

## پیاده سازی یک فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی برای مکانیابی کاربری های اراضی با استفاده از GIS

محمدرضا رجبی<sup>۱</sup>، علی منصوریان<sup>۲</sup>

- ۱: دانشجوی کارشناسی ارشد- مهندسی نقشه برداری، سیستم های اطلاعات مکانی - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
- ۲: استادیار گروه GIS - دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

### چکیده

تصمیم گیری ها در مورد کاربری های اراضی در طول دهه های اخیر به صورت پی شونده ای پیچیده شده اند. از دلایل اصلی این امر می توان به افزایش جمعیت که با افزایش تقاضا و همچنین رشد آگاهی برای استفاده ی پایدار از زمین و منابع همراه شده است، اشاره نمود. کاهش مداوم زمین های با ارزش منجر به افزایش ناسازگاری در فرآیندهای تصمیم گیری مرتبط با کاربری اراضی می شود، چونکه منافع مختلفی تحت تاثیر این فرآیند قرار دارند و همچنین تقاضاهای با منافع مختلف و معیارهای ارزیابی مختلف در فرآیند تصمیم گیری بایستی در نظر گرفته شوند. در چنین فرآیندهای تصمیم گیری، همه ی معیارهای شناسایی شده بر اساس اهمیت نسبی که دارند، وزندهی می شوند. اما هنگامی که تعداد بیشتری از این معیارها در نظر گرفته می شوند، تخصیص وزن به فرآیندی کاملاً دشوار تبدیل می شود، مخصوصاً در مورد کاربری های اراضی این امر به وضوح صادق است چراکه تحلیل گران، نتایج را باید به صورت نقشه ارائه دهند. بنابراین روشهایی که تنها منجر به استخراج وزنهای معیار بشوند موردنیاز نیستند بلکه روشهای تسریع در فرآیندهای تهیه نقشه و نمایان سازی نتایج کاربری اراضی نیز بایستی در نظر گرفته شوند. هر دوی این موارد را می توان با استفاده از GIS تسهیل نمود. این مقاله با استفاده از ابزارهای GIS، وزنهای معیار را با استفاده از فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) استخراج می کند و با استفاده از یک مجموع وزندار از دسته داده های رستری GIS، به تولید نقشه های ارزیابی کاربری اراضی می پردازد که از آنها می توان در مکانیابی های مختلف GIS، بهره برد.

**کلمات کلیدی:** AHP، GIS، مکانیابی، کاربری اراضی

## ۱. مقدمه

یکی از تصمیم‌ها در نتیجه‌ی مقایسه‌ی یکی از چند آльтرناتیو نسبت به یکی از چند معیار مرتبط با تصمیم‌گیری، بدست می‌آید. در میان این معیارها، بعضی‌ها با اهمیت‌تر و بعضی‌ها هم کم‌اهمیت‌تر در نظر گرفته می‌شوند. در بسیاری از تصمیمات مهم روزانه، ما بوسیله‌ی درک مستقیم، به معیارهای نسبی تصمیم‌گیری به طور ناخودآگاه وزن اختصاص می‌دهیم. اگرچه چنین روشهای مبتنی بر درک مستقیم، از سوی خود ما ممکن است کاملاً توجیه‌پذیر باشند، اما در شرایط خاصی قضاوت کردن بسیار دشوار می‌شود:

- نظرات شخص ثالثی تاثیرگذار بشود.
- تصمیمات اهداف میان مدت و بلند مدت را تحت تاثیر قرار بدهد.
- تصمیمات به تعداد زیادی از معیارها وابسته باشند.
- مسئله‌ی تصمیم‌گیری بسیار پیچیده بوده و دانش متخصصین از زمینه‌های مختلف علمی موردنیاز است.

