

علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره نهم، شماره چهارم، زمستان ۸۶

ارزشیابی گزینه های توسعه در ارزیابی اثرات زیست محیطی به روش ارزشیابی چند معیاره مکانمند

پژمان رود گرمی (مسئول مکاتبات)

گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

Roudgarmi@yahoo.com

نعمت الله خراسانی

استاد، گروه علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

سید مسعود منوری

استاد، گروه علوم محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

جعفر نوری

استاد، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

تاریخ پذیرش: ۸۶/۴/۱۸

تاریخ دریافت: ۸۵/۱۱/۲۰

چکیده

برای شناسایی گزینه برتر توسعه در ارزیابی اثرات زیست محیطی از روش های ارزشیابی گزینه ها به عنوان یک تصمیم گیرنده استفاده می شود. در این تحقیق از ارزشیابی چند معیاره مکانمند (Spatial Multi Criteria (Evaluation: SMCE) برای ارزشیابی گزینه ها برای اولین بار استفاده شده است. این روش در سامانه اطلاعات جغرافیایی صورت می گیرد و این سامانه را قادر به تصمیم گیری می سازد. ارزشیابی چند معیاره مکانمند بر اساس محدودیت سامانه های اطلاعات جغرافیایی برای تصمیم گیری تهیه شده است. در این تحقیق با استفاده از این روش و اقدامات صورت گرفته، سامانه اطلاعات جغرافیایی قادر به ارزشیابی گزینه های توسعه شده است. دو گزینه براساس طرح آمایش سرزمین منطقه و دیگری عدم اجرا مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر اساس نتایج ارزشیابی، گزینه برتر اجرای توسعه بر اساس طرح آمایش سرزمین می باشد و با توجه به اثرات اکولوژیکی، اجتماعی - اقتصادی و فرهنگی گزینه آمایش سرزمین انتخاب گردید. در روش به دست آمده می توان جمع بندی اثرات و وضعیت گزینه ها را در هر محیط به تفکیک بررسی کرد. با استفاده از این روش در ارزیابی اثرات زیست محیطی می توان به صورت تصویری میزان مطلوبیت یا عدم مطلوبیت هر نوع توسعه را بر محیط به صورت نقشه نشان داد. در روش حاصله در سامانه اطلاعات جغرافیایی محدودیتی در ارتباط با تعداد لایه ها وجود ندارد. گزینه های بسیاری قابل تهیه و ارزشیابی می باشد. این روش برای ارزشیابی گزینه های برنامه ریزی های کاربری سرزمین و توسعه منطقه ای مفید است.

واژه های کلیدی: SMCE، ارزشیابی چندمعیاره، سامانه اطلاعات جغرافیایی، ارزشیابی گزینه ها، ارزیابی اثرات زیست محیطی

مقدمه

است (۳). بررسی ها نشان داده است که کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی در ارزیابی اثرات زیست محیطی در حد کاربردهای عمومی این سامانه مانند تهیه نقشه است (۴). سامانه اطلاعات جغرافیایی دارای محدودیت هایی در اجرای تصمیم گیری است. پیشنهاد موثر توسط عده ای از محققین، تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی با ابزارهای علوم مدیریتی و پژوهشی به ویژه روش های ارزشیابی چند معیاره (Multi criteria evaluation) است (۵). لذا در این تحقیق امکان پذیری ارزشیابی گزینه های یک برنامه توسعه در سامانه اطلاعات جغرافیایی با استفاده از ارزشیابی چند معیاره مکانمند مورد بررسی قرار گرفت. نرم افزار مورد استفاده در این تحقیق -SMCE- ILWIS 3.2 (ILWIS) بوده است.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه شهرستان رباط کریم است که در $50^{\circ}53'$ تا $51^{\circ}13'$ طول شرقی و $35^{\circ}20'$ تا $35^{\circ}35'$ عرض شمالی قرار دارد. براساس طبقه بندی اقلیمی ایستگاه هواشناسی مهرآباد، اقلیم منطقه براساس روش آمبرژه خشک سرد می باشد. منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیمات جغرافیایی پوشش گیاهی در منطقه ایرانی - تورانی است. از نظر تقسیمات آب و هوایی پابو در ناحیه استپی قرار دارد. از نظر تیپ بندی گیاهی دو تیپ عمده به نام های تیپ گیاهی درمنه دشتی (*Artemisia sieberi*) و تیپ گیاهی درمنه - شال دم (*Artemisia-Stipa*) در آن قابل مشاهده است.

تهیه طرح آمایشی شهرستان رباط کریم

در این تحقیق طرح آمایشی به عنوان برنامه توسعه منطقه شهرستان رباط کریم به صورت گزینه ای برای ارزیابی اثرات زیست محیطی تهیه شد تا به همراه گزینه عدم اجرا به صورت دو گزینه توسط GIS ارزیابی اثرات زیست محیطی توسعه صورت گیرد.

جهت انجام آمایش سرزمین در شهرستان رباط کریم از مدل های ارزیابی توان اکولوژیک ایران (۶) و اطلاعات

با پدیدار شدن آثار زیان بار فعالیت های بشری، جهت ایجاد تعادل و سازگاری بین فعالیت ها و محیط زیست ابزارها و روش های مختلفی ابداع و مورد استفاده قرار گرفته است. ارزیابی اثرات زیست محیطی (EIA) از جمله روش های بسیار کارآمدی است که با شناسایی محیط زیست و درک اهمیت آن، آثار بخش ها یا فعالیت های مختلف یک طرح بر اجزای محیط را بررسی و ارزیابی می کند و در نهایت با توجه به نتایج حاصل از آن راهکارهایی برای ایجاد سازگاری بیشتر بیان می دارد. انجام ارزیابی اثرات زیست محیطی با تصویب قانون سیاست ملی محیط زیست آمریکا (NEPA) به صورت مدون در جهان آغاز گردید (۱).

