تلفیق GIS و AHP با روش مارینونی

گردآوری و تهیه:
محمدرضا سرداری / مدرس گروه شهرسازی دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)
رها پولادی / نهاد مدیریت و برنامه ریزی شهر تهران

چکیده:
تصمیم گیری نتیجه ای است از مقایسه و ارزیابی چندین آلترناتیو با توجه به معیارهایی که برای تصمیم گیری مورد توجه قرار گرفته اند. در میان معیارهای سنجه ای، برخی از معیارها در رابطه با هدف مورد نظر و در مقایسه با سایر معیارها دارای اهمیت بیشتر و یا کمتری می باشند. بر همین اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)که توسط توماس ال.ساعتی[1] در سال ۱۹۷۷ معرفی شده یکی از روشهایی بوده که به محاسبه میزان اهمیت معیارها به صورت کمی میپردازد. در رابطه با استفاده از تکنیک AHP و همچنین تلفیق آن با سیستم اطلاعات جغرافیایی GISبرنامه الحاقی«مارینونی» که در GIS قابل اجرا می باشد توسط ESRIارایه گردیده که با کاربرد این برنامه، نیازی به استفاده از نرم افزار Expert Choiceنمی باشد. این مقاله بر آن است تا ضمن بررسی مفاهیم تحلیل سلسله مراتبی، قابلیتهای نوین نرم افزاری ArcGISرا در این زمینه معرفی نماید.

چارچوب مفهومی

به طور کلی تصمیم گیری چند معیاری با مجموعه گزینه هایی سروکار دارد که بر پایه یک سری معیار ارزیابی میشود. آنالیز تصمیم گیری چند معیاری (MCDA)[2] مجموعه ای از روشهای تحلیلی است که به تصمیم گیرندگان در حل مسایل پیچیده و دارای ساختار ضعیف یا ناقص کمک کرده و از دانش تصمیم گیرندگان و معیارهای موثر در حل این مسایل استفاده میکنند. (J.Malczewski، ۱۹۹۹)

چارچوبی که برای مراحل اجرای این فرآیند ارایه شده در شکل ۱ آمده است. این چارچوب از سه فاز هوشمندی، طراحی و انتخاب تشکیل یافته است. هدف فاز هوشمندی توضیح و فهم رفتار سیستم و سنجیدن وضعیت فعلی است. هدف فاز طراحی، فرموله نمودن اهداف و مدل است و در نهایت فاز انتخاب، شامل تولید گزینه ها، بررسی تاثیر آنها، ارزیابی و تصمیم گیری و نمایش نتایج است. مراحل اجرای تصمیم-گیری چند معیاری به شرح ذیل می باشد: (Prakash, ۲۰۰۳, p ۴۵-۶۷)

تعریف مسئله: هر فرآیند تصمیم گیری با شناخت و تعریف مسئله شروع می‌شود.

معیارهای ارزیابی: این مرحله شامل تعیین مجموعه اهدافی[3] می‌باشد که تمام زوایای مسأله را پوشش دهد و اندازه گیری مورد نیاز برای رسیدن به اهداف مذکور را عملی سازد.

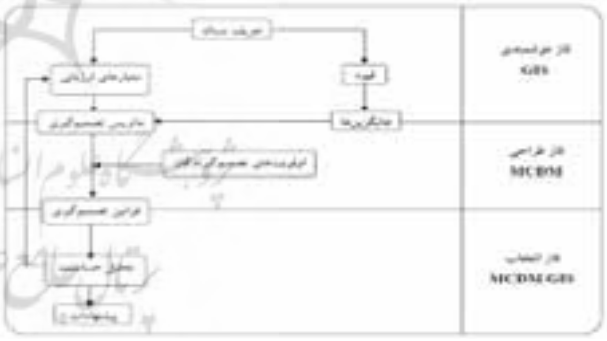
گزینه-ها: برای هر گزینه یک متغیر تصمیم گیری نسبت داده می‌شود. این معیار توسط تصمیم گیرندگان برای اندازه گیری اجرای تصمیمات جایگزین مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اولویت معیارها: در این مرحله اولویت های تصمیم گیرندگان در مورد معیارهای ارزیابی وارد مدل تصمیم گیری می شود. اولویتها همان اوزان منسوب به اهمیتهای نسبی معیارهای ارزیابی اند.

