Archive of SID

مدل‌سازی مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی با استفاده از GIS با تأکید بر مقایسه روش‌های وزندهی وتلفیق لایه‌ها

وحید کریمی کارشناس ارشد فتوگرامتری، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب
حمید عبادی دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیر الدین‌طوسی
سلمان احمدی دانشجوی دکترای فتوگرامتری، دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیر الدین‌طوسی

چکیده

یکی از مهمترین زیرساخت‌های سیستم حمل ونقل شهری، پارکینگ‌های عمومی هستند که نقش عمده‌ای در کاهش پارک حاشیه‌ای و روانی ترافیک ایفا می‌کنند. پارکینگ‌های عمومی زمانی می‌توانند کارایی لازم را داشته باشند که در مکان مناسبی احداث شوند. در حال حاضر مکان‌یابی این پارکینگ‌ها به روش سنتی و با بازدید از محل انجام می‌گیرد. در روش سنتی مکان‌های انتخابی فقط با لحاظ نمودن تعداد محدودی از پارامترها مانند قیمت زمین انتخاب می‌شوند ولی در این تحقیق پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی از سه دیدگاه، نزدیکی پارکینگ به مراکز جاذب سفر، عوامل ترافیکی و مشکل آزادسازی زمین بخصوص در مناطق مرکزی شهرها بررسی شده و با توجه به این سه دیدگاه مدل مفهومی مکان‌یابی پارکینگ تهیه شده است. سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) که علم و فناوری تجزیه و تحلیل داده‌های مکان مرجع می‌باشد، توانایی تلفیق تعداد زیادی پارامتر را بصورت همزمان دارد. در این تحقیق ضمن ارائه الگویی مناسب جهت مکان‌یابی بهینه پارکینگ‌های عمومی بوسیله GIS، از روش‌های مختلف وزندهی و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی استفاده گردیده و نتایج این روش‌ها نیز با یکدیگر مقایسه شده است. نتیجه مقایسه روش‌های مختلف نشان داد که روش وزندهی Fuzzy AHP مناسب‌ترین روش وزندهی به پارامترهای مکان‌یابی پارکینگ می‌باشد. در ضمن روش تلفیق هم‌پوشانی شاخص نیز بعنوان بهترین روش تلفیق لایه‌های مؤثر در این تحقیق، انتخاب گردید.

کلمات کلیدی: پارکینگ‌های عمومی، مکان‌یابی، سیستم اطلاعات مکانی، تصمیم‌گیری چندمعیاره، هم‌پوشانی شاخص، وزن‌دهی به معیارها، AHP.

Modeling of Parking Site Selection by Using GIS with Emphasis on Weighting and Integrating Layers

V. Karimi Islamic Open University, Bonab Branch
H. Ebadi K. N. Toosi University of Technology
S. Ahmady K. N. Toosi University of Technology

Abstract

Public parking as one of the important parts of a modern urban transportation system plays an important role in decreasing the load of heavy traffic. Optimum site selection for public parking spaces not only increases the parking efficiency, but also decreases marginal car parking and therefore, results in increase of streets' width and traffic fluency. In the most cities, public parking site selection is done by traditional methods or just by visiting of the site. In this traditional method, considering all of the effective parameters in site selection is difficult and site selection is done by just considering some limited factors like land price. In this study, we introduce an optimum method for parking site selection using GIS and considering almost all of the effective parameters simultaneously. Effective factors are considered from two main points of view including parking efficiency and the problem of providing required land for parking especially in cities central regions. Then, conceptual model of parking site selection is presented. Suitable place for parking is also selected for one of the high traffic regions of shiraz. Different methods for information and layer integration are used and finally these methods are compared and the most suitable one is proposed.

Key words: Public parking site selection, GIS, Multi criteria decision making, Weighting, AHP, Fuzzy logic, Index overlay.

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

با رشد سریع شهرنشینی و افزایش تعداد وسایل نقلیه موتوری، ترافیک در سطح معابر شهری به یکی از معضلات شهرهای بزرگ تبدیل شده است. از اینرو سیستم‌های حمل و نقل شهری با هدف مدیریت جابجایی انسان و کالا در سطح معابر، افزایش سرعت و امنیت و کاهش هزینه حمل و نقل، در شهرها بوجود آمدند. کارکرد سیستم‌های حمل و نقل شهری وابسته به وجود زیرساخت‌های لازم، قرارگیری مناسب اجزای مختلف آن و نیز هماهنگی این اجزا با یکدیگر می‌باشد. از جمله زیرساخت‌های حمل و نقل شهری می‌توان به راه‌های ارتباطی، زیرگذر و روگذرها، احداث پارکینگ‌های عمومی و گسترش حمل و نقل عمومی از قبیل مترو و اتوبوس‌های شهری اشاره نمود. در این راستا احداث پارکینگ‌های عمومی متعدد در مجاورت معابر شهری به منظور جلوگیری از پارک‌های طولانی و بی‌مورد در کنار خیابان‌ها، یکی از اقدامات مؤثر در کاهش ترافیک می‌باشد.

احداث پارکینگ‌های عمومی زمانی با افزایش کارایی و دستیابی به اهداف مورد نظر همراه می‌شود که کلیه پارامترهای مؤثر در احداث پارکینگ‌ها مد نظر قرار گرفته شود. یکی از مهمترین پارامترهای مؤثر در احداث پارکینگ‌ها، مکان احداث آنها می‌باشد. نامناسب بودن محل پارکینگ‌ها و پراکندگی غیر اصولی آنها، نه تنها باعث عدم کارایی این پارکینگ‌ها می‌شود بلکه افزایش ترافیک شهری و در نتیجه افزایش تصادفات، افزایش زمان و مسافت سفرهای درون شهری، افزایش مصرف سوخت و آلودگی هوا و افزایش آلودگی صوتی را نیز به دنبال خواهد داشت [۳] .