ارزیابی اثرات زیست محیطی به طور کلی حداقل دو گزینه و گاهی تا بیش از پنجاه گزینه را شامل می شود. به طور معمول مطالعات بر سه تا پنج گزینه تمرکز دارد. یک مطالعه دو گزینه ای معمولاً یک انتخاب بین ساخت و بهره برداری یک طرح در برابر عدم اجرای طرح می باشد (۲). روش های متنوعی برای ارزیابی و به تصویر کشیدن پیامد فعالیت های یک طرح یا توسعه وجود دارد. نکته مهم در کاربرد روش ها و فناوری های ارزشیابی گزینه ها آن است که هر روش منابع و زمینه اطلاعاتی مربوط به خود را نیاز دارد، در نتیجه از کارایی ویژه ای برای ارزشیابی طرح هایی مشخص برخوردار می گردد. از این رو تمامی روش ها به یک اندازه در ارزشیابی یک طرح یا محیط زیست مؤثر نخواهد بود. بنابراین هر روش می تواند معایب و مزایای خاص خود را داشته باشد (۲).

در طی سال های گذشته تلاش های متعددی در جهت ایجاد روش های پیشرفته و مطلوب تر برای ارزشیابی گزینه ها صورت گرفته است. از آن جمله استفاده از سامانه های اطلاعات جغرافیایی می باشد. تا به حال عمده کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی در ارزیابی اثرات زیست محیطی تهیه اطلاعات اولیه برای وضع موجود، رویهم گذاری و تلفیق نقشه ها، تحلیل اثرات بصری توسعه، معرفی طرح، شاخص سازی برای تعیین اثرات و تعیین محدوده و عمق کار (Scoping) بوده

صورت گرفته است. لذا لازم بود تا خصوصیات کیفی لایه های اقتصادی- اجتماعی منطقه استفاده گردید. کلیه مراحل ارزیابی و برنامه ریزی استفاده از اراضی در سامانه اطلاعات جغرافیایی اکولوژیک و اجتماعی - اقتصادی و مدل های اکولوژیک به صورت رقمی وارد سامانه شوند که این امر صورت گرفت. ابتدا لایه های اطلاعاتی اکولوژیک شهرستان رباط کریم در قالب نقشه های رقمی تهیه گردید. بدین منظور تعداد ۳۲ لایه اطلاعاتی از خصوصیات اکولوژیکی شهرستان تهیه شد. لایه های اطلاعاتی به صورت نقشه های جغرافیایی و یا به همراه اطلاعات توصیفی تهیه شده اند.

برای ارزیابی توان اکولوژیک لازم است خصوصیات اکولوژیک منطقه با معیاری سنجیده شود تا علاوه بر تعیین کاربری، طبقه بندی کیفی برای هر کاربری به دست آید. در این مورد از مدل های اکولوژیک ایران به شرح مدل جنگل داری و جنگل کاری، مدل حفاظت اکولوژیکی، مدل اکوتوریسم، مدل توسعه شهری، صنعتی، روستایی، نظامی و مهندسی، مدل آبی پروری، مدل کشاورزی و مرتع داری استفاده شده است.

بر اساس ارزیابی انجام شده، منطقه برای کاربری های جنگل کاری، حفاظت اکولوژیک، طبقه ۲ توسعه شهری، صنعتی، روستایی، نظامی و مهندسی، طبقه سوم و پنجم مدل کشاورزی و مرتع داری توان اکولوژیکی و طبیعی دارد و برای کاربری های جنگل داری، اکوتوریسم و آبی پروری فاقد توان است. که این مساله به شرایط آب و هوایی و میزان آب در شهرستان بر می گردد. کاربری های جنگل کاری ۴۲۹۲ هکتار، توسعه شهری ۱۱۱۸۲ هکتار، طبقه سوم توسعه کشاورزی ۳۷۴۵ هکتار و طبقه پنجم توسعه کشاورزی ۳۱۹۳ هکتار توان اکولوژیک دارند.

دو گزینه جهت ارزشیابی گزینه ها برای شهرستان رباط کریم در نظر گرفته شد. یک گزینه تحت یک برنامه آمایشی می باشد که پیشتر مراحل تهیه آن ذکر گردید و گزینه دیگر عدم اجرا در نظر گرفته شد. نقشه های توسعه منطقه بر اساس طرح آمایش سرزمین و کاربری اراضی در منطقه تهیه گردید.

برای ارزشیابی گزینه ها، ابتدا نقشه طرح توسعه ای هر کدام از گزینه ها به عنوان فعالیت در نقشه های اجزای محیط در سامانه اطلاعات جغرافیایی تلاقی (Cross) گردید. تعداد ۲۹ نقشه از اجزای محیط بر اساس مطالعه وضع موجود منطقه تهیه شد. مطالعه وضع موجود و تهیه نقشه ها بر اساس طبقه بندی محیط زیست شامل سه گروه (محیط) اکولوژیک، اجتماعی- اقتصادی و فرهنگی بوده است. نقشه های تلاقی شده به صورت رستری تهیه شدند. با انجام عمل تلاقی یک نقشه جدید حاصل می شود که به همراه یک جدول می باشد و به صورت مکانی و توصیفی اثر توسعه را نشان می دهد. این

بر اساس ارزیابی انجام شده، منطقه برای کاربری های جنگل کاری، حفاظت اکولوژیک، طبقه ۲ توسعه شهری، صنعتی، روستایی، نظامی و مهندسی، طبقه سوم و پنجم مدل کشاورزی و مرتع داری توان اکولوژیکی و طبیعی دارد و برای کاربری های جنگل داری، اکوتوریسم و آبی پروری فاقد توان است. که این مساله به شرایط آب و هوایی و میزان آب در شهرستان بر می گردد. کاربری های جنگل کاری ۴۲۹۲ هکتار، توسعه شهری ۱۱۱۸۲ هکتار، طبقه سوم توسعه کشاورزی ۳۷۴۵ هکتار و طبقه پنجم توسعه کشاورزی ۳۱۹۳ هکتار توان اکولوژیک دارند.