قوانین تصمیم گیری: در این مرحله نتایج سه مرحله قبل گردآوری می‌شود، یعنی لایه‌های مکانی و قضاوتها (اولویتها و عدم قطعیتها) ترکیب می‌شوند تا برآوردی کلی از گزینه‌ها بدست آید.

تحلیل حساسیت: بدنبال رتبه بندی گزینه ها، برای تعیین استحکام مدل ناگزیر از اجرای این تحلیل هستیم. تحلیل حساسیت فرآیندیست که چگونگی و شدت تغییر تصمیمهای پیشنهادی (خروجی) را بر اساس تغییرات ورودیهای تصمیم گیری بیان می‌کند.

پیشنهادات: نتایج نهایی فرآیند تصمیم گیری، بر پایه رتبه بندی گزینه ها و تحلیل حساسیت می باشد.



شکل۱: چارچوب تصمیم گیری چند معیاری مکانی

ماخذ: دلاور و نادی، ۱۳۸۰

۲-۸-۱- متدهای تصمیم گیری چند معیاری:

نحوه به کارگیری معیارهای کمی و کیفی و ماهیت متضاد آنها، مشکل اصلی تصمیم گیری چند معیاری است. منشاء عمده مشکلات نیز عبارتند از: (قدسی پور، ۱۳۸۴)

- فقدان استاندارد اندازه گیری معیارهای کیفی؛
- فقدان واحد تبدیل معیارهای کمی و کیفی به یکدیگر؛

دلیل عمده توسعه متدهای گوناگون تصمیم گیری نیز رفع همین دو معضل در فرآیند تصمیم گیری است و بر همین اساس مجموعه روشهای متفاوتی با قوانین و اصول خاص طراحی شده‌اند. از میان روشهای موجود به عنوان نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[4]؛
- روش اولویت گذاری بر اساس شباهت به راه حل ایده آل[5]؛
- روش حذف گزینه‌های غیر موثر در انعکاس واقعیت[6]؛

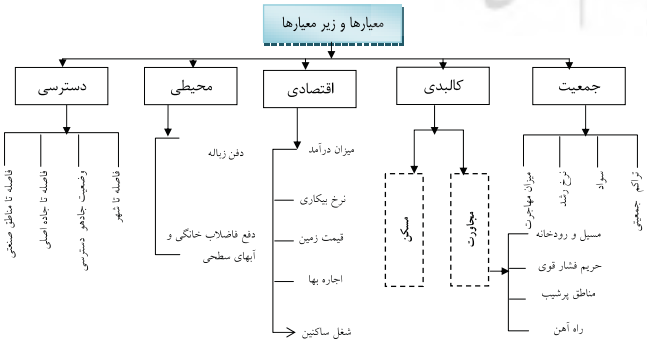
روش ارزیابی فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) جزء روشهای ارزیابی چند معیاری است که در این مقاله به بررسی چگونگی کاربرد آن در سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (GIS) خواهیم پرداخت.

مراحل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی؛

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی روشی است منعطف، قوی و ساده برای تصمیم گیری و یکی از کارآمدترین تکنیک های تصمیم گیری است این تکنیک براساس مقایسه های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می – دهد. این روش امکان تجزیه مسایل پیچیده را بصورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و علاوه بر آن امکان در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی را در مسئله دارد. (قدسی پور، ۱۳۸۴) روش AHP و کاربرد آن بر اساس مراحل زیرین استوار است:

۱- بر پایی یک ساختار و قالب درختی و رده ای؛

تبدیل موضوع یا مسئله مورد بررسی به یک ساختار سلسله مراتبی یکی از مهمترین مراحل فرایند تحلیل سلسله مراتبی محسوب می شود. به منظور تعیین وزن فاکتورهای موثر در مکانیابی با استفاده از AHP باید یک ساختار ردهای برای پارامترها ایجاد کرد که در شکل ۲ نمونه ای از آن نمایش داده شده است.