جهت قادر شدن به مدیریت مجموعه‌های پیچیده‌ی مسائل تصمیم‌گیری، اخیراً روشهای جدیدی برای مدیریت ریسک و رهنمون‌سازی تصمیم‌گیری‌ها که تاکی‌دزیادی روی ارتباطات مخاطره‌انگیز و مشارکت متخصصین دارند، معرفی شده‌اند. اما صرف‌نظر از این که کدام استراتژی تصمیم‌گیری اختیار شده باشد، همیشه این نکته را باید در نظر گرفت که معیارهای مرتبط با فرآیند تصمیم‌گیری نسبت به ارتباط و اهمیت‌تی که در موضوع دارند، رتبه‌بندی و وزندهی بشوند. بر طبق اصول راهبردی تمامی روشهای مدیریت ریسک، این مرحله‌بایستی طی یکی فرآیند واضح و گویا انجام بشود. اما به راحتی قابل تصور است که تعیین مقدار فاکتورهای وزندهی، مادامی که افراد غیرمتخصص در تصمیم‌گیری مشارکت داشته باشند، از اعتماد بالایی برخوردار نخواهد بود. یکی از روشهای کارا و شناخته شده در ارزیابی وزنها، فرآیند تحلیلی سلسله‌مراتبی است که توسط saaty پیشنهاد شده است. برای بدست آوردن وزنهای معیار، AHP مقدار ویژه و بردار مقدار ویژه‌ی مربوط به یک ماتریس مربعی که شامل اطلاعات اولیه‌ی مربوط به مقادیر اولوی‌بندی تمامی مجموعه‌دوتایی‌های متشکل از معیارها است، را محاسبه می‌کند. ترکیب AHP با یکی سیستم اطلاعات مکانی، باعث تجمع قابلیت‌های پشتیبان تصمیم‌گیری، با قابلیت‌های نمایان‌سازی و تهیه‌ی نقشه‌می‌شود که می‌تواند نقش مهمی در تسهیل ایجاد نقشه‌های کاربری اراضی داشته باشد. البته یکی از نرم افزارهای معروف GIS با نام

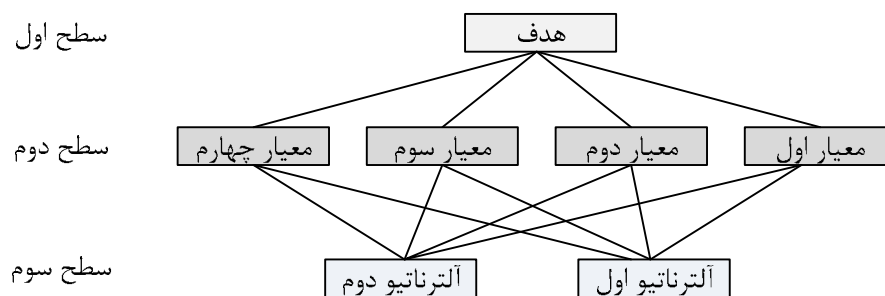
IDRISI پیشتر این فرآیند را پیاده سازی کرده بود اما پیاده سازی قابلیت های AHP در ArcGIS به تازگی صورت گرفته<sup>۲</sup> که منجر به ایجاد قابلیت های جدیدی نیز گشته است.

## ۲. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

### ۲.۱. شرح فرآیند

تکنیک های آنالیز چند معیاری (MCA)، ابزارهای شناخته شده ی پشتیبان تصمیم گیری هستند که در ارتباط با تصمیم گیری در مسائل پیچیده، که جنبه های تکنولوژیکی، اقتصادی، محیطی و اجتماعی بایستی در نظر گرفته شوند، به کار گرفته می شوند. برای بهینه سازی طراحی کاربری های اراضی، این تکنیک ها مکرراً با GIS ترکیب شده اند.

AHP به عنوان یک روش تصمیم گیری چند معیاری و چند هدفی، از مقایسه ی دو بدوی معیارها استفاده می کند تا به درجه بندی اولویت های مربوط به آلترناتیو ها برسد (Saaty and vages 1991). برای به کار گیری این روش در یک مساله ی ساختار نیافته، بایستی ابتدا در یک ساختار سلسله مراتبی تجزیه شود (شکل یک).



شکل ۱ - یک مساله ی ساختار یافته در سه سطح سلسله مراتبی

همه ی معیارها و فاکتورهای شناسایی شده، در یک ماتریس مقایسه ی دوبدو که بیانگر اولویت های نسبی فاکتورها است، بیان می شوند. بنابراین مقادیر عددی مربوط به اولویت بندی و با اهمیت نسبی یک فاکتور نسبت به دیگری، بایستی اختصاص دهی شده باشند. (Saaty (1977 و (Saaty and vages 1991)، یک دامنه برای مقایسه پیشنهاد کردند که شامل مقادیر عددی ۱ تا ۹ می شود. هر کدام از این اعداد بیانگر درجه ی اهمیت می باشند به طوری که مقدار یک، نشاندهنده ی "اهمیت برابر" و مقدار ۹ نشاندهنده ی "اهمیت بسیار زیاد" یک فاکتور نسبت به دیگری می باشد.