بر اساس ارزیابی انجام شده، منطقه برای کاربری های جنگل کاری، حفاظت اکولوژیک، طبقه ۲ توسعه شهری، صنعتی، روستایی، نظامی و مهندسی، طبقه سوم و پنجم مدل کشاورزی و مرتع داری توان اکولوژیکی و طبیعی دارد و برای کاربری های جنگل داری، اکوتوریسم و آبی پروری فاقد توان است. که این مساله به شرایط آب و هوایی و میزان آب در شهرستان بر می گردد. کاربری های جنگل کاری ۴۲۹۲ هکتار، توسعه شهری ۱۱۱۸۲ هکتار، طبقه سوم توسعه کشاورزی ۳۷۴۵ هکتار و طبقه پنجم توسعه کشاورزی ۳۱۹۳ هکتار توان اکولوژیک دارند.

بر اساس نتایج آمایش در شهرستان رباط کریم ۱۵۵۴۷ هکتار به کشاورزی، ۷۹۳ هکتار به جنگل کاری، ۲۹۴۴۹ هکتار به امرحفاظت و ۸۷۹۴ هکتار به توسعه شهری و صنعتی تعلق گرفته است.

بر اساس نتایج آمایش در شهرستان رباط کریم ۱۵۵۴۷ هکتار به کشاورزی، ۷۹۳ هکتار به جنگل کاری، ۲۹۴۴۹ هکتار به امرحفاظت و ۸۷۹۴ هکتار به توسعه شهری و صنعتی تعلق گرفته است.

ارزشیابی گزینه ها

SMCE مدل تصمیم گیری چند معیاره داده های مکانی می باشد. این برنامه رایانه ای نوع مکانمند روش های

مقادیری بین ۰ تا ۵ اهمیت اثر و مفید یا مضر بودن اثر بر محیط مشخص شد. این دو ستون تحت عنوان های ستون فایده (Benefit) و ستون هزینه (Cost) می باشد (تصویر ۱). از این جهت این دو ستون استفاده شده که در GIS میزان یا علامت منفی وارد نمی شود. اثرات مثبت به صورت لایه های فایده و اثرات منفی به صورت لایه های هزینه در نظر گرفته شدند.

مورد یکی از مزایای GIS می باشد که به خوبی دامنه اثر (Magnitude) و موقعیت اثر را نشان می دهد و می توان تشخیص داد که در محدوده اثرات توسعه یا طرح دامنه هراترچقدر است. برای این که میزان اثر مشخص گردد نیاز است مقیاسی (Scale) به عنوان اهمیت اثر (Importance) بر دامنه ضرب شود. اهمیت به صورت مقیاس های از پیش تعریف شده (Predefined scales) استفاده شد (۲). مقیاس های اهمیت اثرات و معیارهای کیفی در جدول ۱ ارائه شده است. لذا با ایجاد دو ستون در جدول حاصل از تلاقی و دادن

جدول ۱- مقیاس های اهمیت برای اثرات زیست محیطی

مقدار اهمیت	(فایده)	(هزینه)
۵	اثر خیلی سودمند	اثر خیلی مخرب
۴	اثر سودمند	اثر مخرب
۳	اثر سودمند متوسط	اثر مخرب متوسط
۲	اثر سودمند ضعیف	اثر مخرب ضعیف
۱	اثر سودمند ناچیز	اثر مخرب ناچیز
۰	بدون تاثیر	بدون تاثیر

	benefit	cost	amaiesh3f2	Es	Area
airport * 1	0	2	airport	1	17527500
airport * 3	0	1	airport	3	130000
airport * ?	0	0	airport	?	17500
agriculture * 1	0	4	agriculture	1	116527500
agriculture * 2	0	3	agriculture	2	517500
agriculture * 3	0	3	agriculture	3	325000
agriculture * ?	0	0	agriculture	?	8767500
urban * 1	0	1	urban	1	42795000
urban * 2	0	1	urban	2	6357500
urban * 3	0	1	urban	3	5265000
urban * ?	0	0	urban	?	20000
AR5 * 1	0	3	AR5	1	77500
AR5 * 3	0	3	AR5	3	11092500
AR5 * 4	0	3	AR5	4	35000
AR3 * 1	0	3	AR3	1	6950000
AR3 * 2	0	3	AR3	2	9837500
AR3 * 3	0	3	AR3	3	302500
AR3 * 4	0	3	AR3	4	10000
AR3 * ?	0	0	AR3	?	1027500
F * 2	2	0	F	2	125000
F * 3	2	0	F	3	7800000
F * 4	2	0	F	4	10000
PRO-2-3 * 1	4	0	PRO-2-3	1	70000
Min	0	0			2500
Max	4	4			116527500
Avg	2	1			9150363
StD	2	1			20276437
Sum	118	44			567322500

