌ها است. اثرات اقتصادی-اجتماعی نیز دارای معیارهای اثر بر اشتغال، رفاه، قیمت زمین، ساختار اجتماعی، طرح‌های توسعه آتی است و اثرات فرهنگی دارای معیارهای اثر بر آثار تاریخی، سلامت فیزیکی و آسایش روانی است. از این معیارها سه معیار اثر بر اشتغال، رفاه و طرح‌های توسعه آتی مثبت هستند و سایر معیارها منفی هستند.

با استفاده از ماتریس مقایسات زوجی زیرمعیارها نسبت به معیارها و معیارها نسبت به هدف کلی وزن‌دهی و این مقایسات زوجی به نرم‌افزار Expert choice وارد شدند، نتایج این محاسبات "ماتریس قطری وزن‌ها (wn×n)» را تشکیل می‌دهد. در مرحله بعد "ماتریس تصمیم"برای دو مسیر الف و ب و معیار تشکیل شد. سپس این داده‌ها یعنی ماتریس قطری وزن‌ها و ماتریس تصمیم به نرم‌افزار TOPSIS وارد شدند و نتایج استخراج شد.

۴-۲ روش ANP[۳]

توماس ساعتی در سال۱۹۹۶ روشی را برای تصمیم‌گیری چند معیاره ارایه کرده است که این روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای نامیده شد. طی سالهای متمادی، روش ANP یک روش فراگیر و چند منظوره تصمیم‌گیری است که به صورت گسترده‌ای در حل مسائل پیچیده تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد,Nabibihendi] [2002. روش تحلیل شبکه‌ای یک قالب کلی را ایجاد کرده و در آن به وابستگی بین عناصر بالاتر به پایین و وابستگی عناصر بین خودشان تاکید می‌کند. علت موفقیت مدل، همبستگی بسیار نتایج آن با دنیای واقعی و تصمیم‌گیری مردمی و در دنیای واقعی با پیچیدگی‌هایش است. در روش تحلیل شبکه‌ای، ارتباطات پیچیده بین و میان عناصر تصمیم، از طریق جایگزینی ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه‌ای در نظر گرفته می‌شود,Zebardast] [2009. این مدل برای پر کردن خلا عدم ایجاد ارتباطات بین عناصر و معیارها در مدل سلسله مراتبی به وجود آمد و اساس آن شکل‌دهی یک شبکه‌ای از ارتباطات و وابستگی‌ها و پیوندها و بین عناصر و خوشه‌ها است. در واقع ANP پیوند دو بخش است: بخش اول شامل مجموعه‌ای از معیارها و زیرمعیارهای کنترلی شبکه‌ای و یا سلسله مراتبی است که برهمکنش‌ها و ارتباطات متقابل را کنترل می‌کند و دومی شبکه‌ای از برتری‌ها و تاثیرگذاری‌ها میان عناصر و خوشه‌ها است[Banar et al, 2007].

ANP از چهار مرحله اصلی تشکیل شده است:

مرحله اول، ساختن مدل، سازماندهی مساله: مساله باید به صورت شفافی بیان و به صورت یک سیستم منطقی یک شبکه تجزیه شود. یعنی هدف، معیارها، زیرمعیارها، گزینه‌ها و روابط بین آنها شناسایی و رسم شود. این مرحله مهم ترین قسمت یک تصمیم‌گیری تحلیل شبکه‌ای را تشکیل می‌دهد. بعد از این که دسته‌های شبکه مشخص شدند، آنها باید به یک دیگر متصل

شوند که این اتصال بر اساس نوع ارتباط عناصر داخلی آنها صورت می‌گیرد[Wohfslehner et al, 2005]. اساس منطق ANP بر این پایه استوار است که بتوانیم روابط و اثرات ملاک‌ها و دسته‌ها بر یک دیگر را وارد مسئله نمائیم در این هنگام باید هر عنصر درون یک گروه را به عناصر دیگری که چه در داخل همان گروه و چه در داخل گروه‌های دیگر مؤثر است را مشخص کرده و عنصر مبدأ را به آن عناصر متصل کنیم. به طور کلی دو نوع وابستگی اصلی در هر شبکه می‌تواند وجود داشته باشد.

– وابستگی میان خوشه‌ها به طوری که هر خوشه می‌تواند با خوشه دیگر در هر سطح تصمیم‌گیری دارای ارتباط متقابل و بازخوردی باشد.

– وابستگی میان عناصر خوشه‌ها به گونه‌ای که هر عنصر در هر خوشه می‌تواند با تمامی عناصر موجود در دیگر خوشه‌ها وابستگی داخلی داشته باشد و حتی عناصر درون یک خوشه نیز می‌توانند با یکدیگر وابستگی داشته باشد [Momeni and Sharifi Salim, 2011]

مرحله دوم، ماتریسهای مقایسه زوجی و بردارهای اولویت: عناصر زوج‌های تصمیم‌گیری در هر دسته با توجه به اهمیت آنها در جهت معیارهای کنترل(معیارهایی که مقایسات زوجی نسبت به آنها انجام می‌شود) آنها با هم مقایسه می‌شوند. گروه‌ها خودشان نیز به صورت زوجی با توجه به تاثیرگذاری آنها در هدف با هم مقایسه می‌شوند.

مقایسات زوجی در ANP: مقایسات شامل دو قسمت اصلی است که به ترتیب عبارتند از: مقایسات خوشه‌ها و مقایسات عناصر خوشه‌ها.

مقایسه خوشه‌ها برای به دست آوردن اثرات متقابل خوشه‌ها یا اولویت آن‌ها نسبت به هم انجام می‌پذیرد. مقایسه خوشه‌ها زمانی انجام می‌شود که تعداد آنها حداقل سه باشد. چنانچه نخواهیم مقایسه‌ای بین دسته‌ها انجام دهیم بایستی وزنی مساوی به هر یک از آن‌ها اختصاص دهیم. مقایسه عناصر خوشه‌ها که عناصر را با هم و با استفاده از ماتریس مقایسه زوجی ساعتی با هم مقایسه می‌کند[Khan & Faisal, 2008].

مرحله سوم، تشکیل ابرماتریس (ماتریس تصمیم): برای به دست آوردن اولویت‌بندی کلی در یک سیستم با تاثیرات وابسته، بردارهای اولویت محلی وارد ستونهای مناسب یک ماتریس می‌گردند. در حقیقت یک ماتریس تصمیم یک ماتریس تقسیم شده به اجزای کوچک تر است.

گام چهارم، محاسبه بردار وزن نهایی: اگر ابرماتریس به دست

جدول۲. مقیاس ساعتی برای مقایسات زوجی

ارزش ترجیحی	وضعیت مقایسه i نسبت به j	توضیح
۱	اهمیت برابر	گزینه یا شاخص i نسبت به j اهمیت برابر دارند و یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
۳	نسبتاً مهم تر	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهمتر است.
۵	مهم تر	گزینه یا شاخص i نسبت به j مهمتر است.
۷	خیلی مهم تر	گزینه یا شاخص i دارای ارجحیت خیلی بیشتری از j است.
۹	کاملاً مهم	گزینه یا شاخص مطلقاً i از j مهمتر و قابل مقایسه با j نیست.
۲و۴و۶و۸		ارزشهای میانی بین ارزشهای ترجیحی را نشان می‌دهد مثلا ۸، بیانگر اهمیتی زیادتر از ۷ و پایین‌تر از ۹ برای I است.

