مدیریت فناوری اطلاعات
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۷، شمارهٔ ۳
پاییز ۱۳۹۴
ص. ۵۹۴- ۵۷۳

ارائهٔ سامانهٔ پشتیبان تصمیمِ مکان‌یابی برای کسب‌وکارهای جدید؛ موردکاوی مکان‌یابی واحد اسباب‌بازی

امیرحسین رهبر[۱]، علی لاهوتیان[۲]، محمود واحدی مقدم[۳]

چکیده: مقولهٔ مکان‌یابی واحدهای کسب‌وکار، از مهم‌ترین عوامل مؤثر در کسب‌وکار موفق و از مزیت‌های رقابتی واحدهای صنعتی است؛ بنابراین همواره در کانون توجه کارآفرینان قرار دارد. در این راستا مدل‌های ریاضی گوناگونی توسعه یافته‌اند. این مقاله درصدد توسعهٔ نوعی سامانهٔ پشتیبان تصمیمِ مکان‌یابی بر مبنای مدل ریاضی شبه‌خطی است. در نگرشی جامع به این مقاله، سه سر فصل کلی مشاهده می‌شود. بخش اول به پیش‌زمینه‌ای از مفاهیم سیستم‌های تصمیم‌یار، سیستم خبره و مکان‌یابی ریاضی اختصاص دارد. بخش دوم به مبانی ریاضی و منطقی مدل این پژوهش می‌پردازد. در بخش انتهایی نمونهٔ نرم‌افزار طراحی‌شده برای پیاده‌سازی مدل معرفی می‌شود و مکانِ مناسبی برای تأسیس واحد تولید اسباب‌بازی به‌منظور موردکاوی تعیین می‌شود. با توجه به خروجی نرم‌افزار، استان قم بهترین مکان برای تأسیس واحد تولید اسباب‌بازی تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: اسباب‌بازی، برنامه‌ریزی خطی، سیستم پشتیبان تصمیم (تصمیم‌یار)، سیستم خبره، مکان‌یابی.

۱. دانشجوی دکتری، آینده‌پژوهی، دانشکدهٔ علوم و فنون نوین دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲. دانشجوی دکتری مدیریت، دانشکدهٔ مدیریت، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران
۳. کارشناس‌ارشد تجارت الکترونیک، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۵/۱٤
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹٤/۰۵/۲۱
نویسندهٔ مسئول مقاله: علی لاهوتیان
E-mail: ali.lahoutian@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

مقولهٔ مکان‌یابی واحدهای کسب‌وکار از مهم‌ترین عوامل مؤثر در کسب‌وکار موفق و از جمله مزیت‌های رقابتی واحدهای صنعتی است؛ به‌ویژه آنکه بخش شایان توجهی از هزینه‌های واحدهای صنعتی را هزینهٔ حمل‌ونقل کالا و مواد اولیه تشکیل می‌دهد (تامپکینز و همکاران، ۲۰۰۳) و مکان‌یابی صحیح پیش از تأسیس، نقش بسیار مهمی در کاهش این هزینه‌ها دارد. به این ترتیب تصمیم کارآفرین در انتخاب مکانِ مناسب برای کسب‌وکارشان، اهمیت می‌یابد. سیستم‌های پشتیبان تصمیم (تصمیم‌یار)[1] نوع خاصی از سیستم‌های اطلاعاتیِ کاربردیِ خودکار یا نیمه‌خودکارند که اطلاعات پردازش‌شدهٔ مدیران را برای پشتیبانی از فرایند تصمیم‌سازی، تأمین می‌کنند. DSS سیستمی است که با استفاده از منابع انسانی و قابلیت‌های رایانه، مدیر را در حل مسائل پیچیده یاری می‌کند و کیفیت تصمیم‌ها را بهبود می‌دهد (توربان و آراناسن، ۲۰۰۵). این پژوهش به‌دنبال طراحی سیستمی است که به کارآفرینان در جهت انتخاب مکان مناسب برای کسب‌وکارشان در پهنهٔ ایران، تصمیم‌یاری کند. در بخش انتهایی مقاله تلاش شده است عملکرد سیستمِ تصمیم‌یارِ طراحی‌شده در قالب موردکاوی به تصویر کشیده شود.

پیشینهٔ نظری پژوهش

پیش از ورود به بحث اصلی، شایسته است دربارهٔ برخی ابزارهای سنتی مدیریت (اعم از ابزارهای ریاضی یا سیستم‌های اطلاعاتی و تصمیم‌یار) که دراین مقاله از آنها استفاده شده است، توضیحاتی داده شود.

مکان‌یابی

مکان‌یابی پیداکردن محلی مناسب به‌منظور نصب تجهیزات یا ساخت کارخانه است. حداقل‌کردن متوسط زمان یا فاصلهٔ جابه‌جایی، حداقل‌کردن بیشترین زمان یا فاصلهٔ جابه‌جایی، حداکثرکردن پاسخگویی، به حداقل‌رساندن هزینه و حداکثرکردن سود، از جمله اهدافی است که اغلب مسائل مکان‌یابی به‌دنبال برآورده‌ساختن آنها هستند (فراهانی، استیدی سیفی و عسگری، ۲۰۱۰). جیا و همکارانش، پس از بررسی پژوهش‌های متعددی که در حوزهٔ مکان‌یابی اجرا شده است، بیان کردند مدل‌های مکان‌یابی بر مبنای ویژگی‌های توپولوژیکی (مکان‌شناختی)، اهداف، روش‌های حل، افق زمانی و پارامترهای ورودی، دسته‌بندی می‌شوند (جیا، اردونز و دسکی، ۲۰۰۵). مدل‌های مکان‌یابی همچنین می‌توانند بر اساس ویژگی‌های دیگری مانند تک‌محصولی در برابر

1. Decision Support System (DSS)

Archive of SID

www.SID.ir

چندمحصولی (مانند پژوهش حاضر که برمبنای تک‌محصولی است) و کششی در برابر فشاری (مدل این پژوهش) متمایز شوند[۱].

ژئوکدینگ

اگر بخواهیم مکان تسهیلات را در منطقه‌ای بزرگ و چند ایالت یا کشور مختلف جایابی کنیم، استفاده از تخمین روی صفحهٔ دوبُعدی، جواب دقیقی به ما نمی‌دهد (چرچ و موری، ۲۰۰۹: ۱۴۵-۱۴۳). بنابراین همان‌طور که شکل ۱ نشان می‌دهد، باید فاصله‌ها را روی کره تعریف کنیم.

شکل ۱. تعریف مسافت با عنوان خطی مدور روی کره

منبع: چرچ و موری، ۲۰۰۹: ۱۴۵

البته حل مدل‌هایی که فاصله‌های آنها روی کره به‌صورت کمان در نظر گرفته می‌شود، دشوار است. از این رو همان‌طور که در بخش بعد مشاهده خواهید کرد، در این سامانهٔ پشتیبان تصمیم به جای آنکه فاصله‌ها به‌صورت خط یا به بیان بهتر کمان در نظر گرفته شود، تلاش شده است تابع هدف به دو مسئلهٔ جدا از هم در راستای دو محور طولی و عرضی روی کره شکسته شود؛ بدین منظور از ژئوکدینگ استفاده شده است. ژئوکدینگ فرایند پیداکردن مختصات جغرافیایی (اغلب با تکیه بر طول و عرض جغرافیایی) از طریق داده‌های جغرافیایی است. زمین جسم سه‌بعدیِ نامنظمی است و نمایش آن در محیط دیجیتال به تخمین خاصی نیاز دارد. برای دستیابی به هدف این مقاله همانند اغلب متون علمی، فرض می‌شود زمین کروی است. روش

---

۱. خوانندگان علاقه‌مند به اطلاعات بیشتر در این زمینه، می‌توانند به مقاله‌های همچر و نیکل (۱۹۹۸) و کلوزه و درکسل (۲۰۰۴) مراجعه کنند.