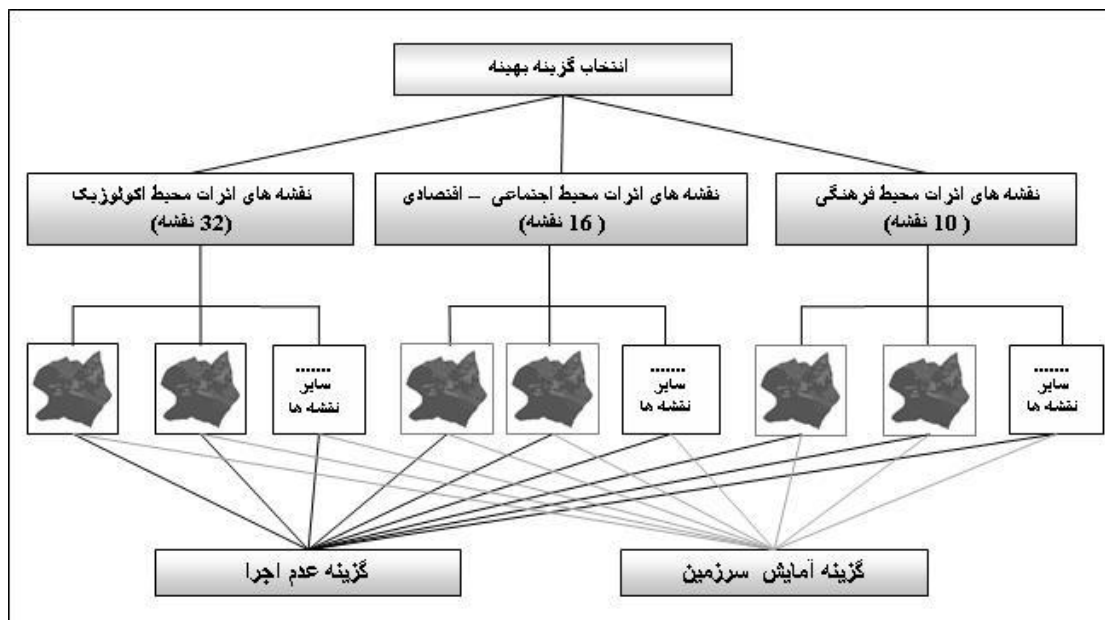
تصویر ۱ - جدول حاصل از عمل تلاقی بین نقشه طرح توسعه و یکی از اجزای محیط (فرسایش خاک) و ستون های فایده و هزینه. با ضرب مقیاس های اهمیت در دامنه اثر (ستون Area) میزان اثر به دست می آید. باین جدول در GIS نقشه اثرات فایده و هزینه تهیه می شود.

زیست محیطی در سامانه اطلاعات جغرافیایی تحت عنوان نقشه اثر (Impact map) نامگذاری شد.

ورود نقشه های اثرات

با اجرای برنامه SMCE در سامانه اطلاعات جغرافیایی پنجره ای تحت عنوان درخت معیارها باز می شود. درخت معیارها مکانی است (پنجره) که در آن معیارها (در اینجا نقشه اثرات) وارد برنامه می شوند. در این تحقیق نقشه اثرات در قالب هر گزینه وارد برنامه شد.

به همین ترتیب برای کلیه اجزای محیط در محیط های اکولوژیک (عوامل فیزیکی و بیولوژیک)، اجتماعی - اقتصادی و فرهنگی مراحل ذکر شده اجرا شد. تمامی اجزای محیط به صورت نقشه به همراه جداول توصیفی تهیه شده اند تا با تلاقی آن ها با فعالیت های توسعه نقشه اثر به دست آید و هر جزء محیط دارای دو نقشه یکی برای اثر مثبت (Benefit) و یکی برای اثر منفی (Cost) می شود (عناوین اجزای محیط از جدول ۳ قابل تشخیص است). بنابراین تعداد ۵۸ نقشه اثرات منفی و مثبت (cost and benefit) در این تحقیق تهیه شد. تا این مرحله اثرات که به صورت نقشه هستند برای استفاده در SMCE آماده گردیده اند. بر اساس نتایج این تحقیق هر اثر



تصویر ۲ - سلسله مراتبی معیارها و موضوعات مورد استفاده برای ارزشیابی و انتخاب گزینه بهینه

استاندارد کردن (Standardize)

نقشه های ورودی به برنامه SMCE می توانند محتوا و خصوصیات مختلفی داشته باشند. تعدادی ممکن است خصوصیات توصیفی چون بلندی و کوتاهی را شامل شوند و یا تعدادی دیگر ارقامی چون صفر یا یک یا ده و ... را شامل گردند، لذا نیاز است آن ها استاندارد شوند (بی مقیاس کردن). این سامانه تمامی خصوصیات نقشه ها به مقادیر بین صفر تا یک استاندارد می گردند. سه نوع روش استاندارد کردن در SMCE وجود دارد:

دو گزینه یکی عدم اجرا و دیگری اجرای توسعه براساس طرح آمایشی در منطقه انتخاب شد (تصویر ۲). سپس سه گروه (Group) برای انجام ارزشیابی گزینه هادر نظر گرفته شد که تحت عنوان محیط های اکولوژیک، اجتماعی - اقتصادی و فرهنگی می باشند (تصویر ۲). پس از این مرحله در هر گروه نقشه اثرات زیست محیطی مربوطه وارد گردید. برای هر جزء محیط زیست یا اجزای تحت تأثیر دو نقشه که شامل اثرات مثبت (Benefit) و اثرات منفی (Cost) تهیه و وارد درخت معیارها شد.

الف - استاندارد کردن نقشه‌های مقدری (Value Input)

ب - استاندارد کردن نقشه‌های بولین (Boolean).

پ - استاندارد کردن نقشه‌های با خصوصیات کیفی (Class Input)

در این تحقیق به دلیل مقدری بودن نقشه‌های ورودی از روش الف استفاده گردید. در این روش استاندارد کردن به وسیله یک تابع خطی با استفاده از مقادیر حداقل و حداکثر مورد نظر صورت می‌گیرد. مقدار حداقل مقدار صفر و مقدار حداکثر مقدار یک را می‌گیرد و سایر مقادیر بیش از حداکثر هم یک و کمتر از حداقل هم مقدار صفر را می‌گیرند. مقادیر بین حداقل و حداکثر مقادیری بین صفر و یک را می‌گیرند. در این تحقیق مقدار حداقل صفر و مقدار حداکثر پنج بوده است. نتیجه این استاندارد کردن مقادیری مثبت برای اثرات هزینه و فایده است. ورودی‌ها به سامانه جهت استاندارد کردن، نقشه‌های اثرات هزینه و فایده می‌باشد. روابط مورد استفاده در این روش برای استاندارد کردن نقشه‌های فایده و هزینه به شرح زیر است:

اثر فایده = (حداقل مقدار ورودی - مقدار) / (حداقل مقدار ورودی - حداکثر مقدار مورد نظر)

اثر هزینه = [(حداقل مقدار ورودی - مقدار) / (حداقل مقدار ورودی - حداکثر مقدار مورد نظر)] - ۱

در روابط فوق "مقدار" ارزش رقمی پیکسل مورد نظر در نقشه اثر، "حداقل مقدار ورودی" کمترین ارزش رقمی در پیکسل‌های نقشه ورودی و "حداکثر مقدار مورد نظر" بیشترین ارزش رقمی فرض شده برای پیکسل‌های نقشه ورودی است. (/) علامت تقسیم می‌باشد.