جدول ۱، یک ماتریس مقایسه‌ای ساده از مرتبه ۳ را نشان می‌دهد که در آن سه معیار  $C_1$ ،  $C_2$  و  $C_3$  با یکدیگر مقایسه شده‌اند. مثلاً در مقایسه‌ی مستقیم  $C_1$  و  $C_3$ ، معیار  $C_1$  خیلی مهم‌تر از معیار  $C_3$  در نظر گرفته شده و مقدار مربوطه‌ی آن در ماتریس، به پنج اختصاص داده شده است. مقدار قرینه در ماتریس خود به خود عکس این مقدار را خواهد گرفت که در این مورد برابر خواهد بود با  $\frac{1}{5}$  یعنی ۰.۲.

معیارها	$C_1$	$C_2$	$C_3$
$C_1$	۱	۴	۵
$C_2$	۰.۲۵	۱	۰.۵
$C_3$	۰.۲	۰.۲	۱

جدول ۱- نمونه‌ای از یک ماتریس مقایسه‌ای دویبدو که اولویت‌های نسبی میان معیارهای شناسایی شده را نشان می‌دهد.

در مرحله‌ی بعدی از این فرآیند، مقادیر اولویت‌بندی اختصاص داده شده جهت تعیین رتبه‌بندی فاکتورهای مربوطه که همان مرحله‌ی وزندهی است، ترکیب و تلفیق می‌شوند. بنابراین مقادیر ویژه و بردارهای ویژه‌ی ماتریس مربعی نشان‌دهنده‌ی این موضوع هستند که جزئیات مهمی در مورد داده‌ها از این ماتریس قابل استخراج می‌باشد.

ماتریس مربعی فوق که از مرتبه‌ی سه است، سه مقدار ویژه می‌دهد که با سه بردار ویژه (هر کدام شامل سه مولفه برداری) محاسبه می‌شوند. مطابق Saaty and vagas 1991، تنها محاسبه‌ی بردار ویژه‌ای که از بزرگترین مقدار ویژه‌ها تشکیل شده است، کافی می‌باشد چراکه این بردار ویژه شامل اطلاعات کافی (به همراه مولفه‌های برداری اش) جهت ارائه‌ی اهمیت‌های نسبی فاکتورهای در نظر گرفته شده، خواهد بود.

البته مقادیر مربوط به مقایسه‌ی دویبدو بایستی کاملاً به صورت کارشناسی شده تعیین شوند و مقادیری اختیاری در نظر گرفته نشوند. اما اولویت‌ها و سلائیق افراد مختلف، متناقض و ناجور بوده و وابستگی این روش به نظرات تحلیل‌گران ممکن است باعث آشفتگی و انحراف در محاسبات بردارهای ویژه بشود. این تناقضات ممکن است که از این مساله ناشی بشوند که مثلاً یک فاکتور  $A_i$  بر فاکتور  $A_j$  ترجیح داده شود و از سوی دیگر فاکتور  $A_j$  نیز بر فاکتور دیگری با نام  $A_k$  ترجیح داده شود اما نهایتاً فاکتور  $A_i$  به فاکتور  $A_k$  ترجیح داده نشده باشد در حالی که فاکتور  $A_i$  برتر از فاکتور  $A_k$  بایستی در نظر گرفته شده باشد.

به همین دلیل، (saaty(1977) یک اندکس عددی منحصر به فرد برای بررسی استحکام ماتریس مقایسه‌ی دو بدو مهبیا نمود. بنابراین یک نسبت CR به عنوان نسبت اندکس استحکام (CI) بر یک اندکس می‌انگین (RI) تعریف شد:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1)$$

مقدار اندکس می‌انگین استحکام، RI، که برخی از مولفین به آن اندکس تصادفی نیز می‌گویند (wargner,2002)، توسط saaty 1977 به عنوان می‌انگین استحکام ماتریس‌های مربعی از مرتبه‌های مختلف که توسط مقادیر کاملاً تصادفی مقدار دهی شده بودند، محاسبه شده است. بنابراین مقادیر استحکام متوسط این ماتریس‌ها از پیش تعیین شده اند، مثلاً saaty and vargas جدول ۲ را ارائه نموده اند.

n	2	3	4	5	6	7	8
RI	0.00	0.52	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41

جدول ۲- مقادیر RI (Saaty and vargas 1991)

طبق روش پیشنهادی saaty 1977، که مقادیر RI را برای ماتریس‌های تا مرتبه‌ی ۱۵ محاسبه کرده بود، ماتریس‌های با مرتبه‌ی بزرگتر از ۸ دارای مقدار RI در حدود ۱.۴۵ خواهند بود.

مقدار اندکس استحکام مستقیماً از ماتریس اولویت بندی شده و با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه خواهد شد:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

که در آن  $\lambda_{\max}$  بزرگترین مقدار ویژه‌ی ماتریس اولویت بندی و n مرتبه‌ی ماتریس هستند.

طبق دانش متخصصین و تجربیات حاصل از پیاده‌سازی‌های مختلف، saaty and vargas پیشنهاد کردند که اگر نسبت استحکام از مقدار ۰.۱ تجاوز کند، ماتریس اولویت‌ها نیاز است که بازنگری شود.

### ۳. سازماندهی آلترناتیوها بر اساس اهمیت

روش AHP همچنین امکان سازماندهی آلترناتیو‌های تصمیم‌گیری بر اساس اهمیتی که دارند را مهبیا می‌سازد. در یک سناریوی مربوط به کاربری اراضی این آلترناتیو‌ها بوسیله‌ی موقعیت‌های مختلفی که نسبت به معیارهای در نظر گرفته شده مقدار دهی شده اند، ارائه می‌شوند. فرض کنید که ما دو آلترناتیو

A1 و A2 و سه معیار شناسایی شده ی C1 ، C2 و C3 که اولویت بندی آنها نسبت به هم در جدول ۱ نمایش داده شده، داری م. وزنهای معیار محاسبه شده بر اساس بردار ویژه ی مربوط به بزرگترین مقادیر ویژه ی اولویت بندی ها، در جدول ۳ داده شده است. در مرحله ی بعد بایستی که دو آلترناتیو بر اساس معیارهای در نظر گرفته شده ، مقایسه شوند. مجدداً وزنها بر اساس بزرگترین بردارهای ویژه ی مربوط به ماتریس های مقایسه ای بدست آورده می شوند. اهمیت هر کدام از آلترناتیو ها به شکل زیر محاسبه می شود:

$$\text{Alternative A1: } 0.687 \times 0.83 + 0.127 \times 0.75 + 0.186 \times 0.14 = 0.69,$$

$$\text{Alternative A2: } 0.687 \times 0.17 + 0.127 \times 0.25 + 0.186 \times 0.85 = 0.31.$$

از آنجایی که آلترناتیو A1، امتیاز بیشتری گرفته است، بایستی که نسبت به آلترناتیو A2 ترجیح داده شود.

وزن	معیار
0.687	C1
0.127	C2
0.186	C3

جدول ۳- وزنهای معیار منتج از ماتریس اولویت بندی شده ی جدول یک

	A1	A2	وزن
معیار C1			
A1	۱	۵	۰.۸۳
A2	۰.۲	۱	۰.۱۷
معیار C2			
A1	۱	۳	۰.۷۵
A2	۰.۳۳	۱	۰.۲۵
معیار C3			
A1	۱	۰.۱۶۶	۰.۱۴
A2	۶	۱	۰.۸۵

جدول ۴- ماتریس های اولویت بندی مربوط به آلترناتیو های A1 و A2 بر حسب معیارهای C1 و C2 و C3

## ۴. پیاده سازی AHP در ArcGIS

### ۴.۱. مروری بر متدلوژی به کار گرفته شده

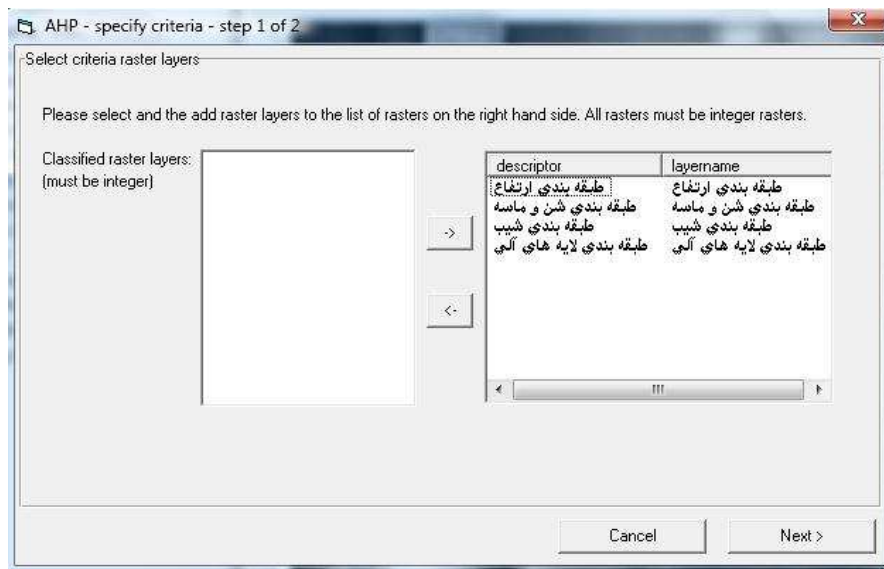
قبل از تشریح جزئیات پیاده سازی مختصری از مراحل اصلی چگونگی ارزیابی کاربری های اراضی آورده شده است:

۱. تعریف مساله و هدف (کدام نوع از کاربری های اراضی بایستی که برنامه یزی شوند).
۲. شناسایی طرف های درگیر و ذی نفعان و بحث با آنها و همچنین تعامل با متخصصین، جهت تعیین معیارهای که نقش تاثیرگذاری روی کاربری های موردنظر دارند.
۳. جمع آوری و مهیا سازی داده (آنالیزهای آماری و مکانی و ...)
۴. ایجاد مجموعه داده های رستری مربوط به معیارهای تعیین کننده در کاربری اراضی (با روشهای درونیابی) و تبدیل داده های برداری به رستری (مثلا برای پلی گونهای نشاندهنده ی مناطق زمینی شناسی)
۵. کلاسه بندی مجموعه داده های رستری
۶. ایجاد یک ماتریس اولویت بندی، که مقادیر اولویت ها را به معیارهای در نظر گرفته شده، اختصاص می دهد.
۷. تعیین وزنهای معیار با محاسبه ی مقادیر ویژه و بردارهای ویژه ی ماتریس اولویت
۸. محاسبه ی فایده ی رستری نهایی (نقشه ی کاربری های مناسب) از طریق یک مجموع وزندار از همه ی مجموعه داده های رستری مربوط به معیارها.

توجه به این نکته در اینجا حائز اهمیت است که تنها از مرحله ی پنجم به بعد در مراحل برنامه نویسی و پیاده سازی فنی ماژول AHP وارد می شوند و مراحل قبلی جهت بدست آوردن اطلاعات ورودی هستند.

## ۲.۴. توضیح ماژول AHP

با فرض یک سناریوی مربوط به کاربری اراضی، این برنامه انتظار دارد که همه ی معیارهای در نظر گرفته شده به صورت مجموعه داده های رستری منطقه بندی شده که به ArcGIS اضافه شده اند، باشند. اولین مرحله از پیاده سازی، معرفی معیارها به برنامه می باشد. اما معیارهای در نظر گرفته شده، اغلب دارای محدوده ی مقادیر مختلف و بعد مختلف می باشند که انجام یک انتقال جهت آوردن همه ی معیارها به یک مقیاس واحد را لازم می سازد. بنابراین رسترهای معیار بایستی که طبقه بندی شوند. طی این فرآیند طبقه بندی محدوده ی کلی مقادیر مربوط به یک معیار به کلاسهای مختلف و با مقادیر جدید اختصاص دهی می شوند. مقادیر کلاسهای جدید بایستی که کیفیت یک معیار نسبت به کاربری مورد نظر را بیان کند. مثلاً اگر یک مقدار بارش سالیانه ی کم، بسیار بد در نظر گرفته شده باشد، مقادیر جدید برای این کلاس بایستی صفر در نظر گرفته شوند و سایر کلاسها (کلاسهای بهتر) بایستی مقادیر بالاتری دریافت کنند. محاسبه ی اتوماتیک مقادیر مربوط به هر کدام از کلاسهای معیارها نیز به راحتی انجام پذیری است اما بایستی همیشه این امکان را فراهم نمود که نظرات متخصصین ترتیب اثر داده شوند. در این برنامه امکان تعریف تعداد کلاسها به صورت متعامل قرار داده شده است و همچنین امکان اختصاص توصیفاتی به هر کدام از کلاسها پیش بینی شده است. که در هنگام تولید نقشه ی نهایی در لژاندر نقشه می توانند به کار روند.