شکل۲: نمونه ای فرضی از یک ساختار سلسله مراتبی

۲- تبیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها از طریق مقایسه زوجی؛

تعیین ضریب اهمیت (وزن) معیارها و زیرمعیارها، به کمک ماتریس سنجش دوبدویی اتفاق میافتد که تمام معیارها نسبت به یکدیگر و دوبدو مقایسه و ارزیابی می‌شوند. در روش AHP مقایسه زوجی بین معیارها و زیر معیارها بر اساس یک مقیاس نسبی وزنی و به صورت کمی انجام می‌شود. این مقیاس کمی در جدول (۱ و ۲) ارایه شده است.

برای محاسبه ضریب اهمیت معیارها چهار روش عمده زیر وجود دارد؛ (زبردست، ۱۳۸۰، ص۱۶)

۱- روش حداقل مربعات[۷]؛

۲- روش حداقل مربعات لگاریتمی[۸]؛

۳- روش بردار ویژه[۹]

۴- روشهای تقریبی[۱۰]

از روشهای فوق، روش بردار ویژه بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است اما اگر ماتریس فوق دارای ابعاد بزرگتری باشد محاسبه مقادیر و بردارهای ویژه طولانی و وقت گیر خواهد بود مگر اینکه از نرم افزارهایی مانند Expert Choice استفاده نمود.[۱۱] شایان ذکر است که برنامه مارینونی در GIS نیز از روش بردار ویژه جهت محاسبه ضریب اهمیت معیارها استفاده می‌گردد.

۳- برقراری سازگاری در قضاوتها؛

یکی از مزیتهای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوتهای انجام شده است. در این قسمت هدف آن است تا ببینیم چقدر سازگاری در قضاوتها انجام شده است. مکانیزمی که ساعتی (Saaty) برای بررسی سازگاری در قضاوتها در نظر گرفته است محاسبه ضریبی به نام ضریب سازگاری (C.R.)[۱۲] است که از تقسیم شاخص سازگاری (C.I.)[۱۳] به شاخص تصادفی بودن (R.I.)[۱۴] حاصل میشود. چنانچه این ضریب کوچکتر یا مساوی ۱/۰ باشد، سازگاری در قضاوتها مورد قبول است وگرنه باید در قضاوتها تجدید نظر شود.

(SAATY & VARGAS, ۱۹۹۱)

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$$

شاخص تصادفی بودن با توجه به تعداد معیارهای (n) از جدول زیر قابل استخراج است:

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

۹	۷	۵	۳	۱	۱/۳	۱/۵	۱/۷	۱/۹
کاملا برتر	برتری خیلی بیشتر	برتری بیشتر	کمی برتر	یکسان	کمی برتر	برتری بیشتر	برتری خیلی بیشتر	کاملا برتر
extremely Prefered	very strongly Prefered	strongly Prefered	moderately Prefered	equally Prefered	moderately Prefered	strongly Prefered	very strongly Prefered	extremely Prefered
more important					less important			

جدول ۱: طیف درجه بندی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Saaty, ۱۹۷۷)

ماخذ: (Peter Kuyler, ۲۰۰۶, P۴۷)

Criteria	C1	C2	C3
C1	1	4	5
C2	0.25	1	0.5
C3	0.2	2	1

جدول ۲: نمونه ماتریس مقایسه زوجی معیارها

بکارگیری برنامه جانبی Marinoni در GIS جهت محاسبه «ضریب اهمیت» (CW)[15] معیارها، ضریب سازگاری(C.R) و همپوشانی لایه ها