جدول ۲ - مقادیر ترجیح برای روش مقایسه جفت

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)	
۹	(Extremely Preferred)	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم تر و با کاملاً مطلوب تر
۷	(Very strongly Preferred)	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	(Strongly Preferred)	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	(Moderately Preferred)	کمی مرجح یا کمی مهمتر یا کمی مطلوب تر
۱	(Equally Preferred)	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۲، ۴، ۸، ۶		ترجیحات بین فواصل فوق

وزن دهی (Weigh)

برای اولویت دهی بین معیارهای مختلف در ارزشیابی گزینه‌ها، به معیارها وزنی اختصاص داده می‌شود. به همین منظور در این تحقیق به هر گروه که بیانگر محیط‌های اکولوژیک، اجتماعی - اقتصادی و فرهنگی است وزنی داده شد، تا بدین ترتیب اولویت بندی و یا اهمیت بیشتری به هر محیط تعلق گیرد. وزن دهی در این بخش نسبی است و برای اولویت دهی به معیارها می‌باشد. وزن دهی به محیط‌های سه گانه به روش مقایسه جفت (Pairwise Comparison) در سامانه صورت گرفت. وزن‌ها مقادیری بین صفر تا یک هستند که به صورت نرمال شده در محاسبات اعمال می‌شوند.

در روش مقایسه جفت برای هر جفت از معیارها مشخص می‌کنیم کدام یک مهم‌تر است و در واژه‌های کیفی باید مشخص کنیم کدام معیار یا عامل مهم‌تر از دیگری است. روش مقایسه جفت مقایسات کیفی را به وزن‌های کمی برای تمامی عوامل تبدیل می‌کند (جدول ۲). در این روش تعداد مقایسه‌ها با تعداد عوامل یا معیارها افزایش می‌یابد و برابر با $(n \times (n-1)/2)$ می‌باشد.

$$W_k = \sum_{i=1}^{n+1-k} \frac{1}{n(n+1-i)}$$

اثرات زیست محیطی با استفاده از رابطه فوق در سامانه اطلاعات جغرافیایی وزن دهی شدند. بدین ترتیب که تمامی اثرات زیست محیطی در هر محیط تحت تاثیر از پر اهمیت ترین تا کم اهمیت ترین رتبه بندی شدند و سپس بر اساس فرمول ذکر شده، در GIS به صورت خودکار اوزان به دست آمده به هر اثر تعلق گرفت. در پایان مقادیر اثرات برای هر گزینه و اوزان محیط های مختلف تحت تاثیر با هم بر اساس فرمول بدست آمده در این تحقیق جمع بسته شدند یا انبوهه گردیدند.

Alternative score =

$$\sum_{i=1}^m [(\sum_{i=1}^n (VM \times RWI)) \times RWG]$$

در جایی که:

$$VM: \sum (PixelValue \times NP)$$

اثر)

RWI: وزن نسبی هر نقشه اثر

RWG: وزن نسبی هر گروه محیط زیست

n: تعداد نقشه های اثر در هر گروه محیط زیست

m: تعداد گروه های محیط زیست

NP: تعداد پیکسل های با میزان یکسان

نتایج

پس از استاندارد کردن نقشه اثرات و وزن دهی به محیط های اکولوژیکی، اجتماعی - اقتصادی و فرهنگی و اثرات، مقادیر اثرات که به صورت نقشه می باشند با هم جمع بسته شدند. با جمع کلیه مقادیر اثرات در این سیستم هر گزینه ای

بر اساس روش مقایسه جفت، وزن های ۰/۱۴، ۰/۴۳ و ۰/۴۳ به ترتیب به محیط های اکولوژیکی، اجتماعی - اقتصادی و فرهنگی تعلق گرفته اند که اهمیت آن ها را نسبت به هم نشان می دهد. همچنین به هر یک از آثار زیست محیطی هم وزنی داده شد. وزن دهی به اثرات زیست محیطی به دو روش صورت گرفت یکی به صورت مستقیم (Direct) که به تمام اثرات وزنی یکسان تعلق گرفت و دیگری استفاده از روش رتبه بندی (Ranking) بود. اعمال دو روش وزن دهی برای تشخیص اثر گذاری وزن دهی در ارزیابی اثرات زیست محیطی است. وزن دهی به اثرات در این بخش برای تعیین اهمیت و رتبه آن ها است. با دادن وزن بیشتر به اثر اهمیت آن را بیشتر می کنیم. باید توجه داشت که میزان اثر در این تحقیق از ضرب دامنه اثر در اهمیت به دست می آید.

وزن دهی اثرات به روش رتبه بندی

روش رتبه بندی از روش های وزن دهی اهمیت به عوامل تصمیم گیری (اثرات زیست محیطی) است (۵). در این روش عوامل به صورت صعودی یا نزولی بسته به مهمترین و کم اهمیت ترین آن ها رتبه بندی می شوند و رتبه آن ها وزن آنها می باشد. اشکال عمده این روش این است که اثرات بسته به تعداد عوامل وزن های از یک تا n می گیرند در حالی تفاوت واقعی عامل یک (کم اهمیت ترین) به طور مثال با عامل پنجم، ۵ برابر نیست. برای حل این مشکل روشی مناسبی برای نرمالیزه کردن اثرات ارائه شده است (۷). در این روش مجموعه وزن های اثرات یک فرض می شود و بسته به رتبه عامل، وزن آن محاسبه می شود. روش ارائه شده تحت عنوان روش مقدار مورد انتظار (Expected value method) می باشد.

