پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۶۷ ، بهار ۱۳۸۸
صص ۸۳-۶۹

مقایسه مدل‌های گسسته و پیوستهٔ مکانی

مطالعه موردی: مکان‌یابی محل واحدهای تولید روستایی بخش طرقبه

حسنعلی فرجی سبکبار* ـ استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
منصور رضاعلی ـ کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
پذیرش مقاله: ۱۳۸۴/۱۲/۱۵ تأیید نهایی: ۱۳۸۷/۹/۶

چکیده

مکان‌یابی و تعیین مکان‌های مناسب برای انواع کاربری‌ها، ازجمله موضوعات مکانی و تصمیم‌گیری دربارهٔ مکان محسوب می‌شود. مدل‌ها و روش‌های متفاوتی در این حوزه وجود دارد، که می‌توان آنها را به دو دستهٔ گسسته و پیوسته تقسیم کرد. در این تحقیق به مقایسه روش‌ها و مدل‌های مختلف و مزایا و معایب آنها پرداخته شده، و از روش‌های TOPSIS در گروه مدل‌های گسسته و روش‌های شاخص وزنی و بولین برای مدل‌های پیوسته استفاده شده است. براساس نتایج تحقیق مدل TOPSIS برای شرایط اولویت‌بندی گزینه‌ها و روش‌های شاخص وزنی و بولین، می‌توان برای تعیین مناطق مناسب در سطح سرزمین استفاده کرد.

کلیدواژه‌ها: آنتروپی، تاپسیس، بولین، شاخص وزنی، مکان‌یابی.

مقدمه

تعیین و شناسایی مکان مناسب برای فعالیت‌ها کار چندان ساده‌ای نیست. برای این مکان‌یابی برنامه‌ریزان باید عوامل اقتصادی، اجتماعی، محیطی، جمعیتی و در عین حال سیاسی و خطومشی‌های بالادست و هدایت‌کننده را در نظر داشته باشند. انتخاب مکان‌های بهینه دارای سابقه‌ای طولانی است و قدمتی به درازای تاریخ بشری دارد، به‌طوری‌که از دوران پیش از تاریخ، یکی از موضوعاتی که ذهن انسان را همواره به خود مشغول داشته انتخاب مکان مناسب برای فعالیت‌هاست. این فعالیت در هر زمانی به‌گونه‌ای متفاوت از دیگری تعریف شده است. در گذشته، تعیین بهترین مکان برای اقامت و سرپناه، محل شکار، گردآوری غذا و نظایر اینها بوده است. بعدها سکونتگاه‌ها با تکامل جامعه بشری توسعه یافتند، مسیرهای بازرگانی شکل گرفتند، و راه‌های قدیمی نیز بر بستر مکان توسعه یافتند تا مکان‌های مختلف را به هم وصل کنند. در مسیر راه‌ها کاروانسراها، آب‌انبارها، مساجد، چاپارخانه‌ها ساخته شدند تا حرکت را آسان سازند و یا از

نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۵۳۵۹۲۱۷
* E-mail: hafaraji@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

مزایای آن استفاده کنند. تمام اینها نیاز به تصمیم‌گیری هوشمندانه دارد، که این خود اهمیت تصمیم‌گیری‌های مکانی[1] را نشان می‌دهد.

با نگاهی به نقشه سکونتگاه‌های روستا، می‌توان نظام و آرایش فضایی خاصی را در فضا مشاهده کرد. چنین نظامی انعکاسی از تصمیم‌گیری‌های مکانی انسان‌هاست که شکل‌دهنده ساختار و سازمان فضایی است و طی زمان تکامل یافته است. برای مثال، در گذشته و حال روستاها اغلب در نزدیکی منابع آب مستقر می‌شده‌اند تا امکان ادامه حیات وجود داشته باشد، و ترجیح بر این بوده است که مکان‌ها حتی‌المقدور نزدیک راه‌ها باشند و از نظر مکانی در جای خوش آب‌وهوا مستقر شوند، و مکان انتخاب‌شده خاک مرغوبی داشته باشد تا امکان کشت و زرع میسر شود، و از سویی نیز محل روستا بر روی زمین‌های مرغوب کشاورزی نباشد تا آنها را محدود کند. تحقیقات دامنه‌داری در این زمینه انجام شده است تا امکان کشف الگوها، عوامل مؤثر در مکان‌یابی، و نظایر اینها مشخص شود. این الگوهای سکونتی ممکن است تحت تأثیر عوامل اقتصادی یا محیطی، سیاسی، اجتماعی و یا ترکیبی از آنها باشد. کریستالر توضیح می‌دهد که قوانین اقتصادی بر زندگی افراد حاکم‌اند و قوانین جغرافیای اقتصادی چنین آرایش فضایی را سازمان می‌دهند. با چنین دیدگاهی هرگونه انتخاب و تصمیم‌گیری نامناسب می‌تواند زیان‌های اقتصادی به‌دنبال داشته باشد.

در تحلیل‌های مکانی، سه دیدگاه و روش وجود دارد. اولین روش، تولید *نقشه* از محل اشیای فضایی است. برای تولید نقشه از مختصات جغرافیایی استفاده می‌شود، و درواقع نقشه ظرفی برای نمایش عوارض سطح زمین به‌شمار می‌آید. در این حالت گردآوری، تهیه و گرفتن داده‌های مکانی کار بسیار مهمی محسوب می‌شود. امروزه با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، امکان تولید نقشه‌ها و مدل‌سازی فضایی به‌شکل مناسبی میسر شده است، زیرا این سامانه‌ها دارای قابلیت بالایی برای گردآوری، ذخیره، بازیابی و تحلیل و ترسیم داده‌های مکان‌محور هستند. در این روش با تولید نقشه و نگاه به آن می‌توان به تفسیر و مطالعهٔ فضا پرداخت.

روش دوم به تحلیل داده‌های مکانی مربوط می‌شود. در این روش عمدتاً به چرایی یا علت موضوعات مکانی پرداخته می‌شود، و اینکه چرا چنین تصمیم‌گیری مکانی‌ای صورت گرفته است و نتایج آن چیست. این رهیافت، روش تبیینی[2] نام دارد و به این موضوع می‌پردازد که طی زمان چه تحولات فضایی رخ نموده‌اند، چه اشیایی در فضا شکل گرفته‌اند، و فرایند تکاملی آنها چگونه بوده است.

روش سوم تحلیل مکانی، شناسایی بهترین مکان برای فعالیت مورد نظر، یا بهترین مجموعه مکان‌ها برای سامانهٔ فعالیت‌هاست. به چنین روشی از الگوسازی، روش دستوری یا روش معیاری گفته می‌شود. در این روش تلاش می‌گردد تا مشخص شود که بهترین مکان کجاست، و یا اینکه علت شکل‌گیری الگوهای مکانی خاص مورد بررسی قرار گیرند. به عبارتی، ویژگی اساسی این‌گونه مدل‌سازی، یاری رساندن به برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران برای حال و آینده است.

مطالعات مکان‌یابی و علوم مکانی معمولاً بین‌رشته‌ای است، زیرا اغلب تصمیم‌هایی که گرفته می‌شوند به نوعی به مکان ارتباط می‌یابند و لازم است مختصات مکانی در تحلیل‌ها در نظر گرفته شود. حوزه‌ای که در این تحقیق به آن

1. Location Decision
2. Descriptive Approach

Archive of SID

www.SID.ir

پرداخته می‌شود، تلفیقی است از سه شاخهٔ متفاوت؛ و هرچند که اینها در مواردی نیز به هم مرتبطاند، لیکن سیر و فرایند تکاملی کاملاً مستقلی از یکدیگر داشته‌اند. این سه شاخه عبارت‌اند از علم مکان، سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، و تحقیق در عملیات (OR)، شکل ۱ چنین ترکیبی را نشان می‌دهد.

شکل ۱. تعیین مکان مناسب

مرور منابع

علم مکان به تعیین مکان یا مکان‌های مناسب برای فعالیت‌ها یا خدمات می‌پردازد. قدیمی‌ترین نظریه در مورد علم مکان به پیر دو درمه[1] (۱۶۰۰) برمی‌گردد. او مسئله‌ای را با این محتوا می‌خواست حل کند که سه نقطه در فضا وجود دارد و قرار است نقطه چهارمی نیز یافت شود که جمع فواصل آن با این سه نقطه کمینه باشد. بعدها وبر در سال ۱۹۰۹ روش پیچیده‌تری را ارائه کرد. او به تعیین مکان‌های مناسب برای فعالیت‌های صنعتی پرداخت. در ۱۸۲۶ فن تانن مدلی را برای تحلیل الگوهای کشاورزی پیشنهاد کرد، و در سال ۱۹۲۶ هتلینگ[2] به محل عرضه کالا براساس رقابت مکانی پرداخت. در مدل او دو عرضه‌کننده در امتداد مسیر خطی وجود داشتند که از طریق رقابت در امتداد این خط مکان فعالیت خود را در جایی انتخاب کردند تا قیمت‌ها به تعادل برسد و حداکثر سود حاصل شود.

در ۱۹۳۳ والتر کریستالر تلاش کرد تا به تبیین آرایش فضایی شهرها و روستاهای آلمان جنوبی بپردازد. تحقیقات او زیربنای کارِ بسیاری از جغرافی‌دانانی شد که به علم مکان علاقه‌مند بودند، به‌طوری که تحقیقات دهه ۱۹۶۰–۱۹۷۰ معطوف به کار کریستالر بوده است.

نظریات اشاره‌شده زیربنای علم مکان و تحلیل‌های مکانی قرار گرفتند. بیشتر این تحقیقات به دوره قبل از استفاده از رایانه برمی‌گردد. در این دوره، محاسبات و مدل‌سازی‌ها به‌صورت دستی انجام می‌پذیرفت و محدودیت‌های اساسی در ساخت مدل‌های پیچیده‌تر وجود داشت؛ اما با معرفی رایانه‌های با سرعت بالا و نرم‌افزارهای قوی در زمینه مدل‌سازی‌های فضایی، امکان مدل‌سازی مسائل پیچیده مکانی به‌وجود آمد و برخی از محققان مانند والتر ایزارد، لئون کوپر، چالزرویل، میشل تیتز و لوئیز حکیمی توانستند مسائل پیچیده‌تر مکانی را مدل‌سازی کنند.

1. Pierre de Dermet
2. Hotelling

Archive of SID

www.SID.ir

یکی از افرادی که تحقیقات باارزشی در زمینه علوم مکانی دارد، تابلر است. او به ایجاد و توسعه مدلی برای تحلیل فضایی توزیع جمعیت شهری در امریکا پرداخت. نتایج تحقیقات وی زیربنای فکری و راهبردی بسیاری از مدل‌های کمّی بعدی بوده‌اند. نظریه او، قانون اول جغرافیا لقب گرفته است. طبق قانون اول جغرافیا، اشیا به‌هم مرتبط‌اند، اما چیزهایی که به‌هم نزدیک‌تر هستند، رابطه بیشتری در مقایسه با چیزهای دور از یکدیگر دارند (Miller, 2004). از این نظریه می‌توان چند قانون مکانی دیگر که در زمینه مکان‌یابی کاربرد دارند، استنباط کرد.

۱. برخی از مکان‌ها برای منظور و هدفی خاص، بهتر از مکان‌های دیگرند. سؤال جغرافیایی که در این زمینه مطرح می‌شود و اجزای بسیاری از پرسش‌های جغرافیایی را تشکیل می‌دهد، این است که بهترین مکان کجاست.

۲. بستر مکانی می‌تواند کارایی سایت و محل عرضه را تغییر دهد. براساس دومین قانون مکانی، پارامتر مکان می‌تواند بر کارایی فعالیت‌ها تأثیر داشته باشد. مراکز خرده‌فروشی که در نزدیکی مراکز جمعیتی قرار دارند، دارای کارایی بیشتری در مقایسه با مناطق دور از مراکز جمعیتی هستند.

۳. در یک زمان، الگوی چندمکانی[1] بهینه را می‌بایست به جای الگوی مستقل انتخاب کرد. در اغلب موضوعات مکانی، هدف انتخاب بیش از یک مکان است. در این حالت بهتر است مکان‌ها در تعامل با یکدیگر و همزمان مورد تحلیل قرار بگیرند و حتی اگر نمونه‌ها و مواردی از موضوع موردنظر وجود دارند، آنها نیز در تحلیل در نظر گرفته شوند، زیرا مکان‌ها مستقل از هم نیستند. مکان‌یابی بدون در نظر گرفتن روابط مکانی و ژئومتری فضا می‌تواند نتایج نامناسبی را به‌دنبال داشته باشد (Haining, 2004).

روش تحقیق

اجزای اصلی مدل تحلیلی برای مکان‌یابی مراکز تولید روستایی از سه شاخهٔ تحقیق در عملیات، علوم مکانی و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی تشکیل می‌شود، که در اینجا کار مکان‌یابی با ترکیب این سه جزء انجام می‌گیرد. مکان‌یابی درواقع نوعی تصمیم‌گیری مکانی محسوب می‌شود. تصمیم‌گیری خود فرایندی است که از طرح مسئله شروع می‌شود و تا ارائه گزینه‌ها پیش می‌رود (Morcol, 2007). موضوع مطرح در اینجا، شناسایی مکان‌های مناسب برای استقرار فعالیت‌های تولید روستایی در سطح بخش طرقبه است. روش‌های متعددی برای این‌کار وجود دارد (Figueira, 2005). به نظر نگارندگان، این روش‌ها را به‌طور کلی می‌توان به دو قسمت تقسیم کرد: مدل‌های گسسته فضایی (طاهرخانی، ۱۳۸۶) (Zhang, 2007; Minglung, 2007; Mehrez, 2007; Sarkis, 2000; miciardi, 2008) و مدل‌های پیوسته فضایی (فرجی سبکبار، ۱۳۸۴؛ زبردست، ۱۳۸۲). در مدل‌های گسستهٔ فضایی گزینه‌ها مشخص‌اند و از میان گزینه‌های موجود یک یا چند گزینه انتخاب می‌شود. از این‌رو مجموعه‌ای از شاخص و معیار انتخاب می‌گردد و سپس با استفاده از روش‌های ویژه‌ای ارزش‌گذاری و ترکیب می‌شود و آن‌گاه بهترین گزینه از میان گزینه‌ها مشخص می‌گردد. در این حالت لازم است ماتریس تصمیم جغرافیایی ساخته شود که در ستون‌های آن شاخص‌ها و معیارها قرار

1. Multilocation

Archive of SID

www.SID.ir

می‌گیرند و گزینه‌ها در سطر مستقر می‌گردند. با فرض اینکه $Z_1, Z_2, ..., Z_K$ مربوط به K متغیر و S گزینه‌های مکانی‌اند، می‌توان ماتریس تصمیم مکانی را به این صورت نمایش داد:

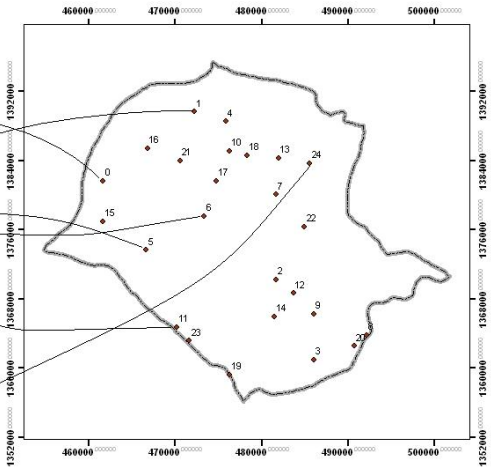
$$\begin{bmatrix} z_1(1) & z_2(1) & \cdots & z_K(1) & S(1) \\ z_1(2) & z_2(2) & \dots & z_K(2) & S(2) \\ \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots \\ z_1(n) & z_2(n) & \dots & z_K(n) & S(n) \end{bmatrix}$$

یا به اختصار:

$$\{z_1(i), z_1(i), ..., z_K(i) \mid S(i)\} \qquad i = 1, ..., n \qquad (۱)$$

شکل ۲ ماتریس تصمیم جغرافیایی را نشان می‌دهد. در این شکل، نقاط معرف گزینه‌ها هستند و شمارهٔ روی نقشه کد ارتباطی بین نقشه و پایگاه داده‌هاست.

code	X	Y	Elevation	city	Land	deh	Fault	Road
0	461,645.96	1,381,608.81	2,150	20,000	1.1	5,500	10,000	1,750
1	472,268.84	1,389,575.97	1,350	3,500	3.10	1,500	3,250	750
2	481,641.97	1,370,204.83	1,650	10,000	2.3	1,500	10,000	50
3	486,016.09	1,360,987.92	1,650	20,000	1.6	500	10,000	50
4	475,861.87	1,388,482.44	1,350	2,500	9.8	500	250	50
5	466,644.96	1,373,641.65	2,450	20,000	1.1	7,500	10,000	6,000
6	473,362.37	1,377,547.12	1,850	10,000	2.1	4,500	10,000	300
7	481,641.97	1,380,046.62	1,350	2,500	2.3	3,500	250	300
8	492,108.63	1,363,799.86	1,450	20,000	2.3	3,500	10,000	300
9	486,016.09	1,366,299.36	1,650	15,000	2.1	1,500	10,000	750
10	476,330.53	1,385,045.62	1,350	3,500	2.3	1,500	250	300
11	470,237.99	1,364,737.17	2,550	20,000	1.1	9,500	10,000	3,250
12	483,672.81	1,368,642.65	1,550	15,000	2.1	1,500	10,000	50
13	481,954.40	1,384,264.53	1,350	5,500	2.3	4,500	250	300
14	481,485.75	1,365,986.92	1,750	15,000	2.1	1,500	10,000	300
24	485,547.44	1,383,639.65	1,150	5,500	2.3	1,500	250	300



شکل ۲. ماتریس تصمیم جغرافیایی

در روش پیوسته، گزینه‌ای از قبل وجود ندارد و کل فضا به صورت یک‌پارچه در نظر گرفته می‌شود. برای تعیین محل‌های مناسب، مجموعه‌ای از معیارها مشخص می‌گردند. با استفاده از روش‌های چندمعیاره، داده‌های مکانی صورت‌بندی ریاضی می‌شوند و با یکدیگر ترکیب می‌گردند؛ و تصمیم‌گیری مکانی بر همین اساس صورت می‌پذیرد. در اینجا می‌تواند تعداد زیادی گزینه وجود داشته باشد. از این‌رو، برای حل مسئله از ماتریس تصمیم جغرافیایی استفاده نمی‌شود، بلکه با استفاده از امکانات سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی فرایند مدل‌سازی فضایی، ارزش‌گذاری و همچنین تلفیق انجام می‌گیرد.