در حال حاضر مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی بصورت سنتی و با در نظر گرفتن تعداد محدودی از پارامترهای مؤثر مانند قیمت زمین و مشکل آزادسازی زمین، صورت می‌گیرد که این امر باعث عدم کارایی مناسب این پارکینگ‌ها می‌شود. لذا لازم است در مکان‌یابی پارکینگ‌ها از سیستم‌های جدیدی که توانایی تجزیه و تحلیل تعداد زیادی پارامتر را بطور همزمان دارند، استفاده شود. یکی از این سیستم‌ها، سیستم GIS می‌باشد. امروزه از توانایی‌های GIS در مکان‌یابی در زمینه‌های مختلفی استفاده می‌شود [۲, ۱]. مکان‌یابی مراکز خدمات شهری یکی از کاربردهای GIS در مدیریت شهری است. از جمله کارهای انجام شده در این زمینه می‌توان به مطالعات Weant در زمینه پارکینگ اشاره کرد او مطالعاتی را در مورد نیازهای برخی از شهرهای آمریکا به پارکینگ‌های جدید با استفاده ازGIS انجام داد [۹]. در میان مطالعات داخلی نیز می‌توان به تحقیق قاضی عسکر نایینی در زمینه مکانیابی پارکینگ‌ها با استفاده از GIS اشاره نمود [۳].

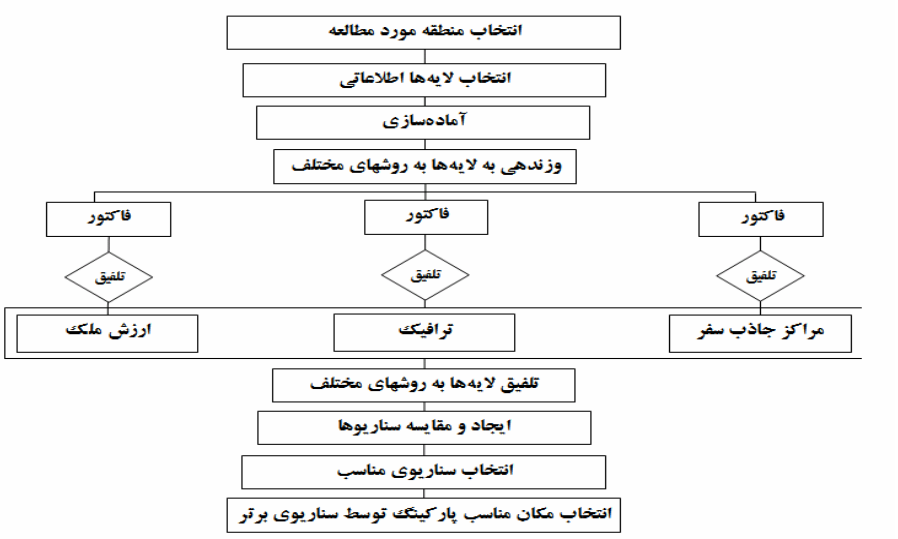
هدف این تحقیق مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی با استفاده از GIS با تأکید بر مقایسه روش‌های وزن‌دهی و تلفیق لایه‌ها می‌باشد. مطالعه موردی این تحقیق ۵ ناحیه از نواحی ترافیکی شیراز می‌باشد که در این زمینه از نتایج مطالعات جامع حمل و نقل شیراز استفاده شده است [۵]. در زمینه مقایسه روش‌های وزن‌دهی به لایه‌های مکان‌یابی می‌توان به مطالعات Yang Manlun اشاره کرد [۱۰]. روزبه شاد نیز در خلال مطالعات خود در زمینه مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی به مقایسه روش‌های مختلف تلفیق لایه‌ها پرداخت [۱]. از مهمترین تفاوت‌های این تحقیق با سایر تحقیقات انجام شده در این زمینه می‌توان به استفاده از تابع Network Analyze به جای تابع Buffer برای محاسبه فاصله و مقایسه همزمان روش‌های مختلف وزندهی لایه‌ها و تلفیق آنها اشاره کرد.

۲- روش اجرای تحقیق

به منظور مکان‌یابی پارکینگ در GIS ابتدا می‌بایست منطقه مورد مطالعه و سپس پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی پارکینگ، تعیین شود. در ادامه، این پارامترها وزندهی و لایه‌های اطلاعاتی با توجه به وزن‌های محاسبه شده و توابع تحلیلی GIS آماده می‌شوند. سپس لایه‌های آماده شده با یکدیگر تلفیق می‌شوند. از آنجایی که روش‌های مختلفی برای وزندهی و تلفیق لایه‌ها وجود دارد، در این تحقیق پارامترها به روش‌های مختلف وزندهی شده و لایه‌های آماده شده به روش‌های مختلف با یکدیگر تلفیق شده‌اند. به این ترتیب سناریوهای متعددی برای مکان‌یابی پارکینگ ایجاد شده و نتایج هر یک از این سناریوها با یکدیگر مقایسه شده و در نهایت مکان مناسب و روش وزندهی و روش تلفیق مناسب انتخاب شده است. شکل (۱) مراحل مختلف اجرای تحقیق را نشان می‌دهد [۳] .

www.SID.ir

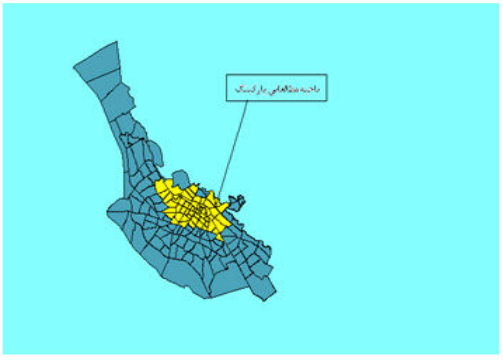
Archive of SID



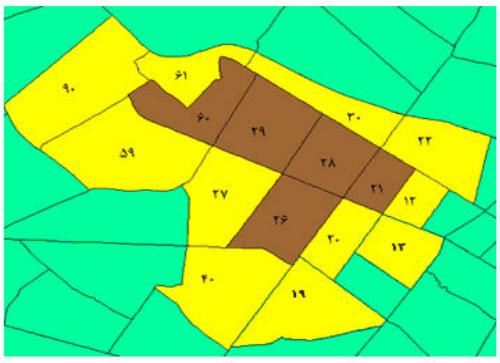
شکل ۱- مراحل مکان‌یابی پارکینگ با استفاده از GIS

۳- انتخاب منطقه مورد مطالعه برای مکان‌یابی پارکینگ

هم‌جواری شیراز با شهرهای جنوبی ایران که اکثرا از لحاظ امکانات، شهرهای محرومی هستند باعث تبدیل شدن شیراز بعنوان مرکز تجاری و خدماتی جنوب ایران شده است. این امر مهاجرت بی‌رویه به شیراز را به همراه داشته است. از طرفی وجود مراکز توریستی و تاریخی زیاد در این شهر باعث شده است که سالانه پذیرای میلیون‌ها مسافر باشد که این عوامل باعث ایجاد مشکلات ترافیکی و کمبود برخی مراکز خدماتی از جمله پارکینگ شده است. شیراز شامل ۱۵۶ ناحیه ترافیکی می‌باشد که بر اساس مطالعات جامع حمل و نقل، نواحی ۲۱، ۲۶، ۲۸، ۲۹ و ۶۰ ترافیکی شهر شیراز بیشترین نیاز را به احداث پارکینگ عمومی دارند. به همین جهت در این تحقیق این نواحی به عنوان مناطق مطالعاتی انتخاب شده‌اند. لازم به ذکر است که نواحی ترافیکی اطراف این ۵ ناحیه نیازی به احداث پارکینگ ندارند لذا در مکانیابی پارکینگ در این ۵ ناحیه تأثیری نخواهند داشت. در مطالعات جامع حمل و نقل، کمبود پارکینگ بر اساس اختلاف عرضه و تقاضای پارکینگ در نواحی ترافیکی محاسبه شده است. در مجموع میزان کمبود پارکینگ در نواحی ذکر شده برابر ۷۷۱۰ فضای پارک می‌باشد [۵]. شکل (۲) نواحی ترافیکی و نواحی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



الف



ب

شکل۲- الف) نواحی ترافیکی و مطالعاتی پارکینگ شیراز
ب) نواحی مطالعاتی پارکینگ این تحقیق و نواحی اطراف آن

www.SID.ir

Archive of SID

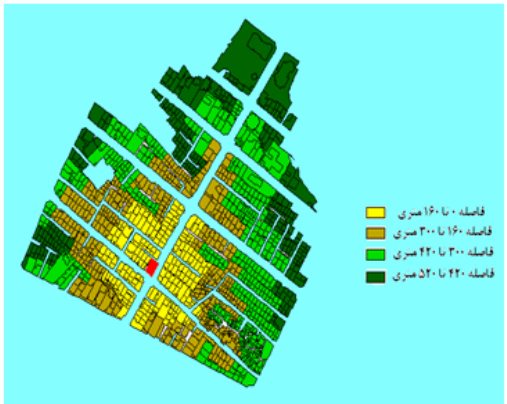
۴- تعیین فاکتورهای مؤثر در مکان‌یابی پارکینگ و آماده‌سازی لایه‌ها

با توجه به دیدگاه کارشناسان ترافیک و شهرسازی پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی پارکینگ درسه کلاس اصلی تقسیم شده است که هر کلاس شامل چندین زیر کلاس است [۳]. کلاس‌های اصلی عبارتند از:

- فاصله از مراکز جاذب سفر: مهمترین پارامتر در مکان‌یابی پارکینگ محسوب می‌شود که شامل زیر کلاس‌های مراکز تجاری، اداری، خدماتی، تفریحی و توریستی می‌باشد.
- ترافیک: این کلاس شامل لایهٔ خیابان‌ها با سطح دسترسی ۱، ۲، ۳ و ۴ می‌باشد که تقسیم‌بندی خیابان‌ها در ۴ سطح با توجه به ترافیک عبوری و عرض خیابان‌ها صورت گرفته است.
- ارزش ملک: این کلاس شامل لایه اطلاعاتی پلاک ساختمانی می‌باشد که هر پلاک ساختمانی به پنج دسته خیلی گران، گران، متوسط، ارزان و خیلی ارزان تقسیم‌بندی شده است.

با توجه به معیارهای تعیین شده توسط کارشناسان، داده‌های مورد نیاز در این تحقیق شامل لایه‌های خیابان‌ها و کوچه‌های شیراز (شبکه دسترسی)، نواحی ترافیکی شیراز، پلاک‌های ساختمانی و کاربری آنها و لایه ارزش ملک می‌باشد. از میان لایه‌های مورد نیاز لایه ارزش ملک و کاربری پلاک‌های ساختمانی برای شهر شیراز آماده نبود و بقیه لایه‌ها از طریق واحد GIS شهرداری شیراز تهیه گردید. کلیه لایه‌های اخذ شده از شیراز با فرمت نرم‌افزار Arcview (SHP) و در ساختار داده‌ای برداری و در مقیاس ۱/۲۰۰۰ ساختاردهی شده بودند. لایه کاربری پلاک‌ها بصورت برداشت میدانی و لایه ارزش ملک به کمک مشاوره با تعدادی از مشاورین مسکن محلی و با در نظر گرفتن کیفیت بنای هر پلاک، آماده شد. در ادامه با توجه به تراکم ترافیک عبوری از هر خیابان، خیابان‌ها و کوچه‌ها به چهار دسته تقسیم شدند و برای هر دسته وزنی تعیین شد. این وزن برای کلیه پلاک‌های ساختمانی که در مجاورت این خیابان‌ها و کوچه‌ها قرار دارند بعنوان وزن آن پلاک در مکان‌یابی پارکینگ با توجه به ترافیک، در نظر گرفته شد. بدین معنی که در این لایه، پلاک‌هایی که در مجاورت خیابان‌هایی با تراکم ترافیکی بالایی قرار دارند وزن کمتری برای احداث پارکینگ دارند. برای آماده کردن لایه فاصله از مراکز جاذب سفر، ابتدا فواصل پیاده‌روی از مراکز تجاری، اداری و خدماتی با توجه به نظرات کارشناسان تقسیم‌بندی و وزندهی شد. سپس با استفاده از تابع Network Analyst در نرم‌افزار Arcview فواصل پیاده‌روی هر پلاک از مراکز جاذب سفر محاسبه گردید و با توجه به وزن‌های تعیین شده ارزش هر پلاک برای احداث پارکینگ با توجه به معیار فاصله از مراکز جاذب سفر مشخص گردید. پلاک‌های نزدیک مراکز جذب سفر ارزش بیشتری می‌گیرند. یکی از مهمترین تفاوت‌های این تحقیق با سایر تحقیقات انجام شده در این زمینه استفاده از تابع Network Analyst به جای تابع Buffer برای محاسبه فاصله می‌باشد. شکل (۳) لایه‌های، دو نمونه از مراکز جاذب سفر را نشان می‌دهد. به این ترتیب سه لایه اصلی آماده تلفیق با یکدیگر شدند. در این مرحله لایه کاربری نامناسب شامل مساجد، مراکز تجاری عمده، مراکز تاریخی و بیمارستان‌ها نیز آماده گردید زیرا پلاک‌های موجود در این لایه ارزشی در مکان‌یابی پارکینگ ندارند.

الف



ب

شکل۳- لایه فاصله از مراکز تجاری و اداری
الف)مرکز تجاری ب) مرکز اداری

www.SID.ir

Archive of SID

۵- وزندهی به معیارها و زیرمعیارها

از مشکلات رایج در تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، اهمیت متفاوت معیارها و زیرمعیارها برای تصمیم‌گیران است از این‌رو اطلاعاتی در مورد اهمیت نسبی هر یک از این معیارها و زیرمعیارها نسبت به هم مورد نیاز است. استخراج و تعیین وزن، گامی مهم در استخراج معیارهای تصمیم‌گیری است. وزن داده شده به صورت یک عدد در ارزیابی دخالت داده می‌شود که این عدد بیانگر اهمیت نسبی آن معیار نسبت به سایر معیارها می‌باشد. معمولاً وزن‌ها به صورتی که مجموع آنها برابر یک باشد، نرمالیزه می‌شوند. روش‌های وزندهی مختلفی جهت ارزیابی اهمیت معیارها وجود دارد که تفاوت این روش‌ها در اصول تئوری، دقت و سهولت کاربرد آنها برای تصمیم‌گیران می‌باشد. روش‌های وزندهی که در این تحقیق استفاده شده است شامل روشهای رتبه‌ای و AHP[1] (فرآیند تحلیل سلسله مراتبی) می‌باشد که خود این روش‌ها به شیوه‌های مختلفی اجرا می‌شوند. در این تحقیق به تعدادی از آنها و نتایج وزندهی به پارامترهای مکان‌یابی پارکینگ با استفاده از این روش‌ها اشاره شده است. در این تحقیق فقط نتایج وزندهی به سه لایه اصلی آورده شده است [۷].

۵-۱- روش رتبه‌ای

ساده‌ترین روش برای ارزیابی وزن معیارها، مرتب سازی و رتبه‌بندی آنها بر اساس اهمیت و اولویت‌های تصمیم گیرنده است. در این روش، رتبه‌بندی به دو صورت امکان‌پذیر است که شامل رتبه‌بندی صعودی (اهمیت برتر= ۱، اهمیت دوم= ۲ و ...) و رتبه‌بندی معکوس (کم اهمیت‌ترین = ۱، کم اهمیت بعدی = ۲ و ...) می‌باشد. این رتبه‌بندی جهت انجام آنالیزهای بعدی مناسب نبوده و لازم است که برای هر معیار یک وزن عددی نرمال تعلق گیرد. در روش رتبه‌ای برای تبدیل رتبه‌بندی به وزن عددی نرمال، روش‌های مختلفی وجود دارد که فرمول‌های مربوط به این روش‌ها در ادامه آورده شده است.

روش مجموع رتبه

وزن‌ها در روش مجموع رتبه مطابق رابطهٔ (۱) محاسبه می‌شوند:

$$w_j = \frac{n - r_j + 1}{\sum_{k=1}^{n}(n - r_k + 1)} \qquad (۱)$$

که w_j وزن نرمال شده برای معیار j ام، n تعداد معیارهای تحت بررسی و r_j موقعیت رتبه معیار است. در این روش ابتدا به هر معیاری وزنی داده شده ($n - r_j + 1$) و سپس توسط مجموع تمامی وزن‌ها که برابر $\sum_{k=1}^{n}(n - r_k + 1)$ است، نرمال می‌شود.

روش معکوس رتبه

در روش معکوس رتبه، از معکوس نرمال شده رتبه معیارها در وزندهی استفاده می‌شود که در این روش برای محاسبه وزن‌ها از رابطه (۲) استفاده می شود:

$$w_j = \frac{1/r_j}{\sum_{k=1}^{n}(1/r_k)} \qquad (۲)$$

پارمترهای w_j و r_j و n مانند روش قبلی به ترتیب معرف وزن نرمال شده، موقعیت رتبه معیار و تعداد معیارهای تحت بررسی می‌باشد.

روش به توان رساندن رتبه

در این روش وزن هر معیار مطابق رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$w_j = \frac{(n - r_j + 1)^p}{\sum_{k=1}^{n}(n - r_k + 1)^p} \qquad (۳)$$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود در این رابطه پارامتر P مجهول است و بایستی تعیین گردد. لذا به منظور محاسبه P بایستی با توجه به مشخص بودن وزن مهمترین معیار، مقدار پارامتر P محاسبه شود. پس از تعیین P ، تعیین وزن‌ها برای سایر معیارها امکان پذیر است. در حالت P=0 رابطهٔ (۳) وزن‌های یکسانی را برای معیارهای ارزیابی اختصاص می‌دهد. برای P=1 نتایج این روش معادل وزن‌های روش مجموع رتبه است. با افزایش P، وزن‌های نرمال شده کمتر می‌شوند [۷].

[1] Analytic Hierarchy Process

www.SID.ir

Archive of SID

روش همبستگی آماری

در سه روش قبلی وزن‌های محاسبه شده هیچگونه انعطافی ندارند یعنی اگر دو مساله متفاوت که در هر دو ۵ معیار مختلف مؤثر باشند را به یکی از روش‌های بالا وزندهی کنیم مقادیر وزنهای معیارها در هر دو مساله با هم برابر خواهد بود به عبارت دیگر مقادیر وزن‌ها ارتباطی به پارامترها ندارند فقط به رتبه و تعداد آنها وابسته است. ولی در روش همبستگی آماری علاوه بر رتبه معیارها، درصد نظرات کارشناسی برای رتبه معیارها نیز در مقدار وزن معیارها مؤثر است. بدین صورت که از تعدادی کارشناس خواسته می‌شود که معیارهای مورد نظر را مطابق با دانش خود، رتبه‌بندی نمایند. سپس با جمع‌بندی نظر تمام کارشناسان، ماتریسی تشکیل می‌گردد که درایه a_{ij} آن بیانگر درصدی از کارشناسان است که به پارامتر i رتبه j ام داده‌اند. در ادامه این ماتریس در ماتریس رتبه‌بندی معیارها (ماتریسی سطری که عنصر i ام آن رتبه معیار i ام را نشان می‌دهد) ضرب می‌شود. وزن نهایی معیارها برابر حاصلضرب این ماتریس‌ها خواهد بود.

در این تحقیق از روش همبستگی آماری جهت محاسبه بردار وزن استفاده شده است زیرا در سه روش قبلی هیچگونه انعطافی برای محاسبه بردار وزن معیارها وجود ندارد. بدین منظور از نظرات ۱۴ کارشناس برای رتبه بندی پارامترها استفاده گردید. در جدول (۱) نتایج وزندهی به لایه‌های مکان‌یابی به روش همبستگی آماری آورده شده است [۷].

جدول ۱- نتایج وزندهی به روش همبستگی آماری

پارامتر	فاصله از مراکز جاذب سفر	ترافیک	ارزش ملک
وزن	۰/۵	۰/۲۸	۰/۲۲

۵-۲- روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

این روش بر اساس نحوه تحلیل انسان از مسائل فازی توسط Saaty پیشنهاد گردید [۴]. روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی مبتنی بر سه اصل تجزیه، قضاوت مقایسه‌ای و ترکیب اولویت‌ها می‌باشد. اصل تجزیه نیاز به تجزیه مسائل تصمیم‌گیری به عناصر مختلف به صورت سلسله مراتبی را دارد. یعنی مرحله اول ایجاد ساختار درختی برای معیارها و زیرمعیارها است. اصل قضاوت مقایسه‌ای نیز به مقایسه دوتایی عناصر موجود در یک سطح ساختار سلسله مراتبی اشاره دارد به این ترتیب که عناصر هر سطح نسبت به عناصر همان سطح به صورت دوتایی بر اساس جدول (۲) مقایسه شده و اهمیت نسبی آنها محاسبه می‌شود. این وزنها می‌تواند به صورت فردی محاسبه شده باشد و یا تلفیقی از قضاوت کارشناسان باشد که در این حالت جهت ترکیب نظرات مختلف کارشناسان، جواب‌ها با استفاده از میانگین هندسی تبدیل به یک جواب می‌شود [۴]. بعد از انجام مقایسه دوتایی و استفاده از میانگین هندسی برای میانگین‌گیری از نظرات کارشناسان، اعداد مقایسه دوتایی حاصل در قالب ماتریسی با عنوان ماتریس مقایسه آورده می‌شود. در این ماتریس درایه a_{ij} نتیجه مقایسه معیار i ام با معیارj ام با توجه به جدول (۲) می‌باشد [۴].

جدول ۲: مقدار عددی قضاوتها

اهمیت یک معیار نسبت به دیگری	کاملاً مهمتر	مطلوبیت خیلی قوی	مطلوبیت قوی	کمی مهمتر	مطلوبیت یکسان	مطلوبیت بین فواصل قبلی
مقدار عددی	۹	۷	۵	۳	۱	۲ و ۴ و ۶ و ۸

در ادامه مقادیر ویژه ماتریس مقایسه محاسبه شده و سپس با استفاده از رابطه (۴) بردار وزن محاسبه می‌شود.

$$\{(A-\max\lambda\times I)\times W=0\} \qquad (۴)$$

در این رابطه I ماتریس همانی و W بردار وزن معیارها و A ماتریس مقایسه و λ مقادیر ویژه این ماتریس می‌باشد. امروزه این روش تحت عنوان AHP nine-degree مورد استفاده قرار می‌گیرد. مشکلات موجود در این روش باعث بوجود آمدن روش‌های جدید AHP گردید. در ادامه این تحقیق روش‌های جدید AHP و علت بوجود آمدن این روش‌ها و نتایج وزن‌دهی به لایه‌های مکان‌یابی پارکینگ با استفاده از این روش‌ها آورده شده است.

۵-۲-۱- روش تحلیل سلسله مراتبی فازی Fuzzy AHP

یکی از مشکلات اساسی در روش معمول AHP اعتماد کامل به نظرات کارشناسی می‌باشد. از این‌رو در این روش به

www.SID.ir

Archive of SID

نظرات کارشناسان یک عدد اختصاص داده می‌شود. در صورتی‌که در روش Fuzzy این مشکل رفع شده و نظر کارشناسان بصورت بازه‌ای از اعداد، که نشانگر عدم اعتماد کامل به نظر کارشناسی می‌باشد، وارد فرآیند وزن‌دهی می‌شود که از آنها به عنوان اعداد فازی مثلثی یاد می‌شود که شامل سه عدد وزن متوالی از جدول (۲) می‌باشند [۶]. در این روش بردار وزن با استفاده از رابطهٔ (۵) قابل محاسبه می‌باشد.

$$\left\{\begin{array}{l}(m_{ij}-l_{ij})\times\lambda\times w_j-w_i+l_{ij}\times w_j\le 0, i=1,..n-1; j=2,..n, j\rangle i\\ (u_{ij}-m_{ij})\times\lambda\times w_j-w_i+u_{ij}\times w_j\le 0, i=1,..n-1; j=2,..n, j\rangle i\\ \sum w_i=1, w_i\rangle 0, i=1,2,..n\end{array}\right\} \quad (۵)$$

در رابطهٔ (۵) w_i و w_j وزن‌های محاسبه شده برای دو پارامتر i وj هستند که از روش AHP nine-degree بدست می‌آیند. $l_{ij}\langle m_{ij}\langle u_{ij}$ سه عدد متوالی از جدول (۲) هستند که نتیجه مقایسه دو پارامتر i و j توسط کارشناسان می‌باشند. بردار وزن حاصله برای پارامترهای مکان‌یابی پارکینگ با استفاده از این روش مطابق جدول (۳) می‌باشد.

جدول ۳- نتایج وزندهی به روش Fuzzy AHP

ارزش ملک	سطح دسترسی	فاصله از مراکز جاذب سفر	پارامتر
۰/۲۱۸	۰/۲۴۲	۰/۵۴	وزن

۵-۲-۲- روش تحلیل سلسله مراتبی ۳ درجه‌ای AHP three-degree

یکی دیگر از مشکلات روش ۹ درجه‌ای این است که کارشناسانی که مورد سوال قرار می‌گیرند بایستی در هر سوال، تبحر کافی برای انتخاب یکی از ۹ درجه را داشته باشند. اما انتخاب یک عدد از بین ۹ عدد نیاز به خبرگی و مهارت در زمینه AHP دارد در صورتی که اکثر سوال شوندگان فقط در زمینه مورد سؤال خبره هستند و در مورد AHP چندان مهارتی ندارند لذا روش سه درجه‌ای پیشنهاد گردید. در این روش ماتریس مقایسه با سه عدد صفر، یک و دو پر می‌شود. در این روش صفر یعنی کم اهمیت‌تر، یک یعنی اهمیت یکسان و دو یعنی اهمیت بیشتر. در این روش بعد از ایجاد ماتریس مقایسه، ماتریس دیگری به نام ماتریس قضاوت ساختاری R ایجاد می‌شود. ماتریس R با استفاده از ماتریس مقایسه و رابطهٔ (۶) محاسبه می‌شود:

$$r_{ij}=\begin{cases}\left(\dfrac{K_i-K_j}{K_{\max}-K_{\min}}\times\left(b_m-1\right)+1\right) & (K_i\ge K_j)\\ 1/\left(\dfrac{K_i-K_j}{K_{\max}-K_{\min}}\times\left(1-b_m\right)+1\right) & (K_i\le K_j)\end{cases} \quad (۶)$$

در این رابطه r_{ij} عنصر سطر i و ستون j از ماتریس R می‌باشد K_i و K_j به ترتیب مجموع سطر i و j از ماتریس مقایسه می‌باشند. در فرمول بالا $b_m=K_{\max}+K_{\min}$ است. بعد از تشکیل ماتریس R با استفاده رابطهٔ (۴) و ماتریس R بردار وزن نرمالیزه شده بدست می‌آید [۱۱]. در جدول (۴) بردار وزن محاسبه شده با استفاده از روش AHP three-degree نشان داده شده است.

جدول ۴- نتایج وزن‌دهی به روش AHP three-degree

ارزش ملک	سطح دسترسی	فاصله از مراکز جاذب سفر	پارامتر
۰/۱	۰/۲۶	۰/۶۴	وزن

۵-۲-۳- روش تحلیل سلسله مراتبی ساختار یافته Structured AHP

از آنجایی‌که در روش ۹ درجه‌ای بین تمامی پارامترها دو به دو مقایسه صورت می‌گیرد در نتیجه با افزایش پارامترها تعداد مقایسات به سرعت افزایش می‌یابد. برای کاهش تعداد مقایسات روش ساختار یافته ارائه شد. در این روش ابتدا با یکی از روش‌های ساده، رتبه پارامترها مشخص می‌شود یعنی پارامترها از مهمترین تا کم اهمیت‌ترین پارامتر رتبه‌بندی می‌شوند. مقایسه دوتایی در این روش بین همه پارامترها انجام نمی‌گیرد بلکه فقط بین دو پارامتری که از لحاظ رتبه پشت سر هم هستند مقایسه انجام می‌گیرد به همین دلیل در پر کردن ماتریس باید پارامترها به ترتیب از مهمترین تا کم اهمیت‌ترین پارامتر با یکدیگر مقایسه شوند و به همین ترتیب نیز در ماتریس نوشته شوند. عددسازی مقایسات، دیگر مطابق جدول (۲) نیست بلکه به این صورت است که در هر سطر ماتریس مقایسه، اگر دو پارامتر هم اهمیت باشند عدد سطر قبلی در این سطر نوشته می‌شود. مقایسه یک پارامتر با خودش نتیجه ۱ را ارائه می‌دهد. اگر یکی

www.SID.ir

Archive of SID

از پارامترها کمی مهمتر از بعدی باشد عدد سطر قبل بعلاوه ۱ می‌شود و در سطر مورد نظر نوشته می‌شود و اگر یکی از پارامترها خیلی مهمتر از بعدی باشد عدد سطر قبل بعلاوه ۲ می‌شود.

عناصر نظیر در دو طرف قطر اصلی دارای وزن‌های معکوس می‌باشند. برای محاسبه بردار وزن، اعداد موجود در هر سطر ماتریس را در یکدیگر ضرب کرده و حاصلضرب به توان $1/n$ می‌رسد که n تعداد پارامترهاست. جواب حاصل، وزن پارامتر مربوط به آن سطر می‌شود البته این وزن‌ها را در پایان باید نرمالیزه کرد تا بردار وزن نهایی بدست آید [۱۰]. در جدول (۵) بردار وزن محاسبه شده با استفاده از این روش نشان داده شده است.

جدول ۵- نتایج وزندهی به روش Structured AHP

پارامتر	فاصله از مراکز جاذب سفر	سطح دسترسی	ارزش ملک
وزن	۰/۶۲	۰/۲۴	۰/۱۴

۶- سناریوهای مختلف مکان‌یابی پارکینگ

بعد از وزن‌دهی به لایه‌های مکان‌یابی به چهار روش معرفی شده در بخش ۵ و آماده کردن لایه‌های مکان‌یابی با استفاده از GIS، اکنون جهت پیدا کردن مکان‌های مناسب برای احداث پارکینگ، باید این سه لایه را با توجه به وزن‌هایشان با یکدیگر تلفیق نمود. در این تحقیق روش‌های تلفیق همپوشانی شاخص، ضرب فازی، جمع فازی و گامای فازی بعنوان روش‌های تلفیق لایه‌های مکان‌یابی پارکینگ مورد استفاده قرار گرفتند. به این ترتیب با توجه به چهار روش وزن‌دهی و چهار روش تلفیق لایه‌ها، شانزده سناریوی مکان‌یابی پارکینگ تولید شد. جدول (۶) سناریوهای ایجاد شده را نشان می‌دهد.

با اجرای هر سناریو، مکان‌های مختلف ارزش‌های متفاوتی را به خود اختصاص می‌دهند. لذا برای انتخاب مکان‌های مناسب جهت احداث پارکینگ، ابتدا باید سناریوی مناسب انتخاب شود [۱۰].

۷- انتخاب سناریوی مناسب برای مکان‌یابی

برای مقایسه سناریوها، از تعدادی از مکان‌هایی که در اکثر سناریوها ارزش بالایی دارند استفاده شد. بدین منظور هفت مکان انتخاب گردید. با بررسی سناریوهای مختلف اولویت این هفت مکان نسبت به یکدیگر در هر شانزده سناریو مشخص شد. برای داشتن معیاری که اولویت‌بندی سناریوها را بتوان با آن مقایسه کرد از نظرات کارشناسی استفاده گردید.

بدین منظور با انتخاب کارشناسان شهرداری شیراز که به موقعیت این مکان‌ها واقف بودند و تهیه جداول مقایسات دوتایی و پرسش از این کارشناسان، بین این هفت مکان اولویت‌بندی صورت گرفت. برای اینکه کارشناسان با دقت بیشتری بین این مکان‌ها مقایسات را انجام دهند ارزش و جایگاه هریک از این هفت مکان در سه لایه اصلی نیز در اختیار کارشناسان قرار داده شد.

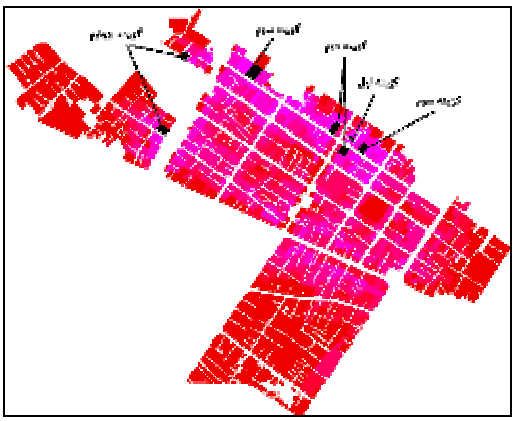
بعد از جمع‌آوری نظرات کارشناسی، نتیجه اولویت‌بندی این مکان‌ها از دیدگاه کارشناسان مشخص شد. نتیجه اولویت‌بندی کارشناسان در شکل (۴) نشان داده شده است.

جدول ۶- سناریوهای ایجاد شده

وزن‌دهی AHP S.t	وزن‌دهی AHP Th.d	وزن‌دهی F.AHP	وزن‌دهی همبستگی آماری	سناریوهای مکانیابی
سناریوی چهارم	سناریوی سوم	سناریوی دوم	سناریوی اول	روش تلفیق همپوشانی
سناریوی هشتم	سناریوی هفتم	سناریوی ششم	سناریوی پنجم	روش تلفیق ضرب فازی
سناریوی دوازدهم	سناریوی یازدهم	سناریوی دهم	سناریوی نهم	روش تلفیق جمع فازی
سناریوی شانزدهم	سناریوی پانزدهم	سناریوی چهاردهم	سناریوی سیزدهم	روش گامای فازی

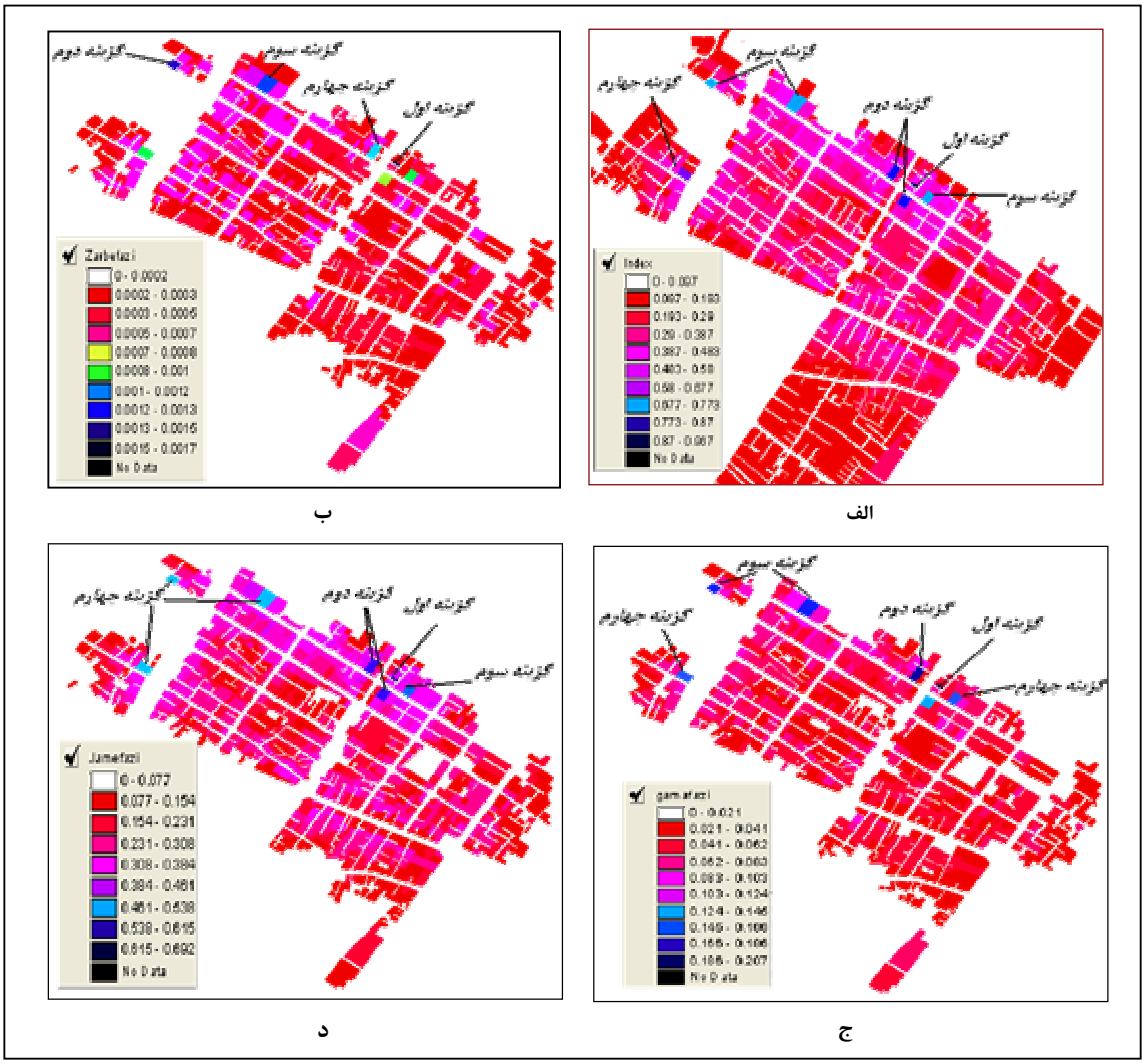
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- اولویت مکان‌های برتر با نظر کارشناسی

محل این هفت پلاک ساختمانی و ارزش واقعی هر پلاک و همچنین ترتیب اولویت‌بندی این هفت محل در چهار سناریو، در شکل (۵) دیده می‌شود. حال با توجه به اینکه اولویت‌بندی این هفت مکان در کدام سناریو نزدیکتر به اولویت‌بندی کارشناسان است، آن سناریو به عنوان سناریوی مناسب انتخاب می‌شود. از آنجایی‌که در تطابق اولویت نظر کارشناسی با اولویت سناریوها، مکان‌هایی که ارزش بالاتری دارند از اهمیت بیشتری برخوردار هستند، لذا برای تطابق در گزینه اول امتیاز ۴، برای تطابق در گزینه دوم امتیاز ۳، گزینه سوم امتیاز ۲ و گزینه چهارم امتیاز ۱ در نظر گرفته شد.



شکل ۵- الف) اولویت مکان‌ها در سناریوی دوم، ب) اولویت مکان‌ها در سناریوی ششم،
ج) اولویت مکان‌ها در سناریوی دهم، د) اولویت مکان‌ها در سناریوی چهاردهم

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به نظرات کارشناسی، مجموع امتیاز هر سناریو که بیشتر باشد آن سناریو برای مکانیابی پارکینگ مناسب‌تر می‌باشد. جدول (۷) نتیجه مقایسه اولویت‌بندی شانزده سناریو را با اولویت‌بندی کارشناسان نشان می‌دهد.

جدول ۷- نتیجه مقایسه اولویت‌بندی سناریوها با اولویت‌بندی کارشناسان

شماره سناریو	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
امتیاز	۱۴	۱۵	۱۳	۱۳	۷	۶	۶	۶
شماره سناریو	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
امتیاز	۱۰	۱۰	۹	۹	۱۲	۱۴	۱۱	۱۱

برای تلفیق به روش گامای فازی، نیاز به انتخاب گامای مناسب است که بدین منظور پس از انجام تلفیق با چند گامای مختلف دیده شد که گامای ۰/۷ بیشترین شباهت را به نظرات کارشناسی دارد. از اینرو سناریوهای ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶ با گامای ۰/۷ تلفیق شدند.

با توجه به جدول(۷)، دیده می‌شود که سناریوی ۲ از مجموع ۱۶ امتیاز ممکن، با ۱۵ امتیاز دارای بالاترین امتیاز می‌باشد. از اینرو با توجه به نظرات کارشناسی، روش تلفیق همپوشانی شاخص بهترین روش تلفیق بوده و وزن‌های حاصل از روش Fuzzy AHP مناسب‌ترین وزن‌ها برای پارامترهای مکان‌یابی پارکینگ بشمار می‌آیند.

۸ – نتیجه‌گیری

در حال حاضر مکان‌یابی پارکینگ، به روش سنتی انجام می‌گیرد که عدم توانایی در بکارگیری کلیه پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی به طور همزمان از مهمترین معایب آن محسوب می‌گردد که این موضوع باعث عدم کارایی مناسب پارکینگ‌های احداث شده می‌شود. از این‌رو تمایل به استفاده از ابزارهایی مناسب، که توانایی تلفیق تعداد زیادی پارامتر مکانی را بصورت همزمان دارند مانند GIS، روز به روز افزایش می‌یابد. یکی از مهمترین مراحل کاری در این زمینه فرآیند وزندهی به پارامترها و تلفیق لایه‌ها می‌باشد. روش‌های مختلف برای وزندهی و تلفیق لایه‌ها وجود دارد که هر یک منجر به نتایج متفاوت می‌شود.

مهمترین نتایج این تحقیق، به شرح زیر می‌باشد:

- بکارگیری GIS در مکانیابی پارکینگ‌ها باعث افزایش کارایی پارکینگ‌های احداث شده می‌شود.
- استفاده از تابع Network Analyze به جای تابع Buffer برای محاسبه فاصله در مسایل شهری باعث افزایش صحت در اندازه‌گیری فاصله می‌شود.
- روش‌های وزندهی رتبه‌ای بعلت نداشتن ساختار تئوری قوی، دقت کمتری نسبت به روش‌های AHP دارند. کاربرد این روش وزندهی بیشتر بعلت سهولت وزندهی و سرعت عمل در این روش می‌باشد.
- از میان روش‌های AHP روش فازی دارای بیشترین دقت و انعطاف می‌باشد. اما با افزایش پارامترها، مقایسات دوتایی بسرعت بیشتر شده و از دقت کار کاسته می‌شود. روش‌های سه درجه‌ای و ساختار یافته در مواردی که تعداد پارامترها زیاد هستند کارکرد مناسب‌تری نسبت به روش فازی دارند.

بعلت مستقل بودن پارامترهای مکان‌یابی پارکینگ از یکدیگر، روش تلفیق هم‌پوشانی شاخص نسبت به روش‌های تلفیق دیگر، منجر به نتایج مطلوب‌تری می‌شود.

مراجع

[۱] شاد، روزبه، مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی با استفاده از GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده نقشه‌برداری دانشگاه خواجه‌نصیرالدین طوسی، ۱۳۸۳.

[۲] فرهادی، رودابه، مکانیابی مدارس با استفاده از GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۹

[۳] قاضی عسکر نایینی، آرمان، مکان‌یابی پارکینگ با استفاده از GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه بهشتی، ۱۳۸۳.

[۴] قدسی‌پور، سید حسن، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، ۱۳۸۱

[۵] گزارش مطالعات جامع حمل و نقل شهری شیراز، کتاب چهارم مطالعات پارکینگ، ۱۳۷۹.

[6] C. M. Tam, Thomas K. L. Tong (2003). Comparing non Structural Fuzzy Decision Support System and AHP in Decision Making for Construction Problems.from world wide web: www.elsevier.com/locate/ejor.

[7] Malczewski, J. (1999). GIS and Multi Criteria Decision Analysis. 1th edition. John Wiley & Sons INC.

www.SID.ir

Archive of SID

[8] Sharifi , A .and M . v. Herwijnen (2003). Spatial Decision Support Systems. ITC.

[9] Weant, R. A. (1978). Parking Garage Planning and Operation. ENO Foundation for Transportation INC.

[10] Yang Manlun (2005). Suitability Analysis f Urban Green Space System. M.S.c Thesis . ITC.

[11] Xu , Z (1999). Urban Environment Planning. Wuhan Technical University of Surveying and Mapping Press.(in Chinese).

www.SID.ir