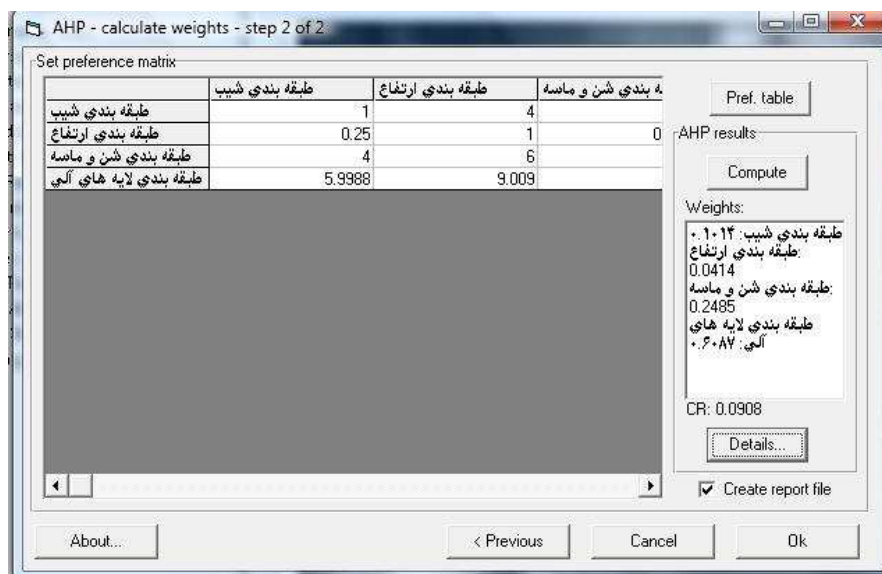
شکل ۲- گام اول در ماژول AHP که همان معرفی معیارها با لایه های رستری است

پس از اتمام طبقه بندی، ماتریس اولویت ها بایستی با مقادیر اولویت های نسبی یا همان اهمیت یک معیار نسبت به دیگری، پر شوند. با وارد کردن یک مقدار، مقدار در سلول قرینه به صورت خودکار، از



عکس مقدار ورودی پر می شود. از آنجایی که المان های مربوط به قطر اصلی بایستی یک در نظر گرفته شوند، نیازی به ویرایش آنها وجود ندارد. البته قبل از شروع مقدار دهی ها، کاربر بایستی که محدوده ی مقایسه و مشخصات اولویت ها را تعیین کرده باشد.

وزنهای معیار با محاسبه ی بردار های ویژه و مقادیر ویژه ی بزرگ ترین مقدار ویژه ی ماتریس اولویت بندی بدست می آید. فاکتورهای وزندهی از مولفه های بزرگترین بردار ویژه محاسبه می شوند. به این ترتیب همه ی مولفه های آن جمع می شوند و سپس هر کدام از مولفه ها بر این مقدار تقسیم می شوند. این امر باعث می شود که مجموع وزنهای همواره یک باشد.



شکل ۳- ماتریس اولویت بندی در ماژول AHP

در آخر، همه ی رسترهای طبقه بندی شده، به وزنهای متناظرشان ضرب شده و با هم جمع می شوند (شکل ۷). هر سلول از رستر نهایی بر اساس رابطه ی زیر محاسبه می شود:

$$r_{ix,iy} = \sum_{i=1}^n w_i v_{i,ix,iy} \quad \text{with } ix = 1, \dots, nx; \quad iy = 1, \dots, ny \quad (3)$$

که در آن مقدار رستر نهایی در سلول  $(ix, iy)$ ، وزن معیار  $i$  ام  $w_i$  (که  $i=1, 2, \dots, n$  و همان تعداد کل معیارهای در نظر گرفته شده است)، مقدار طبقه بندی شده ی معیار  $i$  ام در سلول  $(ix, iy)$  و  $nx$  و  $ny$  تعداد سلولهای رستری در جهت  $X, Y$  هستند.

رستر نهایی به ArcGIS اضافه شده و نشاندهنده ی یک نقشه ی تناسب از مناطق مختلف برای هر کاربری خاص خواهد بود که مقادیر بالاتر در رستر نهایی نشاندهنده ی مناطقی خواهند بود که مناسب تر هستند.

جهت جلوگیری از ایجاد یک فرآیند تولید نقشه با ماهیت "جعبه سیاه" که فرآیند انجام شده برای مشخص نباشد، امکان تهیه یک گزارش که شامل معیارها، منابع داده، تنظیمات طبقه بندی، ماتریس اولویت و عملیات های محاسباتی انجام پدی رفته، قابل ایجاد خواهد بود.

## ۵. نمونه مطالعاتی کاربردی

برای نشان دادن نحوه ی کارکرد و خروجی برنامه ی پیاده سازی شده، یک مطالعه ی کاربردی انجام شد. شایستگی یک منطقه نسبت به قابلیت ساخت و ساز مورد بررسی قرار گرفته که در آن ضخامت لایه های معدنی و سنگی و شنی مربوط به سطح زمین نیز مورد نظر واقع شده است. در حالی که از ساخت و ساز در مناطق معدنی و آلی بایستی اجتناب نمود، ساخت و ساز در مناطقی که لایه های زمین از نوع سنگ و شن و ماسه است، بسیار در اولویت خواهد بود.

مقادیر مربوط به طبقه بندی لایه ها که در جدول ۵ نمایش داده شده است، در برنامه لحاظ شده است. جدول ۶ ماتریس مقایسه ی دوبدوی معیارها را نمایش می دهد (ماتریس اولویت دهی) که در آن مقادیر اولویت های اختصاص داده شده و وزنهای نهایی محاسبه شده، نمایش داده شده اند. از شکل می توان ملاحظه نمود که معیار "کمی ضخامت لایه های آلی و معدنی زمین" وزنی برابر با 0.6081 را دریافت نموده است که در نتیجه به مهمترین معیار تبدیل می شود. همانطور که ملاحظه می شود ضخامت لایه های سنگی و شنی زمین، شیب و نهایتاً ارتفاع، در اولویت های بعدی قرار می گیرند.

معیارها	مقادیر کلاسها				
	0	1	2	3	4
شیب (درجه)	> 20	14-20	8-14	2-8	<2
ارتفاع (متر)	<31.7	31.7-32.8	32.8-34	34-35.2	>35.2
ضخامت لایه های سنگی و شنی	<2	2-4	4-6	6-8	>8
ضخامت لایه های آلی و معدنی	>0				0

جدول ۵- حوزه ی مقادیر معیارها و مقادیر جدیدا اختصاص داده شده

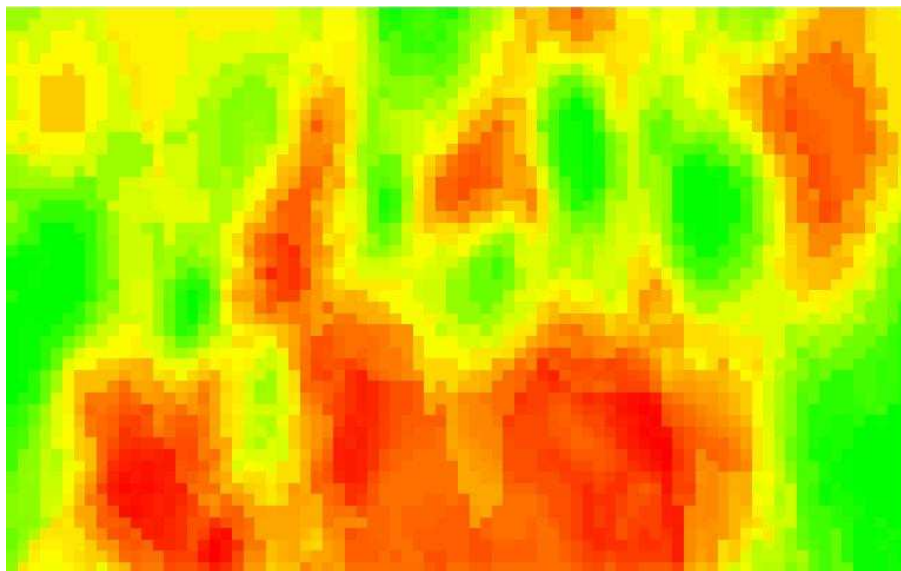
محاسبات نشان داد که نقشه ی محاسبه شده ی نهایی دارای مقادیری بین صفر تا ۳.۷۵ است. مقدار ماکزیمی برابر با ۳.۷۵ نشان می دهد که هیچ محلی که از همه لحاظ، معیارها را برآورده کند، وجود نداشته است. بنابراین مناسب ترین محل ها در این نقشه به چیزی حدود ۹۳ درصد از ماکزیمم