$$\begin{cases} \text{select} : A_1, A_2, ..., A_m \\ \text{s.t} : C_1, C_2, ..., C_n \end{cases} \qquad (۲)$$

که در آن A گزینه‌هاست و C معیارهای مدل تصمیم. در این مقاله برای مقایسه مدل‌های مکان‌یابی، واحدهای تولید صنایع روستایی در بخش طرقبه شهرستان مشهد به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است و فرایند تحلیل در این

www.SID.ir

بخش انجام می‌شود. برای اینکه جنبه‌های مختلف موضوع بهتر نمایانده شود، تعداد شاخص‌ها و معیارها محدود انتخاب شده‌اند و درواقع هدف عمدتاً مقایسهٔ نتایج مدل‌ها با یکدیگر بوده است. برای مدل‌سازی از روش منطق دووجهی، شاخص وزنی (بولین) و تاپسیس استفاده شده است.

منطق دووجهی

نام منطق بولین یا منطق دووجهی، برگرفته از ریاضیدان انگلیسی جورج بول (۱۸۶۴–۱۸۱۵) است. در این روش معیارهای عضویت یک مکان به‌وسیله تابع عضویت سنجیده می‌شود، و اگر شرط تعریف‌شده صادق باشد در این‌صورت مقدار True، و اگر شرط صادق نباشد مقدار False اختصاص می‌یابد. (Crelgou, 2001; levitz 1979; Givanat, 2000). در مرحله بعد با استفاده از توابع منطقی یا OR، و AND با هم ترکیب می‌شوند. براساس تابع عضویت، درجه عضویت می‌تواند دو حالت True و False و یا {0,1} باشد و حالت بینابین وجود ندارد. تابع عضویتِ مجموعه دووجهی را می‌توان به این صورت نوشت:

$$f(x)=\begin{cases}\text{True} & b_1 \le z \le b_2 \\ \text{False} & z > b_2 \text{or } z < b_1\end{cases} \qquad (۳)$$

یا

$$f(x)=\begin{cases}1 & b_1 \le z \le b_2 \\ 0 & z > b_2 \text{or } z < b_1\end{cases}$$

که در آن b_1 و b_1 مقادیر مرزی مجموعه هستند.

شاخص وزنی

در منطق بولین، فضا براساس معیارها و تابع عضویت به واحدهای مناسب و نامناسب تقسیم می‌شود و حالت بینابین مانند نسبتاً خوب و یا نسبتاً بد وجود ندارد؛ و اگر ـ و تنها اگر ـ فقط یک شرط در مورد مکان خاصی صادق نباشد، ولو بقیه شرط‌ها را هم داشته باشد، از مجموعه مکان‌های مناسب حذف می‌شود. برای حل این مشکل می‌توان از روش شاخص وزنی استفاده کرد. در این روش برحسب شرایط تعریف‌شده به‌وسیله کارشناسان یا تصمیم‌گیرنده، به معیارها وزنی خاص اختصاص می‌یابد، سپس شاخص‌ها با هم ترکیب می‌شوند و براساس نتایج ترکیب شاخص‌ها تصمیم‌گیری انجام می‌پذیرد. روش بولین را می‌توان در زمره روش‌های غیرجبرانی، و روش شاخص وزنی را در گروه روش‌های جبرانی جای داد.

روش‌های متعددی برای محاسبه وزن وجود دارد، مانند AHP، ANP، بردار ویژه، آنتروپی شانون و برخی دیگر، که هریک دارای مزایا و معایبی هستند و با ساختار دادهٔ خاص کار می‌کنند. در این تحقیق برای تعیین وزن شاخص‌ها از

Archive of SID

www.SID.ir

روش آنتروپی شانون و برای ترکیب مدل‌ها از روش مونیه[1] (۲۰۰۴) استفاده شده است. مدل مونیه بخشی از روش AHP است که مونیه از برای محاسبه وزن نسبی شاخص‌ها استفاده کرده است. این روش با اصلاحاتی به‌صورت زیر برای ترکیب لایه‌ها استفاده شده است:

$$r_i = \Pi_{i=1}^{n} C_i \quad (۴)$$

که در آن C_i معیارها و n تعداد معیارهاست. در مرحله بعد ریشه n ام مقدار محاسبه می‌شود.

$$rr_i = \sqrt[n]{r_i} \quad (۵)$$

بعد از محاسبه ریشه nام مقادیر به‌دست آمده، لازم است مقادیر نرمال شوند. برای نرمال کردن از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$N_i = \frac{rr_i}{\max_i rr_i} \quad (۶)$$

نتیجه درواقع نقشه و یا برداری است که درایه‌های این بردار مربوط به ارزش یا وزن ترکیبی شاخص‌هاست. مکان‌هایی که عدد بزرگ‌تری داشته باشند اولویت بالاتری دارند و مکان‌هایی که ارزش کمتر دارند در اولویت‌های پایین‌تر قرار می‌گیرند.

تاپسیس (*TOPSIS*)

هوانگ و یون (۱۹۸۱) تکنیک رتبه‌بندی براساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل[2] را براساس این مفهوم ایجاد کردند، که در آن گزینه‌هایی مناسب‌اند و اولویت بالاتری دارند که حداقل فاصله را نسبت به راه‌حل ایده‌آل مثبت و دورترین فاصله را نسبت به راه‌حل ایده‌آل منفی داشته باشند (Chen, 2000; Kandakoglu, 2009) (شاه‌محمدی، ۱۳۸۶). معمولاً این روش را می‌توان برای وضعیت‌های گسسته که تعداد گزینه‌ها محدود و مشخص‌اند به‌کار بست. روش‌های پیوسته که تعداد گزینه‌ها زیاد هستند، توصیه نمی‌شوند، مگر اینکه طبقه‌بندی مجددی از داده‌ها صورت پذیرد. در روش‌های گسسته معمولاً چند گزینه و تعدادی معیار وجود دارد، که در آن راه‌حل ایده‌آل به این‌صورت نشان داده می‌شود:

$$A^* = \left(x_1^*, ..., x_j^*, ..., x_n^*\right) \quad (۷)$$

که در آن x_1^* بهترین مقدار گزینه j ام بین همه گزینه‌های مدل است. راه‌حل منفی به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$A^- = \left(x_1^-, ..., x_j^-, ..., x_n^-\right) \quad (۷)$$

که در آن x_j^- بدترین مقدار برای خصوصیت j ام بین همه گزینه‌هاست.

مراحل این کار عبارت‌اند از:

1. Munier
2. The Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution

Archive of SID

www.SID.ir

۱. محاسبهٔ بردار نرمال r_{ij} با استفاده از رابطه زیر (Chu, 2007):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}},\ i = 1,...,m;\ j = 1,...,n \qquad (۸)$$

۲. محاسبه مقادیر نرمال وزنی، با استفاده از رابطه زیر:

$$v_{ij} = w_j r_{ij},\ i = 1,...,m;\ j = 1,...,n \qquad (۹)$$

۳. شناسایی راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی، که براساس مقادیر نرمال وزنی تعیین می‌شوند.

$$A^* = \left\{v_1^*,...,v_j^*,...,v_n^*\right\} = \left\{(\max_j v_{ij} \mid j = 1,...,n) \mid i = 1,...,m\right\}$$

$$A^- = \left\{v_1^-,...,v_j^-,...,v_n^-\right\} = \left\{(\min_j v_{ij} \mid j = 1,...,n) \mid i = 1,...,m\right\}$$

۴. محاسبه میزان جدایی، که با استفاده از رابطه زیر میزان جدایی از راه‌حل ایده‌آل مثبت A^* محاسبه می‌شود:

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^*)^2},\ i = 1,...,m \qquad (۱-۱۱)$$

به‌همین صورت میزان جدایی از راه‌حل ایده‌آل منفی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^-)^2},\ i = 1,...,m \qquad (۲-۱۱)$$

۵. محاسبه میزان شباهت به راه‌حل ایده‌آل مثبت:

$$C_i^* = S_i^- / (S_i^* + S_j^-),\ i = 1,...,m \qquad (۱۲)$$

توجه داشته باشید که مقدار C_i^* همیشه بین صفر و یک است $(0 \le C_i^* \le 1)$ که در آن زمانی $C_i^* = 0$ که $A_i = A^*$ و زمانی $C_i^* = 1$ که $A_i = A^-$.

۶. رتبه‌بندی براساس ترتیب ترجیحات، انتخاب یک گزینه براساس حداکثر مقدار C_i^* یا رتبه‌بندی گزینه‌های براساس میزان C_i^*.

انتخاب معیارها

انتخاب معیارهای تحلیلی یکی از مراحل اساسی در مکان‌یابی است. با توجه به موضوع مکان‌یابی، معیارها می‌توانند متفاوت و متنوع باشند. تعداد و نوع معیارها با توجه به هدف تعیین‌شده، امکانات فنی و مالی، اطلاعات موجود و مانند اینها انتخاب می‌شوند. در اینجا شاخص‌های ارتفاع، دسترسی به راه، فاصله از مراکز شهری و روستایی، کاربری اراضی و فاصله از گسل به‌عنوان شاخص‌های ورودی انتخاب شده‌اند. مسلم است هرچه متغیرها کامل‌تر باشند، نتایج کار نیز بهتر خواهد بود، اما در اینجا برای مقایسهٔ مدل و پیاده‌سازی آن، تعداد شاخص‌ها محدود شده است.

الگوسازی فضایی

برای مدل‌سازی فضایی و رسیدن به شاخص‌ها، از توابع تحلیلی سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. کار مدل‌سازی در محیط نرم‌افزار ARCGIS صورت گرفته است.

Archive of SID

www.SID.ir

تعیین وزن لایه‌ها با استفاده از روش آنتروپی

معیارهایی که برای تصمیم به‌کار می‌روند دارای ارزش و وزن خاص خود هستند. برای ارزش‌گذاری معیارها روش‌های متعددی وجود دارد. در این تحقیق از روش آنتروپی شانون استفاده شده است. آنتروپی مفهوم عمده‌ای در علوم فیزیکی، علوم اجتماعی و نظریهٔ اطلاعات به‌شمار می‌آید، به‌طوری که نشان‌دهنده مقدار عدم اطمینان موجود از محتوای مورد انتظار اطلاعاتی از یک پیام است. به‌عبارتی دیگر، آنتروپی در نظریهٔ اطلاعات معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان‌شده به‌وسیلهٔ توزیع احتمال گسسته (P_i)، به‌طوری‌که این عدم اطمینان، در صورت پخش بودن توزیع، بیشتر از مواردی است که توزیع فراوانی تیزتر باشد (اصغرپور، ۱۳۸۳). عدم اطمینان را چنین می‌توان صورت‌بندی ریاضی کرد:

$$E \approx S\{p_1, p_2, ..., p_n\} = -K \sum_{i=1}^{n} [p_i . \ln(p_i)] \qquad (۱۳)$$

برای تأمین $0 \le E \le 1$؛ K یک عدد ثابت مانند $\frac{1}{\ln(n)}$ در نظر گرفته می‌شود.[۱] برای محاسبه وزن، ابتدا متمم مقدار E(d) محاسبه می‌گردد، آن‌گاه مقدار d نرمال می‌شود و وزن نسبی شاخص‌ها به‌دست می‌آید:

$$d = 1 - E_j ; \ \forall j \qquad (۱۴)$$

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j} ; \ \forall j \qquad (۱۵)$$

براساس ماتریس تصمیم جغرافیایی (شکل ۲) مقدار وزن شاخص‌ها با روش آنتروپی شانون محاسبه شده است.

جدول ۱. وزن شاخص‌ها[۲]

معیار	دسترسی به راه	فاصله از گسل	فاصله از روستا	کاربری اراضی	مراکز شهری	ارتفاع
وزن	۰/۵۰۹	۰/۱۷۱	۰/۱۴۵	۰/۰۵۸	۰/۱۰۳	۰/۰۱۴

پیاده‌سازی مدل گسسته

برای پیاده‌سازی مدل‌های گسسته، از ماتریس تصمیم مکانی استفاده می‌شود. گزینه‌های مدل روستاهای منطقه‌اند. به عبارتی، باید دید که از میان روستاهای منطقه کدام‌یک اولویت بالاتری برای مکان‌یابی محل تولید صنایع روستایی دارند.

۱. در معادله Ln لگاریتم طبیعی که در محیط اکسل با دستور (value)ln= می‌توان مقدار آن را محاسبه کرد.

۲. برای محاسبه آنتروپی به داده نیاز است. اطلاعات مکانی که با آنها سروکار داریم اغلب در ساختار رستر است و به علت زیاد بودن تعداد پیکسل‌ها، امکان محاسبه تمامی مقادیر وجود ندارد. برای تسهیل در کار ابتدا با دستور Sample در محیط Arcgis لایه نقطه‌ای از تمام سلول‌های نقشه ساخته شده، آن‌گاه در محیط اکسل با استفاده از دستور (1,40698) Randbetween تعداد ۲۵ عدد تصادفی در دامنه ۱ تا ۴۰۶۹۸ (تعداد نقاط) ایجاد می‌شود. سپس کدها به محیط Arcgis منتقل می‌گردد و لایه نقاط به آن متصل می‌شود. براساس مختصات X, Y نقاط نمونه ساخته می‌شوند. در مرحله بعد با دستور Spatial Join فرایند برهم‌نهی لایه‌های معیار و لایه نقاط نمونه انجام می‌گیرد و داده‌های شاخص‌ها از لایه‌ها استخراج می‌شوند. در نهایت، جدول لایهٔ نهایی به محیط اکسل منتقل شده و تحلیل‌های بعدی در محیط اکسل صورت پذیرفته است.

Archive of SID

www.SID.ir

برای این منظور ۵ روستا به‌عنوان نمونه انتخاب شده است[۱]، که فرایند انتخاب از میان آنها انجام می‌شود.

جدول ۲. تشکیل ماتریس تصمیم جغرافیا

آبادی	دسترسی به راه (متر)	قابلیت اراضی	فاصله از گسل (متر)	ارتفاع (متر)	فاصله از نقاط روستایی (متر)	فاصله از نقاط شهری (متر)
ویرانی	۵۰	۹/۱۱	۱۰۰۰۰	۱۱۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰۰
زشک	۵۰	۲/۱	۱۰۰۰۰	۱۷۵۰	۵۰۰	۱۵۰۰۰
جاغرق	۵۰	۲/۳	۲۷۵۰	۱۴۵۰	۵۰۰	۵۵۰۰
مایان سفلی	۵۰	۲/۳	۱۷۵۰	۱۳۵۰	۵۰۰	۷۵۰۰
مغان	۵۰	۱/۶	۱۰۰۰۰	۱۷۵۰	۵۰۰	۲۰۰۰۰

جدول شماره ۲ ماتریس تصمیم جغرافیا است که در سطر آن گزینه‌ها و در ستون معیارها قرار دارند. همان‌طور که در جدول مشخص است، شاخص‌های دسترسی به راه، برای تمام گزینه‌ها برابرند و بنابراین تأثیری در تحلیل و مدل TOPSIS ندارند و می‌توان آنها را حذف کرد.

مرحله ۱ نرمال‌سازی داده‌ها با استفاده از رابطه شماره ۸

روستا	کاربری	گسل	ارتفاع	فاصله از نقاط شهری
ویرانی	۰/۶۰۳	۰/۵۶۷	۰/۳۴۱	۰/۳۵۱
زشک	۰/۴۵۲	۰/۵۶۷	۰/۵۱۹	۰/۵۲۷
جاغرق	۰/۴۵۲	۰/۱۵۶	۰/۴۳۰	۰/۱۹۳
مایان سفلی	۰/۴۵۲	۰/۰۹۹	۴۰۰	۰/۲۶۳
مغان	۰/۱۵۱	۰/۵۶۷	۰/۵۱۹	۰/۷۰۲

مرحله ۲ اعمال وزن و محاسبه ماتریس نرمال وزنی با استفاده از رابطه ۹

روستا	کاربری	گسل	ارتفاع	فاصله از نقاط شهری
ویرانی	۰/۰۶۲	۰/۰۵۸	۰/۰۳۵	۰/۰۳۶
زشک	۰/۰۴۷	۰/۰۵۸	۰/۰۵۳	۰/۰۵۴
جاغرق	۰/۰۴۷	۰/۰۱۶	۰/۰۴۴	۰/۰۲۰
مایان سفلی	۰/۰۴۷	۰/۰۱۰	۰/۰۴۱	۰/۰۲۷
مغان	۰/۰۱۶	۰/۰۵۸	۰/۰۵۳	۰/۰۷۲

۱. برای کاهش تعداد گزینه‌ها و محدود کردن آنها می‌توان از روش‌های غربال کردن (Screening) استفاده کرد، که مدل‌ها و روش‌های خاص خود را دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

مرحله ۳ تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی (رابطه ۱۰)

	کاربری	گسل	ارتفاع	فاصله از نقاط شهری
جهت شاخص	+	+	-	-
راه‌حل ایده‌آل مثبت	۰/۰۶۲	۰/۰۵۸	۰/۰۳۵	۰/۰۲۰
راه‌حل ایده‌آل منفی	۰/۰۱۶	۰/۰۱۰	۰/۰۵۳	۰/۰۷۲

در مورد شاخص‌هایی که جهت مثبت دارند، راه‌حل ایده‌آل مثبت مقدار MAX و برای شاخص‌هایی که جهت منفی دارند مقدار MIN آن شاخص انتخاب می‌شود.

مرحله ۴ محاسبه میزان فاصله نسبت به راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی است.