Archive of SID

www.SID.ir

مرجع برای اندازه‌گیری طول و عرضِ کره (λ , φ)، درجه‌بندی نسبت به استوا و نصف‌النهار مبدأ است که با آن هر مکانی را بر کره تعریف می‌کنند (چرچ و موری، ۲۰۰۹).

شکل ۲. طول و عرض جغرافیایی نقشهٔ ایران

بخش صحیحِ درجه‌های جغرافیای بین ۰ تا ۱۸۰ و ۰ تا ۹۰ درجه و بخش اعشاری آنها بین ۰ تا ۶۰ دقیقه متغیر است. از آنجا که مدل ارائه‌شده در مقالهٔ حاضر در دستگاه ده‌دهی[1] عمل می‌کند، باید بخش اعشاری اعداد بین ۰ تا ۰/۹۹ باشد. البته چون فضای مسئلهٔ مقاله (کل مساحت ایران) هم در طول جغرافیایی و هم عرض آن بیش از ۱۵ درجه را شامل نمی‌شود، به تبدیل جزء صحیح طول و عرض جغرافیایی بر مبنای ده‌دهی نیازی نیست؛ اما باید با ضرب قسمت اعشاری آنها در ۶۰ و سپس تقسیم آن بر ۱۰۰، قسمت اعشاری را به‌صورت دهدهی بیان کرد.

سیستم پشتیبان تصمیم (تصمیم‌یار)

مدت‌ها عزم چالش‌انگیز متخصصان هوش مصنوعی این بود که ماشین‌هایی بسازند که بتوانند با مغز آدمی رقابت کنند و بدین منظور قصد داشتند همان قواعدی که متخصصان در رشته‌های

1. In decimal degrees

Archive of SID

www.SID.ir

مختلف برای تصمیم‌گیری به‌کار می‌گیرند را در ماشین‌ها تعبیه کنند؛ بدین ترتیب می‌شد انبوه داده‌ها را به‌مثابهٔ درونداد وارد ماشین‌ها کرد و نتایج مدنظر را با دقت و سرعتی بیش از آنکه انسان‌ها بتوانند انجام دهند، به‌دست آورد (پایا، ۱۳۸۹).

امروزه، گرچه تلاش برای رسیدن تمام و کمال به هدف که همانا دستیابی به سیستمِ خبرهٔ کامل[1] است، بسیار دور از دسترس به نظر می‌رسد، استفادهٔ حداقلی یا حد میانه از چنین قابلیت‌هایی به‌مثابهٔ سیستم‌های پشتیبان تصمیم که در کنار انسان‌های خبره در جایگاه مشاور قرار گیرند، رایج است. همان‌طور که از نام سیستم‌های تصمیم‌یار مشخص است، به‌طور مستقیم در تصمیم‌گیری نقش ندارند، بلکه این امکان را در اختیار مدیران قرار می‌دهند تا با استفاده از برخی محاسبه‌ها، تحلیل‌ها و برآوردها، سریع‌تر و آسان‌تر تصمیم‌گیری کنند (محمودی، ۲۰۰۷: ۱۷۸). سامانه‌های پشتیبان تصمیم، قضاوت انسانی و توان فناوری رایانه را به‌گونه‌ای با هم ترکیب می‌کند که بدون کاستن از استقلال تصمیم‌گیرندگان، اثربخشی آنان را افزایش دهد (کین و اسکات مورتن، ۱۹۸۷)[2].

صنعت اسباب‌بازی

اسباب‌بازی وسیله‌ای برای بازی است که به‌طور معمول کودکان از آن استفاده می‌کنند و در رشد و شکوفایی استعدادهای‌شان به آنان کمک می‌کند. به‌طور کلی می‌توان اسباب‌بازی‌ها را به دو گروه کلی اسباب‌بازی‌های سنتی و بازی‌های رایانه‌ای تقسیم‌بندی کرد. جامعهٔ مخاطب و هدف عمدهٔ گروه اول، کودکان ۱۲ سال و کمتر است (لیتل و کینگ، ۲۰۱۰). با وجود نقش بسیار مهم و حساس اسباب‌بازی در پرورش کودکان سرزمین‌مان، تنها ۵ درصد بازار در اختیار تولید داخلی قرار دارد و ۹۵ درصد باقی‌مانده از چین (۹۲ درصد)، آلمان، اسپانیا، تایوان، ایتالیا و ترکیه (۳ درصد) وارد می‌شود؛ به نحوی که واردات اسباب‌باری کشورمان در سال ۹۰ به ۵۰ میلیون دلار رسیده است (خبرگزاری مهر، ۱۳۹۲).

کنسرسیوم اروپایی سیاست‌های صنعتی پایدار و رقابتی در بررسی صنعت اسباب‌بازی، به‌طور کلی زنجیرهٔ ارزش زیر را برای صنعت اسباب‌بازی پیشنهاد داده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود فراورده‌های نفتی در آن سهم شایانی دارند؛ آنچنان که مهم‌ترین مادهٔ به‌کاررفته در ساخت اسباب‌بازی‌ها پلاستیک است (مؤسسهٔ پژوهشی یانو، ۲۰۰۴).

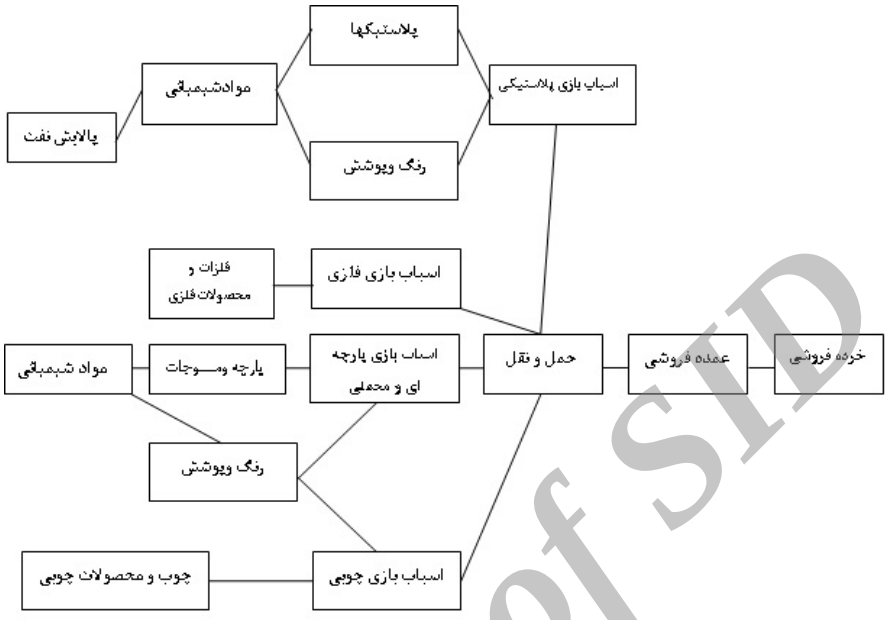
---

1. Full Expert system

۲. برای کسب اطلاعات دقیق‌تر دربارهٔ انواع و اجزای سامانه‌های تصمیم‌یار به سلیمی فرد و بابایی‌زاده (۲۰۱۱) و شاهرضایی، سیف‌برقی و احتشام‌راثی (۲۰۱۲) مراجعه کنید.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳. زنجیرهٔ ارزش اسباب بازی برگرفته از اکسیپ (۲۰۱۳)

پیشینهٔ تجربی پژوهش

بهره‌مندی از سیستم‌های پشتیبانی تصمیم در مقاله‌های مکان‌یابی را می‌توان در دو دستهٔ کلی قرار داد؛ دستهٔ اول که به‌طور عمده شامل مقاله‌های این حوزه است، عموماً با تکیه بر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و نرم‌افزارهای مرتبط با آن مانند ArcGIS، به مکان‌یابی پرداخته‌اند و محققان کمتری به استفاده از مدل‌های ریاضی و تحقیق در عملیات، توجه کرده‌اند. این سیستم‌ها گسترهٔ عظیمی از کاربردهای حوزه‌های شهری، مدیریت بحران، حوزه‌های کشاورزی و آبخیزداری را شامل می‌شود. برای نمونه می‌توان به پژوهش‌های فیض، کریچن و اینوبلی (۲۰۱۴)، فرناندز، کاپتیو و کلیماکو (۲۰۱۴)، صیفی، پذیرا، زاهدی‌پور و مسیح‌آبادی (۲۰۱۰)، فیروزی، سجادیان و سجادیان (۲۰۱۱) و حکمت‌پور، فیض‌نیا، احمدی و خلیل‌پور (۲۰۰۷) اشاره کرد.