این روش فرض می کند مجموع وزن هایی که به معیارها تعلق می گیرد احتمال برابر دارند. روش مقدار مورد انتظار، وزن W_k را برای معیار k مطابق فرمول زیر محاسبه می کند جایی که n تعداد معیارها است. اوزان به معیارهای رتبه بندی شده به صورت $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_n \geq 0$ تعلق می گیرد.

۳ است و اوزان تعلق گرفته به اثرات گروه های اکولوژیک ، اجتماعی - اقتصادی و فرهنگی را نشان می دهد. در گروه اکولوژیک بیشترین ضریب وزنی به ترتیب به تولید پوشش گیاهی و رویشگاه های حساس تعلق گرفته است.

که مقدار بیشتری کسب نماید دارای اثرات مثبت بیشتر و مقدار اثرات منفی کمتری است و گزینه بهینه می باشد. اثرات به صورت مستقیم و رتبه بندی وزن دهی شده اند. در روش مستقیم به تمامی نقشه های اثرات وزنی برابر داده شد. نتایج وزن های داده شده به اثرات به روش رتبه بندی به شرح جدول

جدول ۳- وزن های اثرات زیست محیطی (نقشه اثرات) بر اساس روش رتبه بندی

محیط اکولوژیک	محیط اجتماعی - اکولوژیک	محیط فرهنگی
0.032 فرسایش - فایده:	0.149 کشاورزی - فایده:	0.110 آثار فرهنگی و باستانی - فایده
0.035 فرسایش - هزینه:	0.211 کشاورزی - هزینه:	0.143 آثار فرهنگی و باستانی - هزینه:
0.018 حاصلخیزی خاک - فایده :	0.118 درآمد - هزینه:	0.010 منظر - فایده:
0.021 حاصلخیزی خاک - هزینه:	0.097 درآمد - فایده:	0.021 منظر - هزینه:
0.005 کیفیت آب سطحی - فایده :	0.058 اشتغال - هزینه:	0.034 تفرج - فایده:
0.006 کیفیت آب سطحی - هزینه:	0.049 اشتغال - فایده:	0.048 تفرج - هزینه:
0.003 کمیت آب سطحی - فایده :	0.081 صنعتی و تجاری شدن - هزینه:	0.065 آموزش - فایده:
0.004 کمیت آب سطحی - هزینه:	0.069 صنعتی و تجاری شدن - فایده:	0.085 آموزش - هزینه:
0.027 کیفیت آب زیرزمینی - فایده:	0.023 کیفیت زندگی - فایده:	0.243 بهداشت - فایده:
0.030 کیفیت آب زیرزمینی - هزینه:	0.028 کیفیت زندگی - هزینه:	0.243 بهداشت - هزینه:
0.023 کمیت آب زیر زمینی - فایده:	0.034 کاربری اراضی - فایده	
0.025 کمیت آب زیر زمینی - هزینه:	0.041 کاربری اراضی - هزینه:	
0.096 تولید گیاهی - فایده:	0.004 دفع فاضلاب - فایده:	
0.127 تولید گیاهی - هزینه:	0.008 دفع فاضلاب - هزینه:	
0.042 تراکم پوشش گیاهی - فایده:	0.013 دفع زایدات جامد - فایده :	
0.050 تراکم پوشش گیاهی - هزینه:	0.017 دفع زایدات جامد - هزینه:	
0.070 رویشگاه های حساس - فایده:		
0.080 رویشگاه های حساس - هزینه:		
0.013 زیستگاه های حیات وحش - فایده:		
0.014 زیستگاه های حیات وحش - هزینه:		
0.001 اکوسیستم های آبی - فایده:		
0.002 اکوسیستم های آبی - هزینه:		
0.055 ظرفیت برد پوشش گیاهی - فایده :		
0.062 ظرفیت برد پوشش گیاهی - هزینه:		
0.009 حیات وحش - فایده:		
0.011 حیات وحش - هزینه:		
0.042 کیفیت هوا - فایده :		
0.042 کیفیت هوا - هزینه:		
0.018 صدا - فایده:		
0.018 صدا - هزینه:		
0.009 تنوع زیستی حیات وحش - فایده:		
0.009 تنوع زیستی حیات وحش - هزینه:		

سرزمین در محیط فرهنگی از نظر مجموع فایده ها و هزینه‌ها، میزان کمتری تا عدم اجرا دارد. لذا توسعه بر اساس وضع موجود در این محیط مطلوبیت بیشتری داشته است. ولی در محیط‌های اجتماعی-اقتصادی و اکولوژیک مجموع مقادیر در حالت توسعه آمایش سرزمین بیش از توسعه بر اساس وضع موجود است.