محاسبه میزان فاصله نسبت به راه‌حل ایده‌آل مثبت (رابطه ۱-۱۱):

روستا	فاصله از نقاط شهری	کاربری	گسل	ارتفاع	فاصله از نقاط روستایی	S_i^*
ویرانی						
زشک						
جاغرق						
مایان سفلی						
مغان						

محاسبه میزان فاصله نسبت به راه‌حل ایده‌آل منفی (رابطه ۲-۱۱)

روستا	فاصله از نقاط شهری	کاربری	گسل	ارتفاع	فاصله از نقاط روستایی	S_i^-
ویرانی						
زشک						
جاغرق						
مایان سفلی						
مغان						

مرحله ۵ محاسبه میزان شباهت به راه‌حل ایده‌آل مثبت (رابطه ۱۲)

روستا	میزان شباهت	رتبه
ویرانی	۰/۸۲۸	۱
زشک	۰/۵۹۰	۲
جاغرق	۰/۵۷۳	۳
مایان سفلی	۰/۵۲۲	۴
مغان	۰/۳۹۹	۵

پیاده‌سازی مدل پیوسته فضایی

در روش مدل پیوسته فضایی، ماتریس تصمیم جغرافیا تشکیل نمی‌شود. فرایند کار و محاسبات روی نقشه و در محیط نرم‌افزاری سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (Fotheringham, 2005) و معمولاً براساس داده‌های نرده‌ای انجام می‌گیرد. در این تحقیق از دو مدل بولین و شاخص وزنی برای پیاده‌سازی مدل پیوسته فضایی استفاده می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

پیاده‌سازی روش بولین

در این روش براساس تابع عضویت، شرایط مناسب و نامناسب مشخص می‌گردد و براساس آن نقشه‌های معیار ساخته می‌شود و سپس فرایند برهم‌نهی صورت می‌پذیرد. مراحل کاری عبارت‌اند از:

تعیین توابع عضویت

$$f(x)=\begin{cases}1, & 500 \le x \le 3000\\ 0, & | x<500 \ or \ x>3000\end{cases}$$

تابع عضویت فاصله از نقاط روستایی

$$f(x)=\begin{cases}1, & 2000 \le x \le 5000\\ 0, & | x<2000 \ or \ x>5000\end{cases}$$

تابع عضویت فاصله از نقاط شهری

$$f(x)=\begin{cases}1, & 200 \le x \le 1000\\ 0, & | x<200 \ or \ | x>1000\end{cases}$$

تابع عضویت فاصله از راه

$$f(x)=\begin{cases}1, & x<2000\\ 0, & x>2000\end{cases}$$

تابع عضویت ارتفاع

$$f(x)=\begin{cases}1, & x>1000\\ 0, & x<1000\end{cases}$$

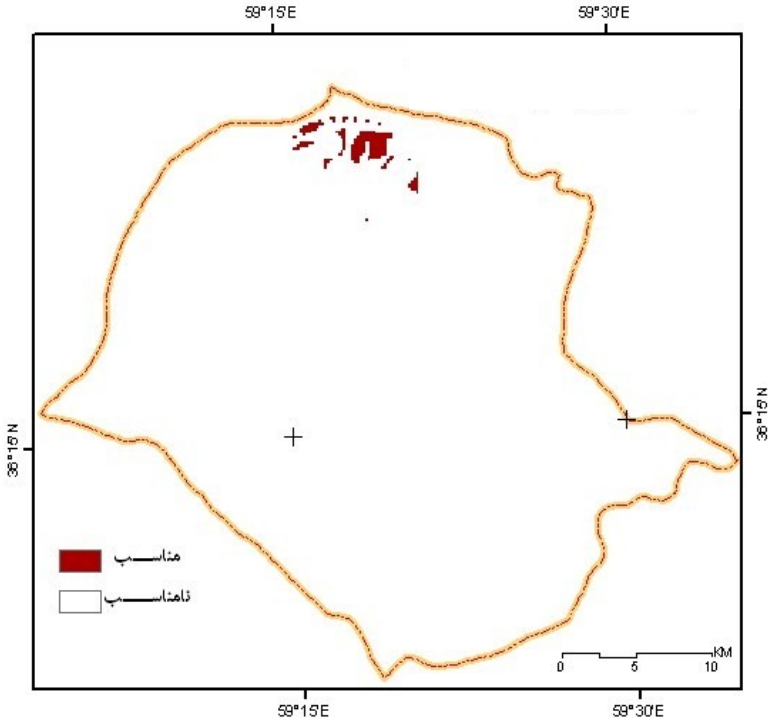
تابع عضویت گسل

$$f(x)=\begin{cases}1, & x=9.* \ | \ x=2.*\\ 0, & | \ x=3.* \ | \ x=1.*\end{cases}$$

تابع عضویت فاصله از گسل

تحلیل‌های فضایی و کوئری فضایی براساس توابع عضویت

تلفیق لایه‌ها با استفاده از عملگر منطقی AND



شکل ۳. نقشه مکان‌های مناسب برای استقرار واحدهای تولیدی روستایی

Archive of SID

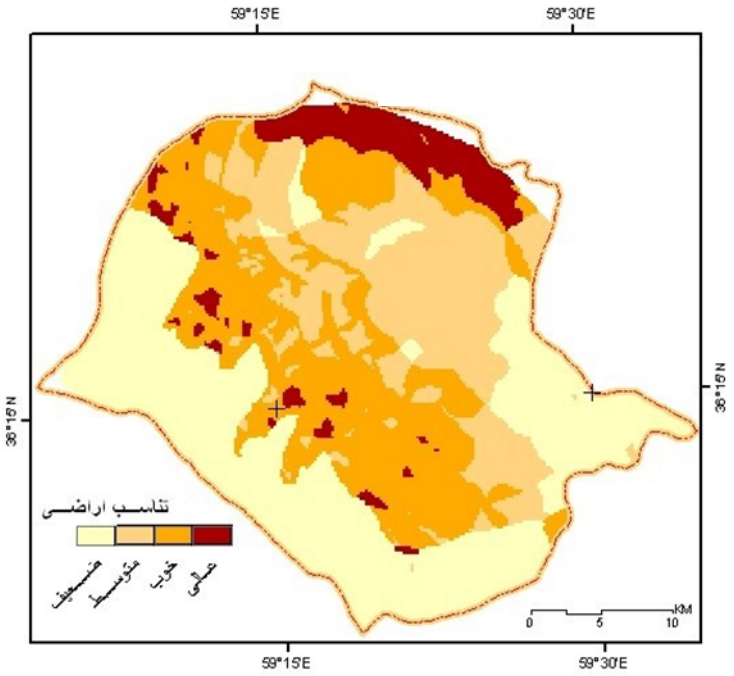
www.SID.ir

پیاده‌سازی روش شاخص وزنی

برای پیاده‌سازی روش شاخص وزنی مراحل زیر طی شد:

۱. مدل‌سازی فضایی و تولید نقشه‌های تحلیلی،
۲. نرمال‌سازی لایه‌ها با استفاده از رابطه (۶)
۳. ضرب وزن معیارها در لایه‌های اطلاعاتی (جدول ۱)
۴. ترکیب لایه‌ها با استفاده از رابطه (۴)
۵. محاسبه ریشه ششم براساس رابطه (۵)
۶. نرمال‌سازی لایه با استفاده از رابطه (۶)
۷. طبقه‌بندی مجدد لایه براساس ۰/۹ به بالا، به‌عنوان مکان‌های عالی، بین ۰/۸ و ۰/۹ به‌عنوان مکان‌های خوب، بین ۰/۷ و ۰/۸ به عنوان مکان‌های متوسط، و کمتر از ۰/۷ به‌عنوان مکان‌های ضعیف.