ممکن (یعنی ۴) می رسند. پس تحلیل گران و تصمیم گیری رندگان بایستی تصمیم بگیری رند که آی ا این مقدار قابل قبول است یا خیر.

وزن	ضخامت لایه های آلی	ضخامت لایه های سنگی	ارتفاع (متر)	شیب (درجه)	معیارها
۰.۱۰۱۴	۰.۱۶۶۷	۰.۲۵	۴	۱	شیب (درجه)
۰.۰۴۱۴	۰.۱۱۱	۰.۱۶۶۷	۱	۰.۲۵	ارتفاع (متر)
۰.۲۴۸۵	۰.۲۵	۱	۶	۴	ضخامت لایه های سنگی
۰.۶۰۸۱	۱	۴	۹	۶	ضخامت لایه های آلی و

نسبت استحکام (CR) برابر می شود با 0.09.

جدول ۶- ماتریس اولویتی که مقادیر اولویتی ها در آن اختصاص داده شده و وزنها بدست آمده اند.



شکل ۴- نقشه ی رستری نهایی

## ۶. نتیجه گیری

برنامه ای که مورد بررسی قرار گرفت یک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را بررسی می کند که یک ابزار بسیار مناسب برای تسهیل ارزیابی کاربری ها می باشد. این ماژول محاسبات مربوط به بردارهای ویژ و مقادیر ویژ در ماتریس اولویت بندی را محاسبه می کند و وزنها را بر می گرداند. با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در GIS، قابلیت های فراوانی در جهت کمک به فرآیند های تصمیم گیری مختلف اضافه خواهد گشت. به طور خلاصه می توان گفت که این ابزار نه تنها در ارزیابی کاربری های اراضی بلکه

در هر کدام از فیله‌های مربوط به ژئوماتیک - که در آنها داده های مکانی نقش مهمی در فرآیندهای تصمیم‌گیری ایفا می‌کنند - می‌تواند بسیار مفید واقع شود. پس از اینکه بهترین مناطق تعیین شدند، یک رتبه بندی از آلترناتیو ها در اختیار تحلیل‌گران قرار می‌گیرد که می‌توانند از آن در تصمیم‌گیری های کارشناسانه بهره‌گیری کنند. در کنار AHP روشهای دیگری نیز برای کمک به فرآیند تصمیم‌گیری وجود دارند که با ورود آنها به محیط یک GIS مدرن، می‌توان سیستم‌های تصمیم‌یار مکانی<sup>۳</sup> بسیار موثری ایجاد نمود.

مراجع

Carver, S., 1991. Integrating multi-criteria evaluation with geographical systems. *International Journal of Geographical Information Systems* 5 (3), 321-339.

Dai, F.C., Lee, C.F., Zhang, X.H., 2001. GIS-based geoenvironmental evaluation for urban land-use planning: a case study. *Engineering Geology*. 61 (4), 257-271.

ESRI Inc., 2002. ArcGIS 8.2. ESRI Inc., Redlands, CA.

Malczewski, J., 1999. Spatial multicriteria decision analysis. In: Thill, J.C. (Ed.), *Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis—A Geographic Information Sciences Approach*. Ashgate, New York, NY, pp. 11-48.

Marinoni, O 2004. Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS. *Computers & GeoScience*.

Saaty, T.L., 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology* 15, 231-281.

Saaty, T.L., 2003. Decision-making with the AHP: why is the principal eigenvector necessary. *European Journal of Operational Research* 145, 85-91.

Saaty, T.L., Vargas, L.G., 1991. *Prediction, Projection and Forecasting*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 251pp.

Wagner, E.D., 2002. Public key infrastructure (PKI) and virtual private network (VPN) compared using a utility function and the analytic hierarchy process (AHP). M.Sc. Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, 50pp.