دستهٔ دوم مقاله‌های مکان‌یابی که اغلب توسط دانشگاهیانِ مدیریت، مهندسی صنایع و ریاضیاتِ کاربردی صورت پذیرفته است، تلاش کرده‌اند با منطق بهینه‌یابی و تحقیق در عملیات به مکان‌یابی اقدام کنند؛ از جمله مین (۱۹۸۹) با لحاظ‌کردنِ عواملی مانند درجهٔ رقابت، درصد رشد سپرده‌ها و وام‌ها و دسترسی آسان، نوعی مدل پشتیبانی تصمیم با برنامهٔ فازی برای

Archive of SID

www.SID.ir

مکان‌یابی شعبه‌های بانکی در کلمبوس اوهایو ارائه کرد. دیاز و همکارانش نیز، مدل پشتیبان تصمیمی برای مسائل مکان‌های پویا، مبتنی بر سه نوع تسهیلات شامل محل‌های دفن زباله، ایستگاه‌های انتقال و کوره‌های زباله پیشنهاد دادند (دیاز، کاپتیو و کلیماکو، ۲۰۰۶). رپده و برناردو (۱۹۹۴) با استفاده از نوعی سیستم پشتیبانی تصمیم، مدلی برای پوشش مکانی ناوگان آمبولانس‌ها به‌منظور کاهش زمان سپری‌شده برای پاسخگویی به اورژانس و ارائهٔ خدمات پزشکی ارائه کردند.

جیا اردونز و دسکی (۲۰۰۵) و زاگرافس و سامارا (۲۰۰۰) نیز چارچوبی برای توسعهٔ نوعی سیستم پشتیبانی تصمیم برای عملیات واکنش اضطراری به مواد خطرناک ارائه کردند. آنان سه هدف عمده برای این سیستم را تعیین مکان‌های امن برای حفاظت از محمولهٔ مواد خطرناک، ارائهٔ مدل‌های خلاقانه‌تر ریاضی به‌منظور پوشش این نوع تصمیم‌گیری و شناسایی مسیرهای تخلیه و پیامدهای مدیریت ترافیک، برشمردند.

ارکات و الپ (۲۰۰۷) و پاپاتنایزو و پاپاریزو (۲۰۰۷) با مدنظر قرار دادن محدودیت‌های زمانی، سیستمی تصمیم‌یار مبتنی بر مدل برنامه‌ریزیِ خطیِ ابتکاری به‌منظور مکان‌یابی تسهیلات ارائه کردند. لومباردی و فرتی (۲۰۱۵) نیز با طراحی سیستم پشتیبانی تصمیم برای توسعهٔ پایدار شهری و منطقه‌ای با اتخاذ رویکردی مبتنی بر تحلیل چندمتغیره و روش فرایند تحلیل شبکه‌ای، سامانه‌ای را به‌منظور حمایت از تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای با لحاظ‌کردن ذی‌نفعان موضوع (صنایع، شهرها و...)، ارائه کردند.

در این دسته از تحقیقات، اغلب، مقیاسِ بهینه‌یابی از مقیاسِ منطقه یا شهر تجاوز نمی‌کند و بر محاسبات متریکِ طولِ خیابان‌ها یا چیزهایی شبیه آن بنا شده است. شاید ضعف رویکرد جغرافیایی و اتکایِ صِرف بر مدل‌سازی، علت این نقص باشد.

پژوهش حاضر تلاش کرده است از هر دو سنتِ علمیِ پیش‌گفته به‌صورت همزمان بهره‌مند شود؛ به این معنا که اولاً رویکرد مدل‌سازی ریاضی در آن قوت دارد و ثانیاً بهینه‌سازی بر مبنای دو شاخص اصلی در علم جغرافیا (طول و عرض جغرافیایی) صورت می‌پذیرد؛ بدین ترتیب سامانهٔ حاضر به خوبی می‌تواند با سامانه‌های GIS یا Glonass ارتباط برقرار کند، از آنها ورودی بگیرد یا برای آنها خروجیِ فهم‌پذیر تولید کند.

مدل ریاضی مورد استفاده در مکان‌یابی

مدل ارائه‌شده، در واقع شباهتی تام به مدل مکان‌یابی با استفاده از اندازه‌گیری فاصلهٔ مسیر مستقیم یا همان خط شکسته[1] دارد با این تفاوت که مدل ریاضی به‌کارگرفته شده در این سامانهٔ

1. Rectilinear (Manhattan) distance

Archive of SID

www.SID.ir

پشتیبان تصمیم، طول و عرض جغرافیایی[1] را بر حسب درجه، نه بر حسب متر، بهبود می‌بخشد که البته خودبه‌خود بهینه‌گی جواب در محاسبات متریک نیز ظاهر خواهد شد. تابع هدف این مدل که همان تابع هزینهٔ کل یا هزینهٔ حمل‌ونقل است، باید به‌گونه‌ای باشد که به نحو مؤثر و واقع‌بینانه‌ای، هرگونه انحراف جواب مسئله از بهینگی را جریمه کند تا از قرارگیری جواب نهایی در نقطهٔ بهینه اطمینان حاصل شود. فرض می‌شود این تابع هدف به شرح رابطهٔ ۱ است.

رابطهٔ ۱) $$\min f(\varphi,\lambda)\sum_{i=1}^{31}W_i\left|\varphi-\varphi_i\right|+\sum_{i=1}^{31}W_i\left|\lambda-\lambda_i\right|$$

در این رابطه؛ i نشان‌دهندهٔ نقاط و در این پژوهش استان‌ها (i = ۱, ۲, ۳, ..., ۳۱)؛ W_i مطلوبیت یا همان وزن نقطهٔ iام (استان)؛ φ_i , λ_i طول و عرض جغرافیایی مرکز استان iام و φ , λ محل تسهیلی را نشان می‌دهد که قرار است احداث شود.

به‌منظور حل این مدل، ابتدا باید فرم قدر مطلقی تابع هدف از این حالت خارج شود. برای تغییر قدرمطلقِ تابع هدف، از قضیهٔ ریاضی زیر که در اینجا مجال اثبات‌اش نیست، استفاده شده است.

رابطهٔ ۲) $$(a-b-p+q=0)\wedge(p\times q=0)\wedge(p\geq 0\,,\,q\geq 0)\Leftrightarrow\left|a-b\right|=p+q$$

به این ترتیب می‌توان رابطهٔ ۱ را به‌صورت رابطهٔ ۳ بازنویسی کرد.

رابطهٔ ۳) $$\min h(\varphi,\lambda,p_i,q_i)=\sum_{i=۱}^{۳۱}W_i(p_i+q_i)+\sum_{i=۱}^{۳۱}W_i(p_{i+۳۱}+q_{i+۳۱})$$

s.t:

$\varphi - p_i + q_i = \varphi i \;\forall i \in \{1,..31\}$

$\lambda - p_i + q_i = \lambda i \;\forall i \in \{32,..62\}$

$p_i >= 0 \;\forall i \in \{1,..62\}$

$q_i >= 0 \;\forall i \in \{1,..62\}$

$p_i.q_i = 0$

به‌دلیل وابستگی خطی p و q در حل اساسی روشِ سیمپلکس[2]، محدودیت غیر خطی انتهایی، محدودیتی مازاد است؛ زیرا هیچ‌گاه دو متغیر وابسته به یکدیگر در پایهٔ حل ظاهر نمی‌شوند (انتظاری هروی، ۲۰۰۴: ۴۳ و آریانژاد و سجادی، ۲۰۰۲: ۲۶۸)؛ ضمن آنکه که در روش سیمپلکس، تمام متغیرها مثبت فرض می‌شوند؛ بنابراین نیازی به ذکرِ دستهٔ قیود ردیف

1. Longitude and Latitude
2. Simplex Method

Archive of SID

www.SID.ir

سوم و چهارم ندارد. احتیاج به توضیح این مطلب نیست که p_i و q_i صرفاً دو نوع متغیر مجازی‌اند که هنگام حذف علامت قدر مطلق از تابع هدف اصلی ظاهر شدند؛ بنابراین نقش مستقیمی در جواب مسئله ندارند. هدف اصلی این مسئله تعیین مقدار بهینه برای متغیرهای φ وλ یا همان طول و عرض جغرافیایی نقطهٔ بهینه است.

روش‌شناسی پیاده‌سازی سامانه

سامانه‌های خبره از دو رکن اساسی به نام‌های پایگاه‌شناختی[1] و موتور استنتاجی[2] تشکیل می‌شوند که از طریق واسط ارتباطی[3] با کاربر، ارتباط با سیستم را برای کاربر امکان‌پذیر می‌کنند. پایگاه‌شناختی، نوعی پایگاه دانش محسوب می‌شود که در آن مجموعه‌ای از اطلاعات با ارزش، به‌صورت منسجم و ساختاریافته‌ای ذخیره و سازماندهی شده‌اند. موتور استنتاجی یا ماشین استنباطی، نیز برنامه‌ای کامپیوتری است که فرایند استدلال و استنتاج را در سیستم خبره شبیه‌سازی می‌کند و مغز پردازندهٔ سیستم خبره به‌شمار می‌رود[4] (محمودی، ۲۰۰۷: ۱۸۷).

با توجه به اینکه در تعیین مکان مناسب برای هر واحد صنعتی یا خدماتی، دامنهٔ متنوعی از شاخص‌ها اثرگذار است و این شاخص‌ها باید همگام با تحولاتِ محیط بیرونی برای ارزشمندبودن، به‌طور دائم به‌روز شوند، نگارندگان به این نتیجه رسیدند که از قراردادنِ حجم انبوه داده‌های آماری در حوزه‌های مختلف بر سیستم، صرف نظر کنند و به جای آن با اتخاذ رویکردی نزدیک به رایانشِ ابری، امکان دسترسی برخط به ده‌ها پایگاهِ معتبر که به‌صورت مستمر توسط دستگاه‌های ویژه به‌روزآوری می‌شوند را فراهم آورند. در کنار داده‌های تاریخی، قضاوت‌هایِ خبرگان نیز می‌تواند ورودیِ سامانه در نظر گرفته شود و در این مسیر می‌توان از روش‌های خاصی همچون دیمتل[5]، تحلیل سلسله‌مراتبی[6]، الکتره[7]، پرومته[8] یا تاپسیس[9]، نیز استفاده کرد.

---

1. Knowledge base
2. Inference Engine
3. User Interface

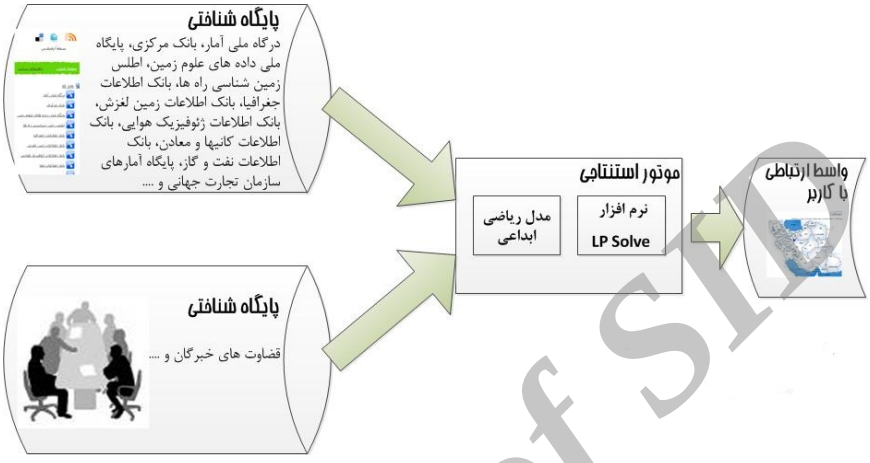
۴. در برخی از متون، از جمله الهی، خدیور و حسن‌زاده (۲۰۱۲)، آمده است سیستم خبرهٔ تصمیم‌یار علاوه‌بر آنچه گفته شد، ممکن است از پایگاه مدل نیز بهره برد که شامل مدل‌های مختلف کمی برای تصمیم‌گیری است؛ اما در این پژوهش، مدل ریاضی نیز در بطنِ موتور استنتاجی در نظر گرفته شده است.

5. Decision Making Trial And Evaluation (DEMATEL)
6. Analytical Hierarchy Process (AHP)
7. ELECTERE
8. PROMETHEE
9. TOPSIS

Archive of SID

www.SID.ir

این سامانهٔ پشتیبان تصمیم از نرم‌افزار[۱] LP Solve به‌منزلهٔ بخشی از موتور استنتاجی (برای حل مدل ریاضی خطیِ مکان‌یابی) استفاده می‌کند[۲]. در شکل ۴ مدل مفهومی این سامانه به تصویر کشیده شده است.



شکل ٤. مدل مفهومی سامانهٔ پشتیبان تصمیم مقالهٔ حاضر

هم‌اکنون مشخص شد وظیفهٔ سامانهٔ پیشنهادشده این است که با دریافت مطلوبیت‌هایی که کاربر برای تأسیس کارخانه در هریک از استان‌ها دارد ـ که این مطلوبیت‌ها برآمده از آمار و اطلاعات یا قضاوتِ خبرگان است ـ وزن هر یک از استان‌های سی‌ویک‌گانه (W_i) را پس از محاسبه، در تابع هدفِ مدل ریاضی یادشده درج کند. همچنین با فرض مجموعِ وزن هر استان در مرکزِ سیاسی آن استان، طول و عرض جغرافیایی مراکز استان‌ها را در سمت راستِ محدودیت‌های صدوبیست‌وچهارگانه درج کند و پس از حل مدل، پاسخ بهینه را در محیطی گرافیکی به کاربر ارائه دهد. سامانهٔ پشتیبان تصمیم مقالهٔ حاضر با عنوان «سامانهٔ مکان‌یابی واحدهای صنعتی و خدماتی در پهنهٔ ایران (سمپا)» که در محیط Visual Studio.Net ۲۰۱۰ و به‌کمک فناوری Asp3.5 و زبان C# با محیط مدیریت پایگاه دادهٔ SQL server توسعه می‌یابد، شامل چند مرحله عملیات است که در دو برنامهٔ کاربردی Web Application و Windows Application با پایگاه دادهٔ مشترک پیاده‌سازی شده است. در ادامه، طی بررسی موردی

---

۱. این نرم‌افزار، مخصوص حل مدل‌های ریاضی مختلط عدد صحیح ـ خطی (Mixed Integer Linear Programming) است. برای دریافت توضیحات بیشتر بنگرید به: http://lpsolve.sourceforge.net/5.5

۲. پیش از این به‌کارگیری نرم‌افزار لیندو به‌منزلهٔ موتور استنتاجی سیستمِ پشتیبان تصمیم در مقالهٔ جعفرنژاد، رهبر، مقدس‌پور و واحدی‌مقدم، ۲۰۱۰) سابقه داشت.

Archive of SID

www.SID.ir

مکان‌یابی کارخانهٔ تولید اسباب‌بازی، توضیحاتی دربارهٔ کاربری سامانهٔ مذکور در محیط اینترنت[۱] ارائه می‌شود.

برای تسهیل ورود داده توسط کاربر، تمهیدی اندیشیده شده است که کاربر بتواند وزن‌ها و ترجیحاتش را (حتی به‌صورت آفلاین) پس از واردکردن در صفحهٔ گستردهٔ اکسل، فایل اکسل را روی سیستم بارگذاری کند. بدین منظور، فایل اکسلی (حاوی دو کاربرگ به نام‌های «ورود داده» و «sheet۲») به‌صورت پیش فرض روی سیستم قرار گرفته است که کاربر می‌تواند آن را پس از دانلود، مطابق فایل راهنمای نرم‌افزار ـ که روی سایت در دسترس است ـ پرکرده و سپس فایلِ پرشده را روی سامانه بارگذاری کند.

برخی از صاحب‌نظران با انتقاد از تک‌معیاره‌بودن مکان‌یابی طرح‌ها، توجه به چندبعدی‌بودن آنها را به‌ویژه با لحاظ‌کردن مباحث توسعهٔ پایدار لازم می‌دانند (کاپتیو و کلیماکو، ۲۰۰۸). سامانهٔ پیشنهادشده با الهام از چنین انتقادهایی، به‌منظور بهبود دقت تابع هدفِ مدل خطی، امکان اتخاذ رویکرد چندمعیاره را در تعیین مطلوبیت هر استان فراهم آورده است. سامانهٔ طراحی‌شده، اجازهٔ در نظرگرفتن حداکثر ۱۵ شاخص را به کاربر می‌دهد. برخی از مزیت‌های اتخاذ رویکرد چندمعیاره عبارت‌اند از (فیگورا، گرکو و ارگات: ۲۰۰۵):

۱. با درنظرگرفتن دامنهٔ گسترده‌ای از معیارها، این رویکرد به تصمیم‌گیرندگان در جلوگیری از نادیده‌انگاشتن جنبه‌های مختلف یاری می‌رساند؛
۲. رویکرد چندمعیاره می‌تواند سیستم‌های ارزشی مختلف با اهداف متفاوت را در کانون توجه قرار دهد؛
۳. در رویکرد چندمعیاره، امکان بحث در خصوص وزن، سطح عدم پذیرش، سطح آرمانی، و حق وتو در طول فرایند تصمیم‌گیری فراهم می‌شود.

کاربر در کاربرگِ «ورود داده» از فایل اکسل یادشده، وزن (مطلوبیت) هر شاخص را مشخص می‌کند و به هر استان در هر شاخص نمره‌ای اختصاص می‌دهد. در مثالِ سادهٔ بحث ما، نزدیکی به بازار مصرفِ پرجمعیت (به‌ویژه از نظر جمعیت کودکان)، متمکن و دوستدارِ تفریحات و نیز، نزدیکی به واحدهای تأمین‌کنندهٔ مواد اولیه (واحدهای پتروشیمی)، حائز اهمیت است. با نیم‌نگاهی به آمارهای به‌دست‌آمده از پایگاه‌های معتبر ملی، پنج شاخص کل جمعیت استان، جمعیت زیر ۱۴ سال استان، درصد رشد جمعیت استان، قابلیت تولید مواد اولیهٔ اسباب‌بازی در استان و میزان سرانهٔ هزینه‌های تفریحات و سرگرمی خانوارهای شهرنشین آن استان پس از

---

۱. این سامانه هم‌اکنون در آدرس http://emplacement.bwf.ir/frm_Emplacement.aspx برای عموم کاربران به‌صورت رایگان در دسترس است.

Archive of SID

www.SID.ir

تعریف، وارد کاربرگ شد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، شاخص‌های اول، دوم، سوم و پنجم، تلاش می‌کنند محل کارخانه به کانون‌های مهم جمعیتی نزدیک شود و شاخص چهارم درصدد نزدیک‌کردن محل کارخانه به محل عرضهٔ مواد اولیه است.

در گام بعدی کاربر باید درجهٔ اهمیت هر شاخص را مشخص و وارد کاربرگ کند. درجهٔ اهمیت هر شاخص می‌تواند پیش از استفاده از سامانهٔ مدنظر، به‌کمک برخی روش‌های چندمعیاره[1] ـ که پیش‌تر به آنها اشاره شد ـ یا بر مبنای منطقِ تحلیلی، تعیین شود. در این مثال تلاش شده است با استفاده از منطق تحلیلی فهم‌پذیر برای عموم، به تعیین وزن‌ها اقدام شود. اول، بازدهی کارخانه با اغماض صددرصد در نظر گرفته می‌شود؛ به این معنا که جرم و بالتبع وزن مجموع اسباب‌بازی‌های تولیدشده که قرار است به سمتِ مصرف‌کنندگان حمل شود، برابر با وزن مواد اولیه‌ای باشد که از واحدهای پتروشیمی به کارخانه حمل شده است، اما از آنجا که در حمل‌ونقل، علاوه‌بر وزن محموله، حجم آن نیز اهمیت دارد و با توجه به اینکه اسباب‌بازی‌های تولیدشده بسیار حجیم‌تر از مواد اولیه‌اند (به‌طور عمده گرانول‌های پلاستیکی)، نزدیکی به مصرف‌کنندگان نهایی مطلوبیت بسیار بیشتری از نزدیکی به واحدهای پتروشیمی دارد که در این مسئله برتری نسبی آنها یک در مقابل شش در نظر گرفته می‌شود.

دوم؛ در سَمت مطلوبیت نزدیکی به مصرف‌کننده نیز، مطلوبیت نسبی را به تساوی بین چهار شاخص کل جمعیت استان، جمعیت زیر ۱۴ سال استان، درصد رشد جمعیت استان و میزان سرانهٔ هزینه‌های تفریحات و سرگرمی خانوارهای شهرنشین آن استان، تقسیم می‌کنیم. به این ترتیب مطلوبیت هر شاخص مطابق ردیف دوم از جدول ۱ وارد کاربرگ می‌شود.

جدول۱: برخی از شاخص‌های مهم در مکان‌یابی واحد ساخت اسباب‌بازی به همراه اوزانشان

عنوان شاخص ها	جمعیت	درصد رشد جمعیت	جمعیت زیر ۱٤ سال	ظرفیت پتروشیمی‌های مستقر در استان	سرانهٔ تفریحات شهرنشینان
مطلوبیت شاخص‌ها	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۳/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
وزن شاخص‌ها (v_j)	۰/۱۴۳	۰/۱۴۳	۰/۴۲۹	۰/۱۴۳	۰/۱۴۳

البته سیستم به‌صورت خودکار و دور از چشم کاربر[2]، مطلوبیت هر شاخص را استاندارد می‌کند؛ یعنی بر مجموع مطلوبیت‌ها تقسیم خواهد می‌شود و به این ترتیب وزن هر شاخص (v_j)

1. MCDM

۲. کاربرِ سامانه عموماً با کاربرگ «ورود داده» سروکار دارد و با کاربرگ Sheet ۲ اصلاً روبه‌رو نمی‌شود، بلکه این کاربرگِ اخیر صرفاً برای استانداردسازی و منقح‌سازی داده‌ها به‌صورت اتوماتیک (خودکار) به‌کار می‌رود.

Archive of SID

www.SID.ir

به‌دست می‌آید. بدیهی است تک‌تک v_jها بین صفر و یک قرار دارد و مجموعِ آنها نیز برابر با عدد یک است.

در گام بعدی، کاربر باید به هر استان (i) در هر شاخص (j)، نمره‌ای (e_{ij}) اختصاص دهد. برای مثال، در موردکاوی این مقاله، از آنجا که مادهٔ اصلی ساخت اسباب بازی پلی ونیل کلراید (PVC) است و بر اساس تحقیقات میدانی تا زمان تنظیم مقاله، این ماده در چهار پتروشیمی بندرهای امام، غدیر، اروند و آبادان (همگی واقع در خوزستان) تولید می‌شود، نمرهٔ این شاخص در استان خوزستان یک ($e_{۱۵,۴} = ۱$) در نظر گرفته می‌شود و به باقی استان‌ها صفر تعلق می‌گیرد. نمرهٔ چهار شاخص بعدی (e_{ij}) به ازای $(\forall j \in \{۱, ۲, ۳, ۵\})$ از درگاه ملی آمار[1] به‌دست آمد. گفتنی است در راهنمای نرم‌افزار، تعدادی از پایگاه‌های ملی و بین‌المللی معرفی شده است که اطلاعات مناسبی برای کارآفرینان به تفکیک استان، در سطح کشور و در سطح بین‌المللی (برای بررسی امکان صادرات) فراهم آمده است.

همان‌طور که پیش از این دربارهٔ v_j بیان شد، نرم‌افزار به‌صورت خودکار و دور از چشم کاربر e_{ij} را به ازای هر شاخص (j) استاندارد می‌کند تا ضمن جانمایی تک‌تک شاخص‌ها بین صفر و یک، مجموعِ آنها روی هر ۳۱ استان، برابر با عدد یک شود.

جالب توجه اینکه ممکن است کارآفرینی برای بازاریابی محصولاتش روی ناحیهٔ جغرافیایی خاصی (برای مثال برخی از استان‌های غرب کشور) تمرکز[2] کند؛ در این صورت باید وزن استان‌های خارج از نیچِ بازار[3] را صفر در نظر بگیرد و وارد نرم‌افزار کند. حتی اگر کارآفرین قصد داشته باشد محصولاتش را به بازارهای هدف خاصی صادر کند، می‌تواند ابتدا مسیرهایی را مشخص کند که قرار است محصولاتش را از آنجا صادر کند (مانند بندر عباس یا گمرک بازرگان) و سپس به تناسب مطلوبیت هر یک از مسیرها، وزنی را برای استانی که آن پایانه در آنجا قرار دارد (مانند هرمزگان یا آذربایجان غربی) اختصاص دهد.

در گام بعد، باید با توجه به شاخص‌هایی که در گام‌های قبلی مشخص شدند و به آنها وزنی داده شد، درجهٔ مطلوبیت هر یک از ۳۱ استان ایران (W_i) محاسبه شود. بدین منظور، نمرهٔ هر استان در هر شاخص (e_{ij}) در وزنِ آن شاخص (v_j) ضرب می‌شود و در نهایت حاصل ضرب این دو روی تمام شاخص‌ها ($\forall j \in \{۱,...,n\}$) جمع می‌شود که n در مثال جاری برابر با پنج است.

---

1. Amar.gov.ir
2. Focus
3. Market niche

Archive of SID

www.SID.ir

$$\sum_{j=1}^{n} v_j e_{ij} = \forall i \in \{1,...31\}$$ رابطهٔ ۴)

به این ترتیب تأثیر کلیهٔ جاذب‌ها[1]، در وزن آن استان (W_i) خلاصه می‌شود.

پس از اینکه فایل اکسل روی سامانه بارگذاری شد، سامانه باید به تعداد لازم (یعنی به‌طور دقیق ۱۲۶ متغیر برای q_i، p_i، λ و φ به ازای $\forall_i \in \{1, \dots, ۶۲\}$) متغیر تصمیم تولید کند و سپس ضرایب به‌کاررفته در مدل یعنی λ_i، φ_i و W_i را هوشمندانه به‌شکل استانداردی از مدل برنامه‌ریزی خطی (که برای ال. پی. سالو قابل فهم باشد) در فایل متنی (برای مثال با نام orinput.lp) در کنار هم بچیند و فایل متنی را برای استفادهٔ بعدی ذخیره کند. گفتنی است دو ضریب نخست پیش‌تر توسط نگارندگان در نرم‌افزار تعبیه‌شده و ضریب سوم نیز با توجه به داده‌های ورودی کاربر یا به‌دست خود کاربر وارد نرم‌افزار شده‌اند.

در گام بعد نرم‌افزار ال. پی. سالو باید به‌صورت خودکار به اجرا درآید (RUN) و محتوای فایل orinput.lp به‌صورت خودکار توسط نرم‌افزار ال. پی. سالو حل شود. پس از اینکه نتیجهٔ پردازش در فایلی با نام oroutput.txt ذخیره شد، در نهایت تجزیه‌کنندهٔ متنی هوشمندی که در نرم‌افزار تعبیه‌شده، اطلاعات داخل فایل oroutput.txt را تجزیه و استخراج می‌کند و پایان کار را به کاربر گزارش می‌دهد. به‌طور خاص، صرفاً مقادیرِ متغیرهای λ و φ در حل بهینه برای ما اهمیت دارد که باید به‌کمک نرم‌افزار دی‌کد شود. دی‌کدکردن در اینجا به این معناست که نقطهٔ متناظر با طول و عرضِ بهینه روی نقشه نشان داده شود.

در کنار مشخص‌کردن نقطهٔ بهینه، این نرم‌افزار سه استانی که بیشترین W_i را کسب کرده‌اند، معرفی می‌کند. این سه استان (بدون در نظر گرفتن نزدیکی به سایر استان‌های شایسته) از سایر استان‌ها برای کسب‌وکار مد نظر شایسته‌ترند. همچنین نرم‌افزار برخی از شاخص‌های آمار توصیفی (میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات) را برای (W_i) محاسبه می‌کند و به کاربر نمایش می‌دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

کارآفرین آگاهی که قصد دارد کارخانه‌ای را تأسیس کند، ابتدا تلاش می‌کند دربارهٔ جنبه‌های مختلف کسب‌وکار مدنظر و عواملی که می‌تواند بر موفقیت وی تأثیرگذار باشد، اطلاعات کافی

---

۱. با لحاظ‌کردن شرایط عمومی مسئلهٔ وبر (در مجموع و هنگام حل‌کردن مدل نباید هیچ‌یک از (w_i) ها منفی باشد) می‌توان برخی موجودیت‌ها مانند رقبا را که تأثیر دافع (نه جاذب) بر محل کارخانه می‌گذارند را نیز با (v_i) منفی در این فرمول لحاظ کرد، به شرطی که درنهایت هیچ‌یک از (w_i) ها منفی نشود.

Archive of SID

www.SID.ir

جمع‌آوری کند. بسیاری از عوامل موفقیت کسب‌وکار به موقعیت جغرافیایی بستگی دارد؛ بـه ایـن معنا که شدت و ضعف عوامل یادشده از محل استقرار آن کسب‌وکار تأثیر مـی‌پـذیرد. بـر همـین مبنا، این پژوهش موفق به طراحی سامانه‌ای شد که به‌طور همزمان و برخط به تعـداد زیـادی از کارآفرینان کمک می‌کند اطلاعاتشان را به سرعت در قالب مدلی ریاضی سازمان دهند و خروجی سامانه را برای انتخاب مکان مناسب کسب‌وکارشان در پهنهٔ ایران، بـه‌کـار برنـد. همچنـین ایـن پژوهش تلاش کرد عملکرد سیستمِ تصمیم‌یارِ طراحی‌شده را در قالب موردکاوی به تصویر کشد. همان‌طور که در صفحهٔ خروجی نرم‌افزار (شکل ۵) مشاهده می‌شود، مختصات نقطهٔ بهینه در این مطالعهٔ موردی (۸۵، ۵۰، ۳۴/۱) به‌دست آمد که این نقطه در استان قم واقع شده است.

شکل ۵. نمایی از خروجی سامانه

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین ضریب تغییراتِ W_i برابر با ۱/۰۳۸ به‌دست آمده است که تمایزِ جدی شایستگی استان‌های مختلف برای تأسیس چنین کارخانه‌ای را گزارش می‌دهد و لزوم مکان‌یابی را برای آغاز کسب‌وکار بیش از پیش آشکار می‌کند.

با توجه به مطلوبیت شهرک‌های صنعتی از نظر زیرساختی و مالیاتی، آدرس اینترنتی شرکت شهرک‌های صنعتی هر یک از استان‌ها در راهنما قرار داده شده است؛ بدین ترتیب کاربر می‌تواند تک‌تک شهرک‌های صنعتی استان را که با نقطهٔ بهینه مشخص شده است برای استقرار نهایی بررسی کند. شهرک‌های صنعتی مجاور نقطهٔ بهینهٔ مسئلهٔ این پژوهش شکوهیه، سلفچگان، محمودآباد، قنوات و الغدیر هستند که باید با مطالعهٔ مستقل دیگری، یکی از آنها را برای استقرار انتخاب کرد.

در انتها کاربر می‌تواند در صورت تمایل پروندهٔ مکان‌یابی را که طی این مدت تشکیل‌داده و حل کرده است را همراه با توضیحات اختیاری در کتابخانهٔ آنلاین نرم‌افزار برای مراجعه و استفادهٔ سایر علاقه‌مندان ذخیره کند یا به‌منظور محرمانه نگه‌داشتن آن، اطلاعاتش را پاک کند.

در آینده، اعتبارسنجی خروجی‌های نرم‌افزار با توجه سوابق و اسناد کاربران و افزایش انتخاب‌های کاربران از بین انواع شیوه‌های محاسبهٔ فواصل و همچنین فراهم‌آوردن امکان دسترسی برخط به پایگاه‌های آماری ملی و بین‌المللی یا دست‌کم پدیدآوردن کتابخانه‌ای از داده‌های کاربردی برای نرم‌افزار که امکان به‌روزشدن را داشته باشد، در دستور کار قرار دارد.

محدودیت‌ها

به غیر از برخی تقریب‌های تسهیل‌گری که در مدل ریاضی به‌کارگرفته شدند و لابه‌لای سطور به آنها اشاره شد، پژوهش حاضر با محدودیت‌های دیگری نیز روبه‌رو بود؛ اولاً مدل ریاضی ارائه‌شده به‌طور سربسته بر این پیش‌فرض اتکا دارد که هر ۱ درجه اختلاف طول یا عرض جغرافیایی متناظر با فاصلهٔ خاصی (برای مثال برحسب کیلومتر) روی نقشه است. این پیش‌فرض برای طول جغرافیایی کاملاً صادق است، اما برای عرض جغرافیایی در کل پهنهٔ ایران، به‌طور متوسط موجب خطایی به میزان حدود ۶ درصد می‌شود. از این رو حاصل بخشی از مدل که به تعیین عرض جغرافیایی بهینه می‌انجامد، به‌طور متوسط به اندازهٔ مقدار پیش‌گفته می‌تواند خطا داشته باشد و هنگام استفاده‌های واقعی نباید از تحلیل حساسیت غافل شد. ثانیاً مدل خطی به‌کارگرفته‌شده در این سامانه در برخی حالت‌های بسیار خاص، ممکن است حل بهینهٔ چندگانه‌ای داشته باشد و آن زمانی رخ می‌دهد که شیبِ یکی یا حداکثر دو تا از محدودیت‌ها (یعنی یکی از محدودیت‌های طول جغرافیایی و یکی از محدودیت‌های عرض جغرافیایی) به‌طور

Archive of SID

www.SID.ir

دقیق برابر با شیب تابع هدف باشد.[۱] برای مثال، اگر در مسئلهٔ خاصی شیب کرانی خاص از فضای موجه ـ یعنی مرزی از فضای موجه که متناظر است با کمانی که نقطه‌ای (برای مثال ارومیه) را به نزدیک‌ترین مرکز استانی مجاور و بعدی‌اش از لحاظِ اندازهٔ طولِ جغرافیای (یعنی تبریز) وصل می‌کند ـ با شیبِ تصویر تابع هدف بر صفحه‌ای که حاوی متغیرهای مختص به آن کران است، برابر باشد و در همین زمان الگوریتم سیمپلکس و به تبع آن نرم‌افزارِ ال. پی. سالو، طول جغرافیایی بهینه را به‌طور دقیق برابر با طولِ جغرافیایی ارومیه تعیین کرده باشد، در این صورت نه‌تنها طول جغرافیایی ۴۵/۰۸۳۳ درجه، بهینه است، بلکه طولِ جغرافیایی ۴۶/۲۸۳ درجه (تبریز) و هر ترکیبِ محدبِ خطی[۲] بین این دو، حائز موقعیت بهینه می‌شوند، بنابراین طولِ جغرافیایی بهینه روی کمانی قرار می‌گیرد که ارومیه را به نقطه‌های ۳۸/۰۸۳۳ و ۴۶/۲۸۳ متصل می‌کند[۳]. بازهٔ بهینه در این حالت روی نقشهٔ (الف) نشان داده شده است.

شکل ٦. الف. چندگانگی حل بهینه در راستای دو محورِ طول

۱. راه سادهٔ دیگر برای تشخیص حل چندگانه در مدل این است که در یکی از ستون‌ها، استان‌ها بر حسب طول یا عرض جغرافیایی به‌صورت صعودی مرتب شوند و در ستون روبه‌رو وزن آنها به‌صورت تجمعی درج شود، اگر میانهٔ وزن‌ها به‌طور دقیق روی یکی از استان‌ها قرار گیرد، در این صورت تمام نقاطی که روی منحنیِ (مدارِ) واصل آن دو استان قرار دارد و از جمله مرکز آن دو استان، نقطهٔ بهینه برای تأسیس کارخانهٔ مد نظر است. برای کسب اطلاعات بیشتر دربارهٔ وقوع این حالت در مکان‌یابیِ دوبعدی (روی صفحه) می‌توانید به تامپکینز و همکاران (۲۰۰۳: ۷۵۵–۷۴۹) و انتظاری هروی (۲۰۰۴: ۳۳–۲۹) مراجعه کنید؛ زیرا وقوع این حالت در مکان‌یابیِ روی سطح کره شباهت‌هایی با وقوع آن روی صفحه دارد.

2. Convex Combination

۳. زیرا عرض جغرافیای تبریز ۳۸/۰۸۳۳ درجه است.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ٦. ب. چندگانگی حل بهینه در راستای دو محورِ عرض

همین موضوع عیناً می‌تواند برای عرضِ جغرافیایی در دو استانِ مفروض اتفاق بیافتد که بر روی نقشهٔ (ب) مشاهده می‌شود.

حالت نادر دیگری را نیز می‌توان تصور کرد؛ این موضوع همزمان برای طول و عرض جغرافیایی بهینه اتفاق بیفتد. در شکل ۷ ناحیهٔ واجدِ خواصِ بهینه که مستطیل‌شکل است برای حالتی که اولاً شیب کران‌های خاص از فضای موجه ـ یعنی مرزهایی از فضای موجه که متناظر است با کمان‌هایی که نقطه‌ای (برای مثال ارومیه) را به نزدیک‌ترین مرکز استانی مجاور و بعدی‌اش از لحاظِ اندازهٔ طولِ جغرافیای (هر دو حالت تبریز است) وصل می‌کند ـ با شیبِ تصویرِ تابع هدف بر صفحه‌ای که حاوی متغیرهای آن کران‌ها است، برابر باشد و ثانیاً الگوریتم سیمپلکس همزمان طول و عرض بهینه را منطبق بر شهر ارومیه تشخیص داده باشد، به نمایش درآمده است.

متأسفانه موتورِ استنتاجی نرم‌افزار ما، به‌طور خودکار بعد از رسیدن به اولین جواب بهینه متوقف می‌شود، بنابراین در مثال بالا، صرفاً ارومیه جواب بهینه انتخاب می‌شود و به چندگانگی حل بهینه توجهی نمی‌شود. به همین دلیل کاربر متوجه گزینه‌های بدیلی که ارزش یکسانی از نظر تابعِ هدف دارند، نخواهد شد. نگارندگان امیدوارند صفربودن احتمال وقوع این حالت از نظر ریاضی[1]، دغدغهٔ کاربران را التیام بخشد.

---

۱. فروند (۱۹۹۲: ۱۰۴–۹۹) برای حمایت از این موضوع، استدلال‌هایی دارد که به استناد آن، احتمال وقوع نقطه‌ای بر چنین توزیعِ احتمالِ پیوسته‌ای، از نظر ریاضی صفر است.

Archive of SID

www.SID.ir

نکتهٔ مهم دیگر این است که اصولاً این نـرم‌افـزار امکـان ارائـهٔ مشـاوره‌هـای دقیـق بـرای تصمیم‌گیری را ندارد و پیشنهادهای این نرم‌افزار باید در گام‌هـای بعـدی بـا مطالعـاتِ تفصـیلی امکان‌سنجی، قرین شود.

شکل ۷. چندگانگی حل بهینه در راستای هر دو محورِ طول و عرض

سپاسگزاری

مدل ریاضی به‌کارگرفته‌شده در این پژوهش مسـتخرج از پایـان‌نامـهٔ کارشناسـی ارشـد یکـی از دانشجویان دانشگاه تهران است که با حمایت شرکت شهرک‌های صنعتی استان همـدان تـدوین شده است.

References

Arya-Nejad, M. & Sajjadi, S.J. (2002). *Linear programming*. Tehran, Iran University of Science and Technology press. (*in Persian*)

Captivo, M. & Climaco Joao, N. (2008). On Multicriteria Mixed Integer Linear Programming Based Tools for Location Problems- An Updated Critical Overview Illustrated with a Bicritreia DSS. *Computación y Sistemas*, 12(2): 216-231.

Church, R. & Murray A. (2009). *Business Site Selection*, Location Analysis and GIS. Online Library.

Archive of SID

www.SID.ir

Dias, J., Captivo, M. & Clímaco, J. (2006). *A Decision Support System for Location Problems*. In F. Adam , P. Brézillon, S. Carlsson & P. Humphreys (Eds.), Proceedings of CIDMDS: 388-340.

Elahi, S., Khadivar, A. & Hasanzadeh, A. (2012). Designing a Decision Support Expert System for Supporting the Process of Knowledge Management Strategy Development. *Journal of Information Technology Management*, 3(8): 43-62. (*in Persian*)

Entezari Heravi, A. (2004*). Plant Layout,* Tehran: jahan Jamejam press.

Erkut, E. & Alp, O. (2007). Designing a network for hazardous materials shipments. Comput Oper Res 34(5):1389–1405.

European Competitiveness and Sustainable Industrial Policy Consortium (ESCIP). (2013). *Study on the competitiveness of the toy industry*. available on: http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/toys/files/reports-and-studies/final-report-lead-in-toys-ecorys_en.pdf.

Farahani, R. Z., SteadieSeifi, M., &Asgari, N. (2010). Multiple criteria facility location problems: A survey. *Applied Mathematical Modelling*, 34(7): 1689-1709.

Faiz, S., Krichen, S. & Inoubli, W. (2014). A DSS based on GIS and Tabu search for solving the CVRP: The Tunisian case. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 17(1): 105–110.

Fernandes, S., Captivo, M. & Clímaco, J. (2014). A DSS for bicriteria location problems. *Decision Support Systems*, 57: 224–244.

Figueira, J., Greco, S. & Ehrgott, M. (2005). *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys Springer Verlag*. DOI: 10.1007/b100605.

Firouzi, M., Sajjadian, N. & Sajjadian, M. (2011). Spatial Decision Support Systems for natural disaster risk management in the villages with using GIS, A step in the direction of sustainable development: a case study of villages in Mazanadaran province. *Village and development*, 14(2): 93-115. (*in Persian*)

Freund, J. (1992). *Mathematical Statistics*. USA. Preintce-hall. (*in Persian*)

Hekmatpour, M., Feiznia, S., Ahmadi, H. & Khalilpour, A. (2007). Zoning suitable areas for artificial recharge at Varamin plain with GIS and Decision Support Systems (DSS). *Journal of Enviromental Studies*, 33(42): 1-8. (*in Persian*)

Archive of SID

www.SID.ir

Jafarnejad, A., Rahbar, A., Moghadaspoor, S. & Vahedimoghadam, M. (2010). Designing a Decision Making Model to Measure Scientific Research Essays of Management. *Journal of Information Technology Management*, 1(3): 19-36. (*in Persian*)

Jia, H., Ordóñez, F. & Dessouky, M. (2005). *Modeling framework for facility location of medical services for large-scale emergencies*, Create report, Under FEMA Grant.

Keen P.G.W. & Scott Morton M. S. (1987). *Decision Support Systems: An Organizational Perspective*. Addison-Wesley.

Little & King Co, (2010). *The Transformational Toy Manufacturing Industry*. US. Little & King Co.

Lombardi, P. & Ferretti, V. (2015). New spatial decision support systems for sustainable urban and regional development. *Smart and Sustainable Built Environment*, 4 (1): 45 – 66.

Mahmoudi, S.M. (2007). *Information systems in management*. Tehran: University of Tehran press (UTP). (*in Persian*)

Papathanasiou, J. & Paparrizou, A. (2007). A Decision Support System for the Facility Location Problem under Time Constraints. *Advanced Modeling and Optimization*, 9(1): 117-134.

Paya, A. (2010). Scrutinizing the comprehensive scientific map of the country. *Quarterly Journal of Industrial Technology Development*, 8(14): 5-22. (*in Persian*)

Salimifard, K. & Babaeezadeh, S. (2011). A Decision Support System for University Course Timetabling: Persian Gulf University Case Study. *Journal of Information Technology Management*. 3(7): 77-92. (*in Persian*)

Seifi, F., Pazira, E., Zahedipour, H. & Massihabadi, M. (2010). Ability of spatial decision support systems (SDSS) in locating industrial waste landfill in Saveh city. *Second National Conference of Water Resource Management*. (*in Persian*)

Shahrezaee, M., Seifbarghy, M. & Ehtesham, Rasi, R. (2012). Designing a Decision Support System (DSS) for Supplier Selection in Multiple Discount Environment. *Journal of Information Technology Management*. 4(112): 89-112. (*in Persian*)

Tompkins, J. White, J., Bozer, Y., Frazelle, E., Tanchoco, J. & Trevino, J. (2003). *Facilities Planning*. USA. John Wiley & Sons Inc.

Archive of SID

www.SID.ir

Turban, E. and Aronson, J.E. (2005). *Decision Support Systems and Intelligent Systems*. Prentice Hall.

Yano Research Institute, (2004) *Toy's Market in Japan.* Yano Research Institute.

Zografos, K.G., Vasilakis, G.M. & Giannouli, I.M. (2000). Methodological framework for developing decision support system (DSS) for hazardous materials emergency response operations. *Journal of Hazardous Materials*. 71: 503–521.

Archive of SID

www.SID.ir