نتیجهٔ طبقه‌بندی، شکل ۴ است که سطوح مختلف تناسب را برای مکان‌یابی محل‌های تولید روستایی نشان می‌دهد.



شکل ۴. نقشه مکان‌های مناسب برای استقرار واحدهای تولیدی روستایی

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

براساس نتایج تحقیقِ روش‌های متفاوتی که برای مکان‌یابی استفاده شده، نتایج کار با هم متفاوت‌اند. براساس روش‌های استفاده‌شده از مدل TOPSIS بیشتر می‌توان برای اولویت‌بندی گزینه‌ها استفاده کرد، و پیاده‌سازی آن در گستره جغرافیایی چندان مناسب نیست. کاربرد آن نیز صرفاً برای مدل‌های اولویت‌بندی است، زیرا مقایسه‌ها در داخل مجموعه صورت می‌گیرد و هر گزینه‌ای که شرایط بهتری داشته باشد اولویت بالاتری هم خواهد داشت.

www.SID.ir

در مقابل، روش‌های پیوسته فضایی هستند که می‌توان آنها را برای مواردی که در سطح گزینه‌ای وجود ندارد به‌کار برد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مدل دووجهی می‌تواند در مواردی که لازم است تمام شرایط در تصمیم‌گیری مدّ نظر قرار گیرند به‌کار گرفته شود. ممکن است براساس ترکیب شاخص‌ها درنهایت هیچ مکانی انتخاب نشود. روش شاخص وزنی که در اینجا به‌کار رفت، الگویی دیگر از مدل‌های مکانی را در اختیار قرار می‌دهد. در این روش براساس ترکیب شاخص‌ها و ارزش‌گذاری صورت‌گرفته، تصمیم‌گیری مکانی انجام می‌پذیرد. به هر حال مناطقی دارای مزیت‌های نسبی بالاتری در قیاس با سایر مناطق‌اند؛ که مدل مورد بحث می‌تواند این شرایط را نشان دهد.

منابع

اصغرپور، محمدجواد، ۱۳۸۳، **تصمیم‌گیری چندمعیاره**، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم.

شاه‌محمدی، غلامرضا، ۱۳۸۶، **استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره TOPSIS برای انتخاب معماری نرم‌افزار**، سومین کنفرانس فناوری اطلاعات و دانش، دانشگاه فردوسی مشهد.

طاهرخانی، مهدی، ۱۳۸۶، **کاربرد تکنیک TOPSIS در اولویت‌بندی مکانی استقرار صنایع تبدیلی کشاورزی در مناطق روستایی**، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، سال ششم، شماره سوم.

فرجی سبکبار، حسنعلی، ۱۳۸۲، **مکان‌یابی واحدهای تولیدی روستایی با استفاده از مناطق فازی**، مطالعه موردی بخش طرقبه شهرستان مشهد، مجله توسعه ناحیه‌ای شماره اول.

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

Chu.M-T., 2007, **Comparison among three analytical methods analysis for knowledge communities group decision analysis**, Expert systems with application, 33.

Erkut, E., Neuman, S., 1992, **A multiobjective model for locating undesirable facilities**, Annals of Operations Research, 40(1).

Figueira, J. et al., 2005, **Multiple Criteria Decision Analysis**, Springer.

Finnveden,G., 1999, **Methodological aspects of life cycle assessment of integrated solid waste management systems**, Resources, Conservation and Recycling 26.

Fotheringham , S.Rogerson, P., 2005, **Spatial analysis and GIS**, Taylor & Francis.

Givanat, S., 2000, **Introduction to Boolean Algebras**, Springer.

Haining, R., 2004, **Spatial data Analysis**, Cambridge university press.

Hung, M.L et al., 2007, **A novel sustainable decision making model for municipal solid waste management**,Waste Management 27.

Hwang, C. L., Yoon, K., 1981, **Multiple Attribute Decision Making: Methods and applications, A state of the art survey**, Springer.

Kandakoglu, A., Celik, M., Akgun, I., 2009, **A multi-methodological approach for shipping registry selection in maritime transportation industry**, Mathematical and Computer Modelling, Volume 49, Issue 3-4.

Archive of SID

www.SID.ir

Levitz, K., 1979**, Logic and Boolean Algebra,** Baron's Educational Series**.**

Mehrez, A., Sinuany-Stern, Z.,Stulman, A., 1985, **A single facility location problem with a weighted maximin-minimax rectilinear distance,** Computers and Operations Research,12(1).

Melo, M.T, Nickel, S. Saldanha-da-Gama, F., 2009, **Facility location and supply chain management**, A review, European Journal of Operational Research 196.

Méndez, M., et al., 2006, **Multiple-Objective Genetic Algorithm Using The MultipleCriteria Decision Making Method TOPSIS, MOPGP'06**, 7th Int. Conf. on Multi-Objective Programming and Goal Programming, Tours, France.

Miller, H. J., 2004, **Tobler's First law and spatial analysis**, Annals of association of American Geographers, 94(2).

Minciardi, R. et al., 2008, **Multi-objective optimization of solid waste flows: Environmentally sustainable strategies for municipalities**, Waste Management 28.

Morcol, G., 2007, **Handbook of decision making**, Taylor & Francis Group.

Munier, N., 2004, **Le Multicriteria Environmental assessment Kluwe Academic Press**.

Sarkis, J., 2000, **A comparative analysis of DEA as a discrete alternative multiple criteria decision tool**, European Journal of Operational Research 123.

Zhang, J.G. et al, 2007, **Multi objective Group Decision making methods, Software and application with fuzzy set techniques**, Imperial College Press.

Archive of SID

www.SID.ir