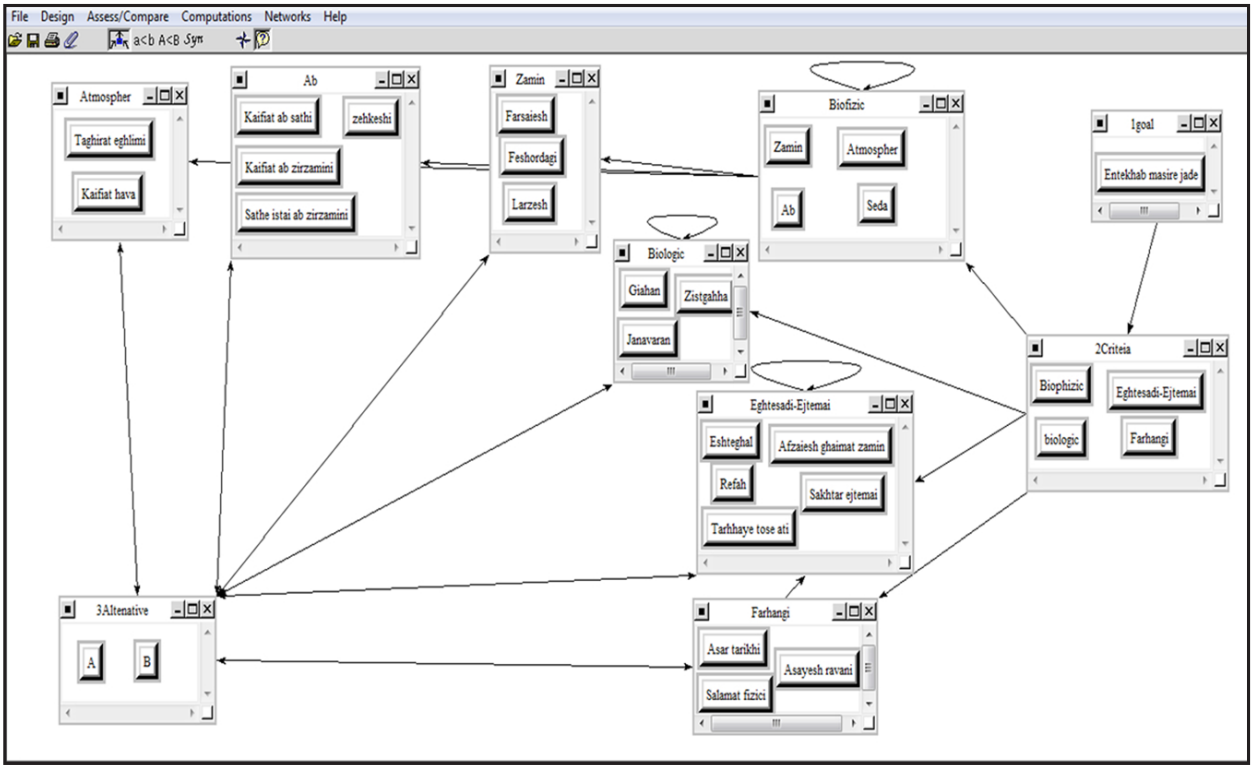
[منبع: Saaty, 1996، Momeni and shari Salim, 2011، Nabibidhendi et al, 2012]

آمده در گام سوم کل شبکه را پوشش دهد وزن گزینه‌ها و عناصر خوشه‌های مختلف را می‌توان در ستونهای مربوطه در ابرماتریس حدی یافت و اگر ابرماتریس کل شبکه را پوشش نداده و فقط ارتباطات داخلی بین خوشه ها را شامل شود، مشابه این محاسبات می‌بایست ادامه یابد تا بردار اولویت نهایی گزینه ها استخراج گردد.

تعیین وزن: برای تعیین وزن در مراحل مختلف روش ANP روش‌های مختلفی وجود دارد. مهمترین روش برای تعیین وزن در ANP بر اساس بردار ویژه است. البته از روش‌های تقریبی هم استفاده می‌شود. در مدل تحلیل شبکه‌ای نتیجه نهایی وزن‌ها با استفاده از ابرماتریس محاسبه می‌شود به این ترتیب که ماتریس وابستگی و بدون وابستگی خوشه‌ها و عناصر و گزینه‌ها در جای مناسب هم قرار می‌گیرند و با استفاده از عملیات ریاضی وزن نهایی محاسبه می‌شود. نرم افزار Super Decision برای محاسبه وابستگی و ابرماتریس استفاده می‌شود.

نرم‌افزار Super Decision: این نرم‌افزار به وسیله ساعتی و همکارانش برای پشتیبانی از روش ANP ارایه شده است. این بسته نرم‌افزاری توانایی ساخت مدل‌های تصمیم به همراه وابستگی‌ها و بازخوردها را دارد. این نرم‌افزار دارای ۶ منوی اصلی است که هر کدام از آن‌ها خود نیز چند زیرمنو دارند و با استفاده از این ابزارها می‌توان مسائل مربوط به تحلیل شبکه‌ای را مدل کرد و وزن نهایی را به دست آورد.

در این پروژه شبکه‌ای از هدف، معیارها، زیرمعیارها، گزینه‌ها و روابط بین آنها شناسایی و رسم شد. و هدف کلی" انتخاب مسیر با کمترین اثرات مخرب محیط‌زیستی" است. در این شبکه بعد از هدف معیارها، سپس زیر معیارها و در نهایت گزینه‌ها قرار می‌گیرند. اما مهمترین بخش در شبکه شناسایی ارتباطات است. شکل ۲، شبکه و ارتباط مسئله را نشان می‌دهد (مدلسازی پروژه در نرم‌افزار Super desicion).



شکل ۲. شبکه طراحی شده پروژه در نرم‌افزار Super decision

در این پروژه ۳۴ جدول مقایسه زوجی برای انتخاب مسیر با کمترین اثرات زیست‌محیطی برای احداث کمربند شرقی جاده همدان انجام شد، همه این مقایسات با استفاده از نظر کارشناسان مربوط همراه با تصمیم‌گیران در این پروژه انجام شد. لازم به ذکر است که تعدادی از معیارها ازجمله معیار "اثر بر اشتغال"، "اثر بر رفاه"،"اثر بر طرح‌های توسعه آتی"، مثبت بوده و سایر معیارها منفی هستند بنابراین باید این معیارها هم معکوس شوند تا بتوان با معیارهای دیگر در محاسبات به کار گرفته شوند. برای اینکار پس از انجام قضاوت توسط کارشناسان و تشکیل ماتریس مقایسه زوجی، ماتریس‌های مقایسه زوجی این معیارها معکوس شدند. بعد از انجام مقایسات، این مقایسات زوجی به نرم‌افزار وارد می‌شوند و نتایج آن استخراج می‌شود.

۳. نتایج

۳-۱ تحلیل نتایج ماتریس سریع

به منظور تحلیل نتایج حاصل از روش پاستاکیا، لازم است نتیجه عملیات(ES) در دامنه‌های جدول "امتیازهای محیطزیستی" مورد مقایسه قرار گیرد(جدول۳).

برای تحلیل نهایی، گزینه‌های مختلف مطرح شده برای پروژه را از نظر اثرات وارد بر فاکتورهای محیطزیستی با یکدیگر مقایسه می‌شوند. ابتدا تعیین می‌شود که اثرات مثبت و منفی در کدام دامنه‌ها قرار می‌گیرند. در نهایت گزینه‌ای انتخاب می‌گردد که دارای کمترین اثرات منفی باشد.

مقایسه نتایج حاصل از ماتریس پاستاکیا نشان می‌دهد که "مسیر ب" دارای آثار منفی بیشتری نسبت به "مسیر الف" است. بنابراین

جدول۳. دامنه امتیازهای محیطزیستی روش پاستاکیا

امتیاز محیطزیستی(ES)	دامنه دسته	توصیف
۷۲+ تا ۱۰۸+	+E	اثر بسیار مثبت
۳۶+ تا ۷۱+	+D	اثر مثبت قابل ملاحظه
۱۹+ تا ۳۵+	+C	اثر مثبت متوسط
۱۰+ تا ۱۸+	+B	اثر مثبت اندک
۱+ تا ۹+	+A	اثرمثبت ناچیز
صفر	N	فاقد اثر
۱- تا ۹-	-A	اثر منفی ناچیز
۱۰- تا ۱۸-	-B	اثر منفی اندک
۱۹- تا ۳۵-	-C	اثر منفی متوسط
۳۶- تا ۷۱-	-D	اثر منفی قابل ملاحظه
۷۲- تا ۱۰۸-	-E	اثر منفی زیاد

جدول۴. دامنه‌ها گزینه "الف"

دامنه‌ها	-E	-D	-C	-B	-A	N	A	B	C	D	E
نتایج	۰	۰	۳	۱۰	۴	۱	۰	۰	۰	۲	۱

جدول ۵. دامنه‌ها گزینه "ب"

دامنه‌ها	-E	-D	-C	-B	-A	N	+A	+B	+C	+D	+E
نتایج	۰	۹	۳	۱	۴	۱	۱	۱	1	۰	۰

"مسیر الف" به عنوان مسیر احداث کمربند شرقی همدان توسط این روش پیشنهاد می‌شود.

۳-۲ نتایج روش TOPSIS

نتیجه نهایی حاصل از ورود دو "ماتریس تصمیم" و "ماتریس قطری وزن‌ها» به محیط نرم‌افزار TOPSIS به این صورت است که"مسیر الف" دارای وزن ۰,۷۶۲ و "مسیر ب" دارای وزن ۰,۵۸۵ است. این نتیجه نشان می‌دهد که روش TOPSIS نیز "مسیر الف" را به عنوان مسیر مناسب برای احداث کمربندشرقی معرفی می‌کند. در روش TOPSIS بر خلاف سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، جمع وزن نهایی گزینه‌ها برابر عدد یک نیست و ممکن است جمع وزن نهایی گزینه‌ها با هم کمتر یا بیشتر از یک باشد. به همین دلیل در این پروژه نیز جمع نهایی وزن دو گزینه بیش از یک است.

۳-۳ نتایج روش ANP

وزن معیارها و وزن گزینه‌ها در سوپر ماتریس حدی به دست خواهد آمد. در این ماتریس گزینه‌ای که بیشترین وزن پایانی را داشته باشد بهترین گزینه است. اما در این پروژه با توجه به اینکه اثرات منفی بودند و اثرات مثبت هم در راستای اثرات منفی معکوس شدند بنابراین گزینه‌ای که کمترین وزن را داشته باشد بهترین گزینه است و کمترین اثر را بر محیط‌زیست خواهد داشت. گزارش نهایی نرم‌افزار نشان می‌دهد که وزن نرمال گزینه B برابر ۰,۷۶۳۲ و وزن نرمال گزینه A برابر ۰,۲۳۶۸است بنابراین میزان اثرات گزینه B بر محیط‌زیست بیش از ۳ برابر میزان اثرات گزینه A است به همین دلیل مسیر A مسیری با اثرات بسیار کمتری است و برای احداث کمربند شرقی همدان این مسیر پیشنهاد می‌شود.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که مشاهده شد، در این پروژه ارزیابی اثرات محیط‌زیستی با سه روش انجام شد در روش ماتریس سریع برای قضاوت نهایی باید تعداد اثرات منفی و دامنه منفی بودن و اثرات مثبت و دامنه مثبت بودن آنها را با هم مقایسه شوند و بهترین گزینه را انتخاب شوند اما اگر این نتایج به هم نزدیک باشند قضاوت مشکل می‌شود و ممکن است در هنگام انتخاب خطا رخ دهد و به اشتباه گزینه بدتر انتخاب شود. بنابراین ایراد این روش این است که نتایج نهایی نسبت به معیار خاصی نرمال نمی‌شود. در روش TOPSIS این مشکل روش ماتریس سریع وجود ندارد، اما به هنگام مدل‌سازی پروژه با این روش ارتباطات بین معیارها به صورت کامل دیده نمی‌شود و فقط ارتباطات عمودی و در جهت بالا به پایین دیده می‌شود. بنابراین وزن نهایی به دست آمده توسط این روش برای گزینه‌های مختلف دارای ایراد هستند و ممکن است نشان‌دهنده واقعیت نباشند.

استفاده از مدل ANP در ارزیابی اثرات محیط‌زیست پروژه‌های گوناگون از دو جهت قابل بررسی است. از طرفی این روش با رفع بسیاری از مشکلات و کاهش هزینه‌های سایر روش‌های ارزیابی اثرات می‌تواند روش مفیدی باشد و از طرف دیگر این مدل در بین مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره یک مدل کامل تری است.

جدول۶. گزارش نهایی نرم‌افزار Super desicion

ردەبندی	ایده‌آل	نرمال	کل	گزینه‌ها	نمودار
1	0.3102	0.2368	0.1973	A	
2	1.0000	0.7632	0.6360	B	

مدل ANP با بررسی روابط متقابل بین معیارها و زیرمعیارهای هم سطح (روابط افقی) و حتی بررسی روابط پایین به بالا(روابط در جهت معکوس، به عنوان مثال روابط معیارها با توجه به گزینه‌ها که معکوس روابط بین گزینه‌ها با توجه به معیارها است) توانسته است ایرادها و کاستی‌های سایر مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از جمله AHP[5] و TOPSIS را رفع کند. این مدل همچنین با نرمال کردن اثرات و وزن نهایی گزینه‌ها و رده‌بندی آنها به ترتیب امتیاز، توانسته ایرادهای وارد بر سایر روش‌های ارزیابی اثرات محیط‌زیستی از جمله روش ماتریس سریع را رفع کند. همچنین در این مدل می‌توان با قرار دادن عدم اجرای پروژه به عنوان یک گزینه، در صورتی که این گزینه بیش‌ترین امتیاز را به خود اختصاص دهد (یعنی اینکه اثرات منفی آن بیشتر از اثرات مثبت آن باشد) به اجرای پروژه رای منفی داد و از اجرای آن جلوگیری کرد، چرا که در این روش تمام پارامترهایی که از پروژه متاثر می‌شوند، دیده می‌شوند و در میان معیارها قرار می‌گیرند. با توجه به اینکه در این مدل مقایسات زوجی در تمام سطوح وجود دارد و برای انجام این مقایسات باید از نظرات کارشناسان، صاحبان منافع استفاده کرد، بنابراین در این مدل از مشارکت مردم استفاده می‌شود. مشارکت مردم در تمام سطوح می‌تواند انجام شود، از آغاز پروژه تا اجرای آن و در ادامه و به هنگام پایش هم می‌توان از مشارکت مردم بومی و ساکن در منطقه استفاده کرد و با این عمل تضاد ظاهری بین توسعه و رفاه مردم ساکن در منطقه را رفع کرد و آنها را به حامیان اجرای پروژه تبدیل کرد.

۵. پی‌نوشتها

1- Pastakia

2-TOPSIS

3- Analytic network process

4- Environmental Scoring

5- Analytic hierarchy process

۶. مراجع

- زبردست، اسفندیار. (۱۳۸۸) "کاربرد فرآیند تحلیل شبکه‌ای در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای"، تهران، نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی. شماره ۴۱، ص ۷۹-۹۰.

- سایت سازمان نقشه‌برداری کشور (۱۳۹۰) تهران، .www.ncc org.ir

- شرفی، سیده مهدیه، مخدوم مجید و غفوریان بلوری مشهد، مهدی (۱۳۸۷) "ارزیابی اثرات محیط‌زیستی احداث کارخانه خودروسازی به روش روی هم‌گذاری"، مجله علوم محیطی، سال پنجم، شماره چهارم، صفحه ۲۷-۴۲.

- ملکوتی، ماندانا، یاوری، احمدرضا و مخدوم، مجید (۱۳۸۴) «ارزیابی اثرات محیط‌زیستی آزادراه امام‌زاده‌هاشم- انزلی با دو روش چک فهرست ADHOC و روی هم‌گذاری نقشه‌ها با کاربرد GIS". پایان‌نامه کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران.

- منوری، سید مسعود (۱۳۸۰) "راهنمای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی بزرگراه‌ها"، انتشارات کتاب فرزانه، ۱۵۲ صفحه.

- مومنی، منصور و شریفی‌سلیم، علیرضا (۱۳۹۰) "مدل‌ها و نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری چند شاخصه"، ناشر: مولفین با حمایت شرکت داروسازی اکسیر، ۲۱۸ صفحه.

- نبی‌بیدهندی، غلامرضا، امیری، محمدجواد و کرمی، شاهو (۱۳۹۱) "کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در محیط‌زیست"، انتشارات کیاجور، چاپ اول، تهران.

- پژوهشکده حمل‌ونقل (۱۳۸۶) «دستورالعمل ارزیابی زیست‌محیطی طرح‌های حمل ونقل جاده‌ای». ۷۱ صفحه.

- Banar, M., Kose, B. M., Ozkan, A. and Acar, I. P. (2007) "Choosing a municipal landfill site by analytic network process", Environ Geol journal, 52, pp. 747–751

- Canter, L. (1996) "Environmental impact assessment", McGraw Hill, Second Edition", Lewis Publishers. 356 pp.

- Chen, C.T. (2000) "Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment", Fuzzy Sets and Systems, 114, pp. 1–9.

- Jensen, A. and K. Laursen. (1998) "Use of the Rapid Impact Assessment Method (RIAM) on the fly ash landfill at the power station Vestkraft I/S in Esbjerg". Danish Environmental Protection Agency,23, pp. 49-61.

- Khan, Sh. and Faisal, M. N. (2008) "An analytic network process model for municipal solid waste disposal options", Waste Management journal.23, pp. 98-112

- Lawrence, David P. (2003) "Environmental impact assessment, practical solutions to recurrent problems", John Wiley & Sons, Inc, Publication.387 pp.

- Rosario, M. P. (11 to 13 October, 2004) "Workshop on strategic environmental assessment (SEA)"

- Pastakia, C. (1998) "The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM)- A New Tool for Environmental Impact Assessment". K. Jensen, Olsen & Olsen, Fredensborg, Denmark, 156pp

- Pastakia, C. and K. Madsen. (1998) "A RAPID ASSESSMENT MATRIX FOR USE IN WATER RELATED PROJECTS". Environmental Impact Assessment Review. 18, PP: 461-482.

- Saaty, T.L. (1996) "Decision making for leaders", RWS Publications, 4922 Ellsworth Avenue, Pittsburgh.289pp.

- Stewart, T. J. (1997) "Scenario analysis and multi criteria decision making. In: Climaco, J. (Ed.) Multi criteria Analysis", Springer, Berlin,pp. 519-528.

- Wathern, l. (1991) "International environmental law", Edward Elgar Publishing. Uk. 216pp.

- Wolfslehner, B., Vacik, H. and Lexer, M.J. (2005) "Application of the analytic network process in multi-criteria analysis of sustainable forest management", Forest Ecology and Management, 207, PP: 157–170.

- www.foe.co.uk (2012)