در بسیاری از مدلسازی ها و اهدافی که به منظور مکانیابی در سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام می گیرد، عملیات انطباق یا قراردادن لایه ها بر روی یکدیگر به عنوان یکی از مراحل اصلی در مکانیابی صورت می پذیرد. با توجه به نوع هدف در همپوشانی لایه های اطلاعاتی لازم است که به میزان و ضریب اهمیت هر لایه نسبت به سایر لایه ها توجه شود تا در هنگام جمع نمودن لایه، ضریب اهمیت هر لایه مشخص و ترتیب اثر داده شود. به منظور تسهیل در همپوشانی لایه ها با در نظر گرفتن ضریب اهمیت لایه ها و محاسبه ضریب سازگاری می توان از برنامه جانبی AHP در نرم افزار ArcGIS استفاده گردیده است. با استفاده از این برنامه که در سال ۲۰۰۵ میلادی به صورت یک برنامه جانبی[16] توسط «O.Marinoni» ارایه شده، دیگر نیازی به استفاده از نرم افزار Expert Choice نمی باشد.[17] این برنامه با توجه به ماتریس مقایسات دوبدویی که می توان در GIS تشکیل داد، ضریب اهمیت (CW) هر یک از زیرمعیارها را محاسبه و با اعمال ضریبشان، با زیر معیارهای دیگر همپوشانی کرده و در نهایت در محیط GIS، نقشه هایی در قالب رستر[18] تولید می نماید.

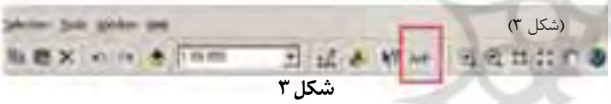
تحلیل AHP در GIS

۱-تبدیل معیارها در قالب لایه های رستری ارزش گذاری شده

به منظور اجرای تحلیل (AHP) در این سیستم، ابتدا بایستی معیارهای مورد نظر را در قالب لایه های رستری و ارزشگذاری شده (بین ۱ تا ۹) به وجود آورد. ارزشگذاری مجدد[19] (۱ تا ۹) با توجه به نوع هدف در مکانیابی و نوع مطلوبیت صورت می‌گیرد به عنوان مثال، جهت یافتن بهترین مکان برای ساختمان سازی می توان برای مناطق دارای خاک مقاوتر، ارتفاع بیشتر و میزان شیب کمتر امتیاز بالاتری را در نظر گرفت.

۲-اجرای دستور AHP در ArcGIS

به منظر دستیابی و اجرای تحلیل AHP توسط برنامه جانبی Marinoni لازم است برنامه Ext.AHP را از سایت شرکت ESRI دانلود و نصب نمود تا آیکون مربوطه در نوار ابزار ArcGIS قرار گیرد.[20](شکل ۳)



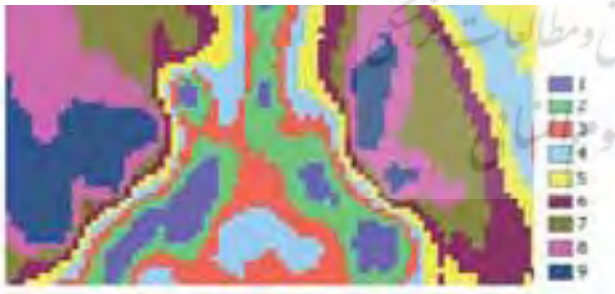
(شکل ۳)

شکل ۳

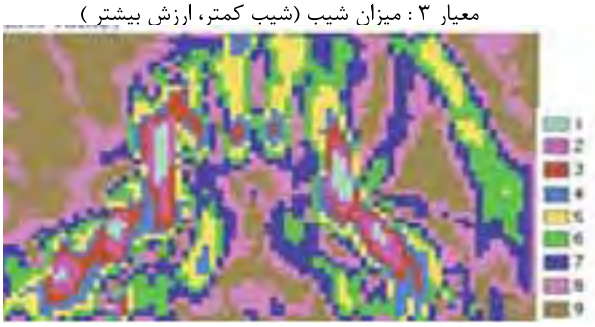
۳- پس از اجرای برنامه (جعبه ابزاری مطابق شکل ۴ ظاهر شده)، بایستی لایه های مورد نظری را که در ماتریس مقایسه دوبدویی مقایسه می‌شوند را انتخاب نماییم.