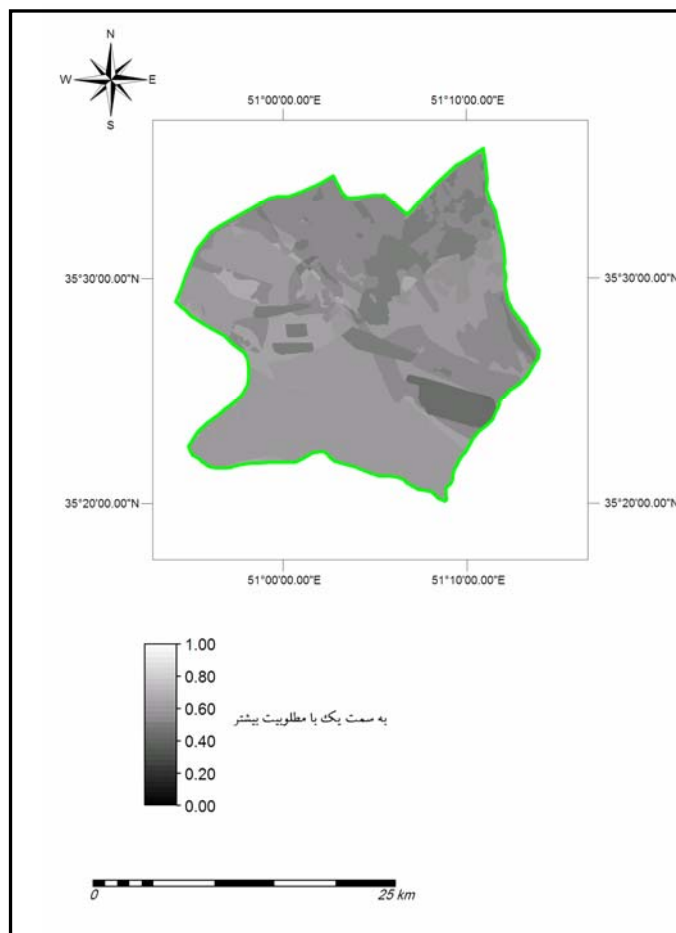
در جدول ۴ جمع جبری اثرات زیست محیطی با توجه به وزن های تعلق گرفته شده به آن ها به روش مستقیم و رتبه بندی و محیط آن ها ارایه شده است به ترتیبی که دو گزینه نسبت به هم تحلیل شوند و هرگزینه ای که مقدار عددی بیشتری داشته باشد گزینه برتر از نظر ارزیابی زیست محیطی است و برای اجرا پیشنهاد می شود چراکه میزان فایده آن بیش از هزینه می باشد. با توجه به جدول ۴ در هر دو روش وزن دهی، گزینه دو مقدار عددی بیشتری تا گزینه یک (عدم اجرا) به دست آورده است لذا گزینه برتر بوده. در روش رتبه بندی میزان اثرات مثبت در محیط های فرهنگی و اکولوژیک در حالت عدم اجرا بیش از اجرا می باشد در حالی که میزان اثرات مثبت در محیط اجتماعی - اقتصادی در حالت اجرا بیش از عدم اجرا است. در روش وزن دهی مستقیم گزینه آمایش

جدول ۴- مقادیر جمع بندی اثرات زیست محیطی در گزینه های مورد بررسی

روش وزن دهی	گروه های محیط زیست	گزینه ۱: عدم اجرا	گزینه ۲: آمایش سرزمین
روش مستقیم	اکولوژیک	۱۱۹۳۰۹/۵۴	۱۲۰۰۵۰/۰۸
	اجتماعی - اقتصادی	۱۱۱۵۷۶/۷۹	۱۳۴۶۹۹/۶۵
	فرهنگی	۱۱۷۷۱۸/۱۶	۱۱۲۸۶۹/۹۴
	مجموعه	۱۱۵۰۳۶/۹۹	۱۲۳۳۶۸/۹۹
روش رتبه بندی	اکولوژیک	۱۳۲۹۱۴/۴۷	۱۳۰۵۲۰/۸۲
	اجتماعی - اقتصادی	۱۲۵۵۲۳/۰۳	۱۳۸۲۴۲/۲۵
	فرهنگی	۱۱۴۶۰۳/۱۱	۱۱۳۴۲۴/۳۲
	مجموعه	۱۲۱۵۳۱/۲۴	۱۲۵۹۹۹/۵۳

این نقشه، نقشه نهایی از انبوهه سازی یا جمع بندی نقشه های اثرات هزینه و فایده در تمامی محیط های تأثیرپذیر است. مقادیر نقشه شاخص ترکیبی بین صفر تا یک است و نواحی که به مقدار یک نزدیک تر است دارای منافع بیشتری تا هزینه برای توسعه یا طرح است. این حالتها بوسیله نقشه بیان می شود.

از دیگر استفاده هایی که می توان از روش SMCE در ارزیابی اثرات زیست محیطی کرد این است که می توانیم به صورت تصویری میزان مطلوبیت یا عدم مطلوبیت هر نوع توسعه را بر محیط زیست در محدوده مورد اثر به صورت نقشه نشان دهیم. این کار به وسیله تهیه نقشه شاخص ترکیبی (Composite index map) صورت می گیرد (تصویر ۳).



تصویر ۳- نقشه شاخص ترکیبی شهرستان رباط کریم که در آن درجه مطلوبیت توسعه از نظر زیست محیطی نمایش داده می شود.

بحث و نتیجه گیری

برای ارزیابی و مقایسه روش ارزشیابی به دست آمده با سایر روش های ارزیابی از روشی تحت عنوان معیارهای موضوعی برای انتخاب یک روش EIA براساس روش وارنر و پرستون استفاده گردید(۸). معیارهای اصلی این روش شامل معیارهای کارائی هزینه-زمان، معیارهای تعیین اثر، معیارهای اندازه گیری اثرات، معیارهای ارزیابی اثرات و معیارهای ارتباطات می باشد که هر یک از این معیارها شامل چند معیار فرعی است.

در مرحله بعد خصوصیات روش به دست آمده با معیارها مقایسه شد و میزان تطابق معیارها با روش حاصله با رقام ۱،۲،۳ معرفی شد(۱): معیار به طور کامل برآورده شده است، ۲: معیار نسبتاً برآورده شده است، ۳: معیار برآورده نشده

است). برای این مقایسه ها از تحقیقات صورت گرفته توسط وارنر و پرستون نیز استفاده شد. روش به دست آمده از نظر معیارهای بعد فضایی، انبوهه سازی، اعتبار، کمی سازی، هم مقیاسی، مقایسه گزینه ها و قابلیت ارتباط رتبه های خوبی(نمره ۱) دریافت کرد.

بر اساس اعمال روش های مختلف وزن دهی به اثرات زیست محیطی برای تعیین اهمیت آن ها در حالتی که اثرات وزن یکسانی از نظر اهمیت گرفته اند، در محیط اکولوژیک گزینه برتر اجرای طرح آمایش می باشد، در حالی که در روش رتبه بندی گزینه برتر عدم اجرای آمایش سرزمین است. این مطلب می تواند نشان دهنده این مساله باشد که

* این روش برای ارزشیابی گزینه های برنامه ریزی های کاربری سرزمین و توسعه مناطق بسیار مفید است.

* روش به دست آمده تلفیقی از روش روی هم گذاری، ارزشیابی های چند معیاره چون AHP و توانایی های GIS است.

* SMCE توانایی بالایی در بیان کمی اثرات از خصوصیات کیفی دارد.

* دقت و صحت کار در این روش بالا است.

* توانایی بالایی در بررسی اثرات تجمعی (Cumulative impacts) دارد.

* گزینه های بسیاری در این روش قابل تهیه و ارزیابی است.

در تصویر ۴ متدولوژی به دست آمده برای تحلیل گزینه های توسعه در ارزیابی اثرات زیست محیطی با استفاده از داده های مکانمند شرح داده شده است.

اجزای محیط طبیعی می توانند از نظر اولویت و اهمیت نسبت به هم نقش مهمی در تصمیم گیری ها داشته باشند.

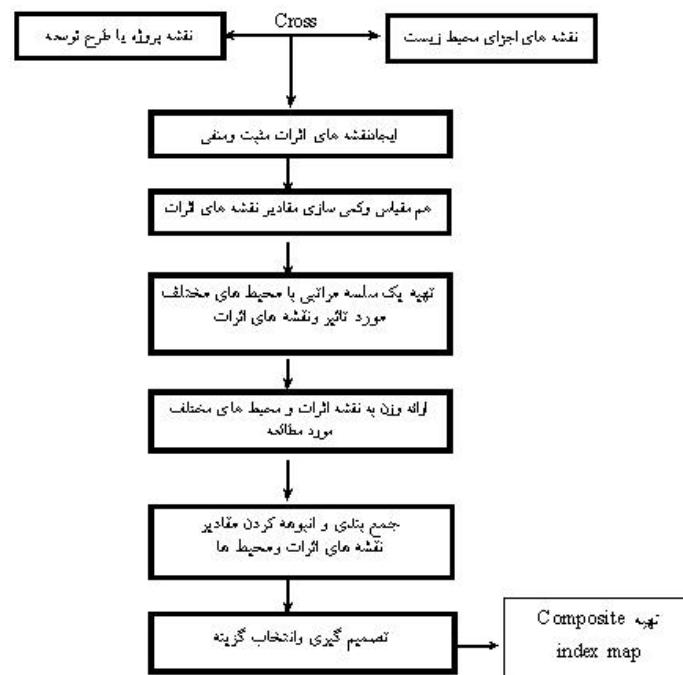
ارزشیابی چند معیاره مکانمند بر اساس مشکلات سامانه های اطلاعات جغرافیایی در تصمیم گیری و ارزیابی معیار ها طراحی شده است. بنا به نتایج این تحقیق GIS قادر به ارزشیابی گزینه های توسعه خواهد بود، عملی که در گذشته امکان پذیر نبوده است. تکنیک ارزشیابی چند معیاره مکانمند و GIS توانایی های مهمی به شرح زیر دارد که برای ارزشیابی گزینه ها مهم است.

* وجود روش های مختلف وزن دهی به اثرات و محیط های مختلف تاثیر پذیر.

* قابلیت استاندارد کردن لایه های مختلف که در بی مقیاس کردن اثرات بسیار مفید هستند.

* قابلیت انبوه سازی (Aggregation) و جمع بندی اثرات و مقادیر مختلف .

* در روش به دست آمده بر اساس توانائی های GIS محدودیتی از نظر تعداد لایه ها برای روی هم گذاری وجود ندارد.



تصویر ۴- معرفی متدولوژی به دست آمده برای ارزشیابی

گزینه های توسعه با استفاده از داده های مکانمند

منابع

- Multi-Criteria Evaluation Functions, Journal of Geographic Information and Decision Analysis, Vol. 7, No. 2, pp. 47 – 71.
۶. مخدوم، مجید، و دیگران، ۱۳۸۰، ارزیابی و برنامه ریزی محیط زیست با سامانه های اطلاعات جغرافیایی، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۳۰۴ص.
7. Janssen, R, and Van Herwijnen, M., 1994, Multiobjective decision support for environmental management + DEFINITE DEcisions on an FINITE set of alternatives: demonstration disks and instruction. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (Netherlands). 232 p., 16 p. + two 3, 5" disks. ISBN 0-7923-1908-7
8. Canter, Larry W., 1996, Environmental Impact Assessment, McGraw-Hill, Inc., p660.
۱. جعفری، حمیدرضا، علی لطفی جلال آبادی، ۱۳۸۳، ارزیابی آثار محیط زیستی فعالیت های نفتی فلات قاره خلیج فارس، مجله محیط شناسی، شماره ۳۴، ص ۶۳-۵۵.
2. Asian development bank, 1997, Environmental impact assessment for Developing Countries in Asia, Asian development bank publications, and p349.
3. Agrawam, M.L., Dished, A.K., 2002, Significance of Spatial Data and GIS for Environmental Impact Assessment of Highway Projects, Indian Cartographer, pp.262-265.
4. Joao, E. M., 1998, Use of Geographic Information Systems in Impact Assessment. In: Environmental Methods Review: Retooling Impact Assessment for the New Century, edited by: Porter, A., and Fittipaldi, J. (Forthcoming), pp.110 - 121.
5. Chakhar, s., 2003, Enhancing Geographical Information Systems