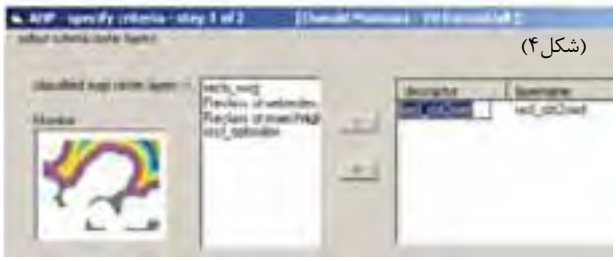
معیار ۱ : مقاومت خاک (خاک مقاومتر ارزش بیشتر)

معیار ۲ : ارتفاع (ارتفاع بالاتر، ارزش بیشتر)



معیار ۳ : میزان شیب (شیب کمتر، ارزش بیشتر)

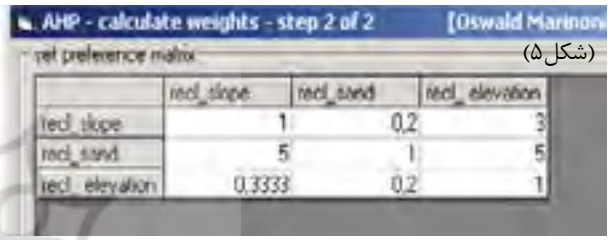




(شکل۴)

شکل ۴

۴- پس از انتخاب لایه ها، ماتریس سنجش دویدویی ظاهر می‌شود که در این مرحله باید معیارها را به صورت دوبدویی با یکدیگر مقایسه نمود. در این مرحله نیز امتیاز دهی بین ۱ تا ۹ صورت می‌پذیرد. (شکل ۵)



(شکل۵)

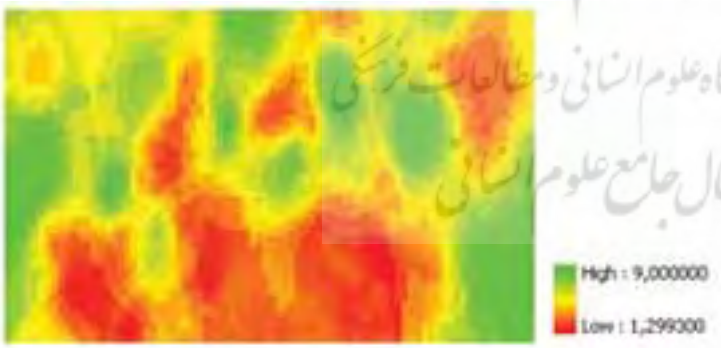
شکل ۵

۵- محاسبه «ضریب اهمیت» (CW)[۲۱] معیارها، ضریب سازگاری (CR)

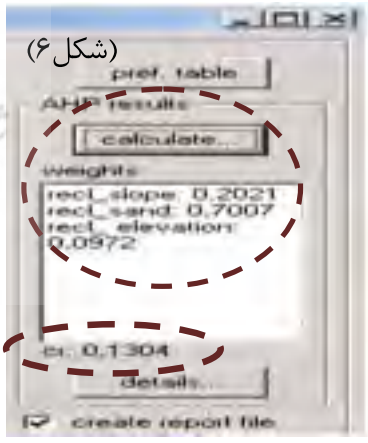
پس از تکمیل ماتریس با اجرای دستور calculate برنامه به محاسبه ضریب اهمیت هر یک از معیارها پرداخته و در نهایت ضریب سازگاری (**CR**) را نمایش میدهد. در صورتی که مقدار ضریب سازگاری کمتر از ۰/۱ باشد قضاوت در سنجش دوبدویی درست بوده و در غیر این صورت بایستی در ماتریس ارزیابی تجدید نظر نمود.

۶- همپوشانی لایه‌ها با در نظر گرفتن ضریب اهمیت لایه‌ها

پس از اجرای مراحل قبلی و در صورت درست بودن مقدار ضریب سازگاری (CR >۰/۱)، می‌توان لایه‌های رستری را با اعمال ضریب اهمیتشان هم پوشانی نمود. پس از این همپوشانی، نقشه ای در قالب رستری همانند شکل ۷ بدست می‌آید که مناطق دارای امتیاز بالاتر، مطلوبیت بیشتری برای هدف مورد نظر دارند.



شکل ۷



(شکل۶)

criteria weights
0,2021 (recl_slope)
0,7007 (recl_sand)
0,0972 (recl_ elevation)

[consistency ratio CR] : 0,1304
(Revision of preference values is recommended if CR >0,1)

شکل ۶

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پی نوشت:

۱- Thomas L.Saaty
۲- Multi-Criteria Decission Analysis (MCDA)
۳-objectives
۴-Analytical Hierarchy Process (AHP)
for Order-preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
۵- Technique
۶-Elimination Et Choic Translation Reality (ELECTRE)
۷-Least Squares Method
۸- Logarithmic Least Squares Method
۹- Eigenvector Method
۱۰-Approximation Method
۱۱-
نرم افزار (Expert Choice) ECبه وسیله توماس ساعتی و ارنست فورمن برای حل مسایل مربوط به AHPنوشته شده است. برای جزییات بیشتر به www.expertchoice.comمراجعه شود.
۱۲- Consistency Ratio
۱۳- Consistency Index
۱۴- Random Index
۱۵- criteria weights
۱۶- Extention
۱۷- www.esri.com/arcscript/ext-ahp/marinoni
۱۸-Raster
۱۹-Reclassify
۲۰- به منظور دستیابی به برنامه AHPدر GISبه سایت www.esri.com/arcscript/ext.ahp-Marinoniمراجعه شود.
۲۱- criteria weights

منابع:

۱.اصغرپور، م.ج.، تصمیم گیری چندمعیاره، تهران، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۱۳۸۳.
۲.دلاور، محمودرضا و نادی، سعید، مدلسازی پدیده‌های پویا در یک GISهوشمند، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، ۱۳۸۱.
۳.زبردست، اسفندیار، کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه ریزی شهری و منطقه ای، نشریه علمی پژوهشی هنرهای زیبا، شماره۱۰، ۱۳۸۰.
۴.قدسی پور، ح، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۴.

1.Kuyler, P.(2006), Application of Multi-criteria Analysis in Landuse Decisions, Centre for Environmental Management, University of the Free State, May
2.Marinoni, O. (2004). Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS.Computers and Geosciences, 30, 6, pp. 637-646.
3.Malczewski, J., GIS and Multi-criteria Decision Analysis, John Wiley & sons, 1999.
4.Prakash,T.N.(2003), Land Suitability Analysis for Agricultural Crop, A Fuzzy Multi-criteria Decision Making Approach, M. S .Thesis International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Eschewed, The Netherlands, .
5.Pereira, J.M.C., Duckstein, L.,(1993). A multiple criteria decision-making approach to GISbasedland suitability evaluation. International Journal of Geographical InformationSystems, 7, 407-424.
6.Saaty, T.L., (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal ofMathematical Psychology, 15, pp. 231-281.
7.Saaty, T.L., Vargas, L.G.,(1991). Prediction, Projection and Forecasting. Kluwer AcademicPublishers, Dordrecht, 251 pp.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی