Arshive of SID

مدیریت تولید و عملیات، دوره هفتم، شماره (۲)، پیاپی(۱۳)، پاییز و زمستان ۱۳۹۵
دریافت:۹۲/۹/۲۸ پذیرش: ۹۳/۱۰/۱۰
صص: ۱۰۴-۸۳

یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی غیرحاشیه‌ای (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ مرکزی شهر اصفهان)

مهدی اسکندری[۱]، علی شاهنده[۲*]، نادر شتاب بوشهری[۳]

۱- کارشناس ارشد- دانشکدهٔ مهندسی صنایع - دانشگاه صنعتی اصفهان – اصفهان - ایران
۲- دانشیار- دانشکدهٔ مهندسی صنایع - دانشگاه صنعتی اصفهان – اصفهان – ایران
۳- دانشیار- دانشکدهٔ مهندسی صنایع - دانشگاه صنعتی اصفهان – اصفهان – ایران

چکیده

با توجه به افزایش جمعیت و رشد ناموزون شهرها از یک طرف و افزایش خودروها از طرف دیگر به‌منظور کاهش ازدحام ترافیکی در مناطق مرکزی شهرها، احداث پارکینگ‌های غیرحاشیه‌ای به‌عنوان یکی از راهکارهای مؤثر، می‌تواند مدنظر قرار گیرد. احداث این تسهیلات درصورتی‌که با مدیریت، ترافیک با کاهش حجم پارک حاشیه‌ای همراه شود، سبب افزایش عرض مفید خیابان‌ها و روان‌تر شدن ترافیک خواهد شد. ازآنجایی‌که ایجاد پارکینگ‌های عمومی مستلزم صرف هزینه‌های زیاد است، لذا تعیین مکان بهینه آن‌ها به شیوه‌ای که همهٔ شهروندان به‌نحو مؤثر از آن بهره‌مند شوند، ضروری است. در این مقاله با استفاده از تئوری مکان‌یابی یک مدل ریاضی چندهدفه شامل: بیشینه‌کردن تقاضای پوشش‌یافته، کمینه‌کردن فاصلهٔ پیاده‌روی و هزینه‌های مختلف، برای مکان‌یابی پارکینگ‌های غیرحاشیه‌ای عمومی ارائه شد. در این تحقیق فاصلهٔ پوشش پارکینگ‌ها به‌صورت غیرقطعی فرض شد و انواع مختلف پارکینگ‌ها مدنظر قرار گرفت. درنهایت، مدل پیشنهادی بر روی دو ناحیه از نواحی ترافیکی محدودهٔ مرکزی شهر اصفهان، پس از برداشت اطلاعات موردنیاز، اجرا شد. سپس به‌منظور حل مدل چندهدفهٔ ارائه شده، از روش ε-محدودیت استفاده شد که جواب‌ها، تأیید کارشناسان حمل‌ونقل شهری را به همراه داشت.

واژه‌های کلیدی: پارکینگ‌های عمومی، تصمیم‌گیری چندهدفه، شهر اصفهان، مکان‌یابی تسهیلات، مدل‌سازی ریاضی.

* نویسنده مسئول ali-nook@cc.iut.ac.ir

www.SID.ir

Arshive of SID

مقدمه

رشد شهرنشینی و تمرکز فعالیت های شهری در مراکز شهرها، پویایی بیش از پیش زندگی در شهرهای بزرگ، نیاز شهروندان به جابه جایی سریع و تعدد مبادی و مقاصد در جابه‌جایی‌های روزمره و عدم پاسخگویی و کارایی سیستم حمل ونقل عمومی، از جمله عوامل شکل‌گیری ازدحام ترافیکی در کلان شهرها هستند. همچنین، کاهش ظرفیت معابر به‌علت پارک حاشیه‌ای[1]، حرکت نامنظم وکند خودروهایی که به دنبال فضای مناسب برای پارک هستند و توقف های حاصل از ورود یا خروج یک خودرو به پارک حاشیهٔ خیابان در تشدید کندی ترافیک معابر مؤثر هستند. از جمله راه‌کارها جهت کاهش ازدحام ترافیکی استفاده از پارکینگ‌های غیرحاشیه‌ای[2] است (مختاری ملک آبادی، ۱۳۸۸).

پارکینگ‌های غیرحاشیه‌ای مانند هر تسهیل دیگری نیاز به مکانی برای استقرار دارند که مسلماً با مکان‌یابی درست و منطقی علاوه‌بر تأثیر در کاهش ترافیک، می‌توانند بهره‌وری هر چه بیشتر این تسهیلات را نیز تضمین کنند.

در مسئلهٔ مکان‌یابی پارکینگْ ذی‌نفعان مختلفی(نظیر دولت یا شهرداری، سرمایه‌گذاران و مردم یا کاربران پارکینگ‌ها) وجود دارند که هر یک از آن‌ها دارای اهداف متفاوتی هستند؛ گاه اهداف این گروه‌ها همسو نیست، لذا لازم است راه‌حلی ارائه شود که رضایت نسبی تمام ذی‌نفعان را فراهم کند.

پارکینگ های غیرحاشیه ای دارای انواع مختلفی نظیر پارکینگ هم سطح، طبقاتی، زیرزمینی، بامی و مکانیکی، هستند (شاهی، ۱۳۹۰) که هزینهٔ استقرار و ظرفیت هر یک از آن‌ها متفاوت است؛ به‌همین‌دلیل باید در مکان‌یابی پارکینگ به نوع پارکینگ انتخابی نیز توجه شود. هدف این تحقیق تعیین بهترین مکان‌ها برای استقرار تعدادی پارکینگ غیرحاشیه‌ای از بین نقاط کاندید و تعیین نوع بهینهٔ پارکینگ‌ها، با درنظرگرفتن پارکینگ های موجود، است، به‌نحوی‌که بیشترین تقاضای پارکینگ پوشش داده شده و ضمناً هزینه‌های مترتبه و فاصله پیاده‌روی نیز کمینه شود.

در ادامه، بعد از مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینهٔ مکان‌یابی پارکینگ‌های غیرحاشیه‌ای، فرضیات مسئلهٔ مدنظر و روند مدل‌سازی آن تشریح می‌شود. در بخش بعدی، میزان کمبود فضای پارکینگ برای نواحی ترافیکی منطقهٔ مرکزی شهر اصفهان مشخص شده، نحوهٔ جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، پیاده سازی و نتایج حاصل از مدل برای دو ناحیه از نواحی ذکرشده، آورده شده است. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری نیز در بخش پنجم ارائه خواهد شد.

مروری بر ادبیات موضوع

مکان‌یابی تسهیلات[3] یکی از زمینه‌هایی است که پژوهشگران رشته‌های مختلف به آن توجه کرده‌اند. یکی از این تسهیلات شهری که به‌دلیل اهمیت و تأثیرگذاری، بسیار درخور توجه است، پارکینگ های غیرحاشیه‌ای است. در زمینه مکان‌یابی تسهیلات پارکینگ غیرحاشیه‌ای مطالعات متعددی انجام شده که اغلب آن‌ها بر پایهٔ سیستم اطلاعات جغرافیایی[4] و تحلیل سلسله‌مراتبی[5] بوده است.

قنبری و قاضی‌عسکر نایینی با درنظرگرفتن ۵ معیارِ فاصله از مراکز جذب سفر، نزدیکی به خیابانِ‌های با سطح دسترسی بالا، کاربری مناسب برای پارکینگ، ارزش ملک و تراکم جمعیت ساکن

www.SID.ir

Arshive of SID

نسبت به شناسایی مکان‌های مناسب پارکینگ اقدام کرده‌اند.

بر اساس مقایسهٔ زوجی وزن هر یک از این معیارها محاسبه شده است. سپس به‌دلیل ترکیب لایه‌های اطلاعاتی از سه روش بولین، وزن‌دهی چندگانه و منطق فازی بهره گرفته شده و نقشهٔ مطلوبیت با استفاده از هر کدام از این روش‌ها تهیه گردیده که از بین این روش‌ها منطق فازی بهترین نتایج را فراهم کرده است (قنبری و قاضی‌عسکر نایینی، ۱۳۹۰). سایر تحقیقاتی که بر اساس سیستم اطلاعات جغرافیایی به مکان‌یابی پارکینگ پرداخته‌اند، تنها با تغییر معیارها و روش ترکیب لایه ها انجام شده‌اند (متکان و همکاران، ۱۳۸۸ و عباسی کلکانی و سیدحسینی، ۱۳۹۰).

تعدادی از تحقیقات نیز به رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی را توجه کرده‌اند. مینگ وی[۶] (۲۰۰۳) فرض کرده است تقاضای پارکینگ وابسته به زمان است و قرار است p پارکینگ جدید در زمان های از قبل تعیین شده، مستقر شوند، لذا هدف پیدا کردن بهترین مکان برای این پارکینگ‌هاست.

در مطالعهٔ مینگ چیو[۷] (۲۰۰۵)، دو تابع هدف در نظر گرفته شده است: تابع هدف اول، بیشینه کردن تقاضای برآورده شده با تسهیلات (بیشینه کردن بهره‌وری تسهیلات) و تابع دوم هدف هم به دنبال کمینه کردن کل هزینهٔ اجتماعی شامل: هزینهٔ ساخت، هزینهٔ عملیاتی و نگهداری برای اپراتورها، هزینهٔ پیاده‌روی برای کاربران، هزینهٔ کاهش آلودگی هوا و سروصدا برای تمام مردم و هزینهٔ جریمه برای تقاضاهای برآورده نشده، است.

وانگ[۸] و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعهٔ خود تعیین بهترین مکان ها برای تسهیلات پارکینگ عمومی با هدف کمینه‌کردن هزینهٔ کرایه و کل فاصلهٔ وزن‌دار بین تسهیلات پارکینگ و نقاط تقاضا را دنبال کردند؛ در این پژوهش تعداد تسهیلات پارکینگ نامشخص فرض شده ولی سعی شده است تا با حداقل تعداد تسهیلات، کل تقاضای پارکینگ برآورده شود.

در اغلب مطالعات گذشته از یک تابع هدف استفاده شده است که با توجه به ماهیت مسئلهٔ مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی و به‌دلیل جلب رضایت ذی‌نفعان مختلف لازم است از تابع هدف چندگانه بهره برده شود. همچنین در مطالعات انجام‌شده در زمینهٔ مکان‌یابی تسهیلات پارکینگ، اغلب پارامترها قطعی فرض شده‌اند که در واقعیت این‌طور نیست. علاوه‌براین به پارکینگ‌های موجود نیز توجه نشده است.

تعریف مسئله و مدل‌سازی

در این تحقیق فرض می‌شود بخشی از شبکهٔ حمل‌ونقل شهری دارای تعدادی نقطهٔ تقاضای پارکینگ (کاربری‌ها و تسهیلاتی که جذب سفر می‌کنند) و نقطهٔ کاندید جهت استقرار پارکینگ است. ضمناً در هر نقطهٔ کاندیدْ هر نوع پارکینگ امکان استقرار دارد که متناسب با هر نوع، نقطه کاندید می‌تواند ظرفیت و هزینهٔ متفاوتی پیدا کند. همچنین فرض می شود فاصلهٔ پوشش تسهیلات پارکینگ به‌صورت قطعی نیست. علاوه‌بر فرضیات مطرح‌شده، فرض‌های زیر نیز در این تحقیق در نظر گرفته شده‌اند:

– فاصلهٔ بین نقاط تقاضا و نقاط کاندید بر مبنای فاصلهٔ پیاده‌روی و براساس فواصل مراکز ثقلی این نقاط محاسبه می‌شود.

www.SID.ir

Arshive of SID

– فاصلهٔ بین نقاط تقاضا و نقاط کاندید برابر با کوتاه‌ترین مسیر بر روی شبکه در نظر گرفته می‌شود.

– تعدادی پارکینگ از قبل در منطقه وجود دارد.

۱- نمادگذاری

نمادهای به‌کاررفته در این مسئله به شرح ذیل است:

ورودی‌ها:

I: مجموعه‌نقاط تقاضای پارکینگ که با اندیس i مشخص می‌شود.

J: مجموعه‌نقاط کاندید استقرار پارکینگ که با اندیس j مشخص می‌شود.

P: مجموعهٔ انواع پارکینگ که با اندیس p مشخص می‌شود.

d_{ij}: فاصلهٔ نقطه تقاضا i از نقطهٔل کاندید j

u_{ij}: مطلوبیت نقطهٔ کاندید j برای نقطهٔ تقاضای i

D_i: میزان تقاضای پارکینگ در نقطهٔ i

b_{jp}: ظرفیت نقطهٔ کاندید j در صورت استقرار پارکینگ نوع p

ec_{jp}: هزینهٔ کل احداث پارکینگ در نقطهٔ کاندید j در صورت استقرار پارکینگ نوع p

oc_p: هزینهٔ سالیانه عملیاتی و نگهداری هر واحد پارکینگ نوع p

pc: هزینهٔ سالیانهٔ جریمه به ازای هر واحد تقاضای برآورده‌نشده

Dc_1: فاصلهٔ پوشش اولیه

Dc_2: حداکثر فاصلهٔ پوشش

n: تعداد پارکینگ‌های جدید

متغیرهای تصمیم:

y_{jp}: اگر در نقطهٔ کاندید j، پارکینگ نوع p استقرار یابد یک، وگرنه صفر می‌شود.

x_{ijp}: میزان تقاضای پارکینگ در نقطه i که پارکینگ نوع p مستقر در نقطه کاندید j آن را برآورده می‌کند.

z_i: میزان تقاضای برآورده‌نشده در نقطهٔ i

۲- توابع هدف

در این مقاله سه هدف کلی شامل بیشینه‌کردن پوشش نقاط تقاضا و کمینه‌کردن فاصلهٔ پیاده‌روی و هزینه‌های مختلف برای مسئلهٔ مکان‌یابی پارکینگ در نظر گرفته شده است.

۲-۱- بیشینه‌کردن پوشش نقاط تقاضا و کمینه‌کردن فاصله پیاده‌روی

از اهدافی که می‌تواند در مکان‌یابی پارکینگ‌های غیرحاشیه‌ای به آن توجه شود، بیشینه‌کردن پوشش[۹] است، زیرا موجب بهره‌وری بیشتر این تسهیلات خواهد شد. کمینه‌کردن فاصلهٔ پیاده‌روی یا نزدیکی به مراکز جذب سفر نیز از دیگر اهدافی است که در مکان‌یابی پارکینگ بسیار درخور توجه قرار گرفته است (قنبری و قاضی‌عسکر نایینی، ۱۳۹۰، وانگ و همکاران، ۲۰۰۸، وی، ۲۰۰۳ و چیو، ۲۰۰۵). در این تحقیق سعی شده این دو هدف با هم در نظر گرفته شوند؛ ضمن آنکه فاصلهٔ پوشش غیرقطعی فرض شده است.

بدین‌منظور، بر اساس فاصلهٔ بین نقاط تقاضا و نقاط کاندید، یک معیار مطلوبیت (u_{ij})تعریف شده که عددی بین صفر و یک است. در این تحقیق فرض

www.SID.ir

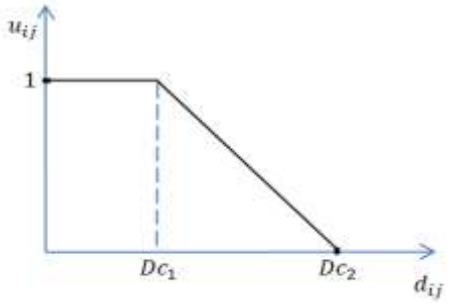
Arshive of SID

شده است که دو فاصلهٔ پوشش وجود دارد. درصورتی‌که فاصلهٔ بین نقطهٔ تقاضا و کاندید کمتر از فاصلهٔ پوشش اولیه (DC_1) باشد، معیار مطلوبیت یک بوده و هرچه فاصلهٔ بین این نقاط بیشتر شود، این معیار کاهش می‌یابد. زمانی که فاصلهٔ این نقاط از حداکثر فاصلهٔ پوشش (DC_2) بیشتر شود، معیار u_{ij} برابر صفر خواهد شد. رابطهٔ (۱) نحوهٔ محاسبه این معیار را نشان می‌دهد.

$$u_{ij}=\begin{cases}1 & d_{ij}\le Dc_1\\ f(d_{ij}) & Dc_1\le d_{ij}\le Dc_2\\ 0 & Dc_2\le d_{ij}\end{cases} \qquad (۱)$$

با فرض اینکه $f(d_{ij})$ بر اساس رابطهٔ (۲) محاسبه شود، شکل (۱)، u_{ij} را براساس فاصله‌های مختلف بین نقاط تقاضا و کاندید نشان می‌دهد.

$$f(d_{ij})=\frac{Dc_2-d_{ij}}{Dc_2-Dc_1} \qquad (۲)$$



شکل (۱) معیار مطلوبیت بر اساس فاصلهٔ بین نقاط تقاضا و کاندید

با توجه به معیار مطلوبیت، تابع هدف بیشینه‌کردن پوشش تقاضا به صورت رابطهٔ (۳) ارائه شده است. در این رابطه علاوه‌بر اینکه فاصله پوشش پارکینگ‌ها به صورت غیرقطعی فرض شده است، فاصلهٔ پیاده‌روی بین نقاط تقاضا و پارکینگ‌ها نیز کمینه می‌شود.

$$Maximize\ \ Z_1=\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{p\in P}u_{ij}x_{ijp} \qquad (۳)$$

۲-۲ کمینه‌کردن هزینه‌ها

از دیگر اهداف درخور توجه کمینه‌سازی هزینه‌ها است (قنبری و قاضی‌عسکر نایینی، ۱۳۹۰، وانگ و همکاران، ۲۰۰۸ و چیو، ۲۰۰۵). این تابع هدف بر اساس رابطهٔ (۴) محاسبه می‌شود.

$$Minimize\ \ Z_2=\sum_{j\in J}\sum_{p\in P}ec_{jp}\times y_{jp}+\sum_{j\in J}\sum_{p\in P}oc_p\times b_{jp}\times y_{jp}+\sum_{i\in I}pc\times z_i \qquad (۴)$$

دراین رابطه، جزء اولْ هزینهٔ خرید زمین و احداث پارکینگ، جزء دومْ هزینهٔ سالیانه عملیاتی و نگهداری و جزء سومْ هزینهٔ جریمه به ازایِ تقاضاهای برآورده نشده است. به‌منظور هم‌واحدکردن این اجزاء مختلف، هزینه‌ها به‌صورتِ سالیانه تبدیل شده‌اند. با فرض اینکه هزینهٔ پارکینگ براساس قیمت تمام‌شدهٔ هر واحد پارکینگ محاسبه می‌شود، لذا با کمینه‌کردن این معیار، هزینهٔ کرایه نیز حداقل خواهد شد.

۳- مدل پیشنهادی

علاوه‌بر توابع هدف ۳ و۴ محدودیت‌های زیر در مدل ریاضی پیشنهادی برای مکان‌یابی پارکینگ‌های غیرحاشیه‌ای در نظر گرفته شده اند:

www.SID.ir

Arshive of SID

$$Maximize\ Z_1 = \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{p\in P} u_{ij}x_{ijp}$$

$$Minimize\ Z_2 = \sum_{j\in J}\sum_{p\in P} ec_{jp}\times y_{jp} + \sum_{j\in J}\sum_{p\in P} oc_p \times b_{jp}\times y_{jp} + \sum_{i\in I} pc\times z_i$$

$Subject\ to$:

$$\sum_{j\in J}\sum_{p\in P} x_{ijp} + z_i = D_i \qquad \forall i\in I \tag{۵}$$

$$\sum_{i\in I} x_{ijp} \le b_{jp}y_{jp} \qquad \forall j\in J, \forall p\in P \tag{۶}$$

$$\sum_{p\in P} y_{jp} \le 1 \qquad \forall j\in J \tag{۷}$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{p\in P} y_{jp} = n \tag{۸}$$

$$y_{jp}\in\{0,1\} \qquad \forall j\in J, \forall p\in P \tag{۹}$$

$$x_{ijp}\ge 0 \qquad \forall i\in I, \forall j\in J, \forall p\in P \tag{۱۰}$$

$$z_i \ge 0 \qquad \forall i\in I \tag{۱۱}$$

رابطه (۵) تضمین می‌کند که میزان تقاضای پارکینگ هر نقطه یا به‌وسیلهٔ یکی از پارکینگ‌های جدید تأمین شده یا به عنوان تقاضای برآورده‌نشده درنظرگرفته می‌شود

محدودیت (۶) کل تقاضای تخصیص داده شده به هر پارکینگ استقرار یافته را مشخص می‌کند و همچنین اطمینان می‌دهد که میزان تقاضای تخصیص یافته به هر نقطهٔ کاندید نباید از میزان ظرفیت آن نقطه بیشتر باشد. محدودیت (۷) مشخص می‌کند که حداکثر یکی از انواع تسهیلات پارکینگ می‌تواند در هر نقطه کاندید ساخته شود. محدودیت (۸) هم تعداد تسهیلات پارکینگ جدید را بیان می‌نماید. روابط (۹) تا (۱۱) متغیرهای تصمیم مدل را نشان می‌دهند.

به‌منظور لحاظ‌کردن پارکینگ‌های موجود در مدل پیشنهادی، این پارکینگ‌ها به‌عنوان نقطهٔ کاندید در نظر گرفته شده‌اند، با این تفاوت که آن‌ها مستقرشده فرض شده‌اند. همچنین لازم است تعداد پارکینگ‌های موجود به تعداد پارکینگ‌های جدید اضافه شده، و هزینهٔ خرید زمین و احداث برای آن‌ها صفر فرض شود.

مطالعهٔ موردی (منطقهٔ مرکزی شهر اصفهان)

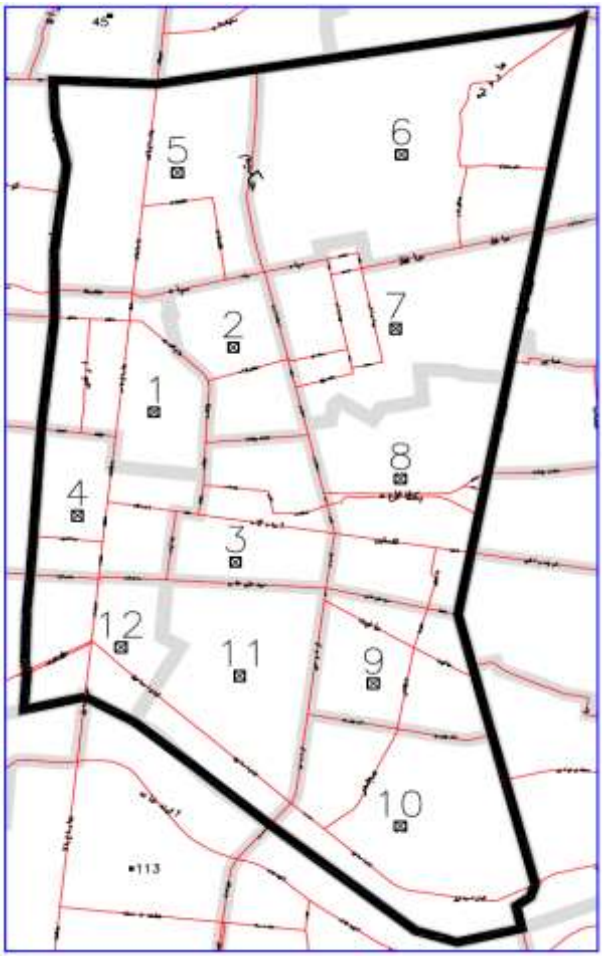
شهر تاریخی اصفهان، نظیر دیگر کلان‌شهرهای کشور دارای مشکلات عدیدهٔ ترافیکی است. یکی از این مشکلات کمبود فضای پارک در محدودهٔ مرکزی شهر می‌باشد. بر اساس مطالعات جامع حمل‌ونقل اصفهان، کلان‌شهر اصفهان به ۳۲۱ ناحیهٔ ترافیکی تقسیم شده که شامل ۱۸۱ ناحیهٔ ترافیکی داخلی، ۱۳۱ ناحیهٔ ترافیکی اطراف و ۹ ناحیهٔ ترافیکی محورهای ارتباطی است (مرکز مطالعات و تحقیقات حمل‌ونقل (ممتحن)، ۱۳۸۳).

منطقهٔ بررسی‌شده در این مقاله، نواحی ترافیکی ۱ تا ۱۲ شهر اصفهان است که جزء نواحی ترافیکی داخلی می‌باشند. این نواحی در محدودهٔ رینگ اول ترافیکی و ناحیهٔ مرکز تجاری[۱۰] شهر قرار گرفته‌اند و به‌دلیل قرارگرفتن در مرکز شهر و وجود اماکن

www.SID.ir

Arshive of SID

تـاریخی، سـاختمان‌هـای اداری و خـدماتی متعـدد و بازارهای اصلی شهر، همواره دارای ازدحـام ترافیکـی زیادی هستند. نمایی از منطقهٔ بررسی‌شده در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل (۲) نواحی ترافیکی ۱ تا ۱۲ شهر اصفهان

برآورد میزان کمبود فضای پارک

به‌منظور برآورد میزان تقاضـای پارکینـگ در ایـن منطقه، اطلاعـات زیـر از بانـک اطلاعـاتی مطالعـات جـامع حمـل‌ونقـل اصـفهان کـه در سـال ۱۳۷۹ در محدودهٔ کلان شهر اصفهان به دسـت آمـده، اسـتفاده شد و برای سـال ۱۳۹۲ بـرآورد شـد. ایـن اطلاعـات شامل ماتریس‌های سفر مبدأ- مقصد ساعتی است کـه عبارتند از:

- ماتریس سفر "مبدأ خانه" با هدف کار
- ماتریس سفر "مبدأ خانه" با هدف مدرسه
- ماتریس سفر "مبدأ خانه" با هدف خرید
- ماتریس سفر "مبدأ خانه" با هدف کار شخصی (مراجعه به ادارات، موارد پزشکی و سایر)
- ماتریس سـفر "مبـدأ خانـه" بـا هـدف تفـریح (دیدار نزدیکان، تفریح و گردش)
- ماتریس سفر "هیچ سرخانه"

www.SID.ir

Arshive of SID

– ماتریس سفر "بازگشت به خانه"

در مطالعات جامع حمل‌ونقل کلان شهر اصفهان، هشت گونه حمل‌ونقل شامل: خودروی شخصی، تاکسی، اتوبوس واحد، اتوبوس غیرواحد، مینی بوس، دوچرخه، موتورسیکلت و وانت در نظر گرفته شده است (مهندسین مشاور دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۶) که در این تحقیق تنها گونه‌های خودروی شخصی و وانت درخور توجه قرار می‌گیرند. به‌منظورمحاسبهٔ میزان تقاضای پارکینگ، فرض می‌شود که سفرهای با هدف خانه مشکلی جهت تأمین فضای پارک ندارند.

رابطهٔ (۱۲) نحوه‌ی محاسبه‌ی میزان تقاضای پارکینگ (S_t^i) را در ساعت t و برای ناحیهٔ ترافیکی i نشان می‌دهد. در این رابطه میزان تقاضای پارکینگ در ساعت t از مجموع میزان تقاضای پارکینگ در ساعت $t-1$ و اختلاف تقاضای سفرهای ورودی به منطقه و خروجی از منطقه در ساعت t به دست می‌آید.

$$S_t^i = S_{t-1}^i + (I_t^i - O_t^i) \qquad (۱۲)$$

در این رابطه I_t^i برابر با میزان جذب سفر در ناحیهٔ ترافیکی i برای سفرهای (خودروی شخصی و وانت) با هدف غیر از خانه در ساعت t و O_t^i برابر با میزان تولید سفر از ناحیه ترافیکی i برای سفرهای (خودروی شخصی و وانت) هیچ سرخانه و بازگشت به خانه در ساعت t است.

با محاسبهٔ میزان I_t^i و O_t^i برای نواحی ترافیکی و ساعات مختلف و با فرض اینکه میزان تقاضای پارکینگ در ساعت ۱ بامداد برابر صفر است، می‌توان S_t^i را برای خودرهای شخصی و وانت در نواحی ترافیکی و ساعات مختلف به دست آورد.

براین‌اساس کل میزان تقاضای پارکینگ در نواحی ترافیکی و ساعات مختلف مشخص شد.

بر مبنای مطالعات مدیریت پارکینگ‌های عمومی شهر اصفهان میزان عرضهٔ پارکینگ به چهار دسته تقسیم ومشخص شده است (مهندسین مشاور طراحان تردد تهران، ۱۳۸۴):

– فضاهای پارک غیرحاشیه‌ای عمومی

– فضاهای پارک غیرحاشیه‌ای خصوصی

– فضاهای پارک حاشیه‌ای در معابر اصلی

– فضاهای پارک حاشیه‌ای در خیابان‌های فرعی و کوچه‌ها

ازآنجایی‌که پارکینگ‌های غیرحاشیه‌ایِ خصوصی و عمومی ساعات کاری مشخصی دارند، میزان عرضهٔ پارکینگ در ساعات مختلف نیز فرق می‌کند. با تفاضل میزان عرضهٔ پارکینگ از تقاضای آن در منطقهٔ بررسی‌شده می‌توان میزان کمبود فضای پارک در هر یک از نواحی ترافیکی مدِ نظر را به تفکیک ساعات مختلف به دست آورد. جدول (۳) و شکل (۳) (واقع در پیوست) میزان این کمبود را در هر یک از نواحی ترافیکی منطقهٔ بررسی‌شده بر حسب ساعات مختلف نشان می‌دهند. برای مطالعه جزئیات بیشتر دربارهٔ نحوهٔ محاسبهٔ پیش‌بینی میزان کمبود فضای پارکینگ به اسکندری (۱۳۹۱) مراجعه شود.

همان‌طور که در شکل (۳) نیز مشخص است، ساعت اوج کمبود فضای پارک برای نواحی مختلف ترافیکی متفاوت است و ناحیهٔ ترافیکی ۱۲ بیشترین میزان کمبود پارکینگ را دارد و به ترتیب نواحی ترافیکی ۶، ۵، ۴ و ۷ در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

در برخی از نواحی، ساعت اوج کمبود در صبح اتفاق می‌افتد و برای برخی دیگر ساعت اوج کمبود پارکینگ مربوط به اوقات عصر است، که این به

www.SID.ir

Arshive of SID

ماهیت هر ناحیه ترافیکی بستگی دارد. به‌عنوان مثال ازآنجایی‌که ناحیهٔ ترافیکی ۱۲ بیشتر جنبهٔ تفریحی دارد اغلب در ساعات اولیه شب دارای ترافیک زیادی است ولی در مقابل به دلیل قرارگرفتن بازار اصفهان در ناحیهٔ ترافیکی ۶ ساعت اوج ترافیک و کمبود پارکینگ در این ناحیه در صبح اتفاق می‌افتد. به دلیل هم‌جواری و حجم زیاد کمبود پارکینگ در نواحی ترافیکی ۴ و ۱۲ این نواحی ترافیکی به‌عنوان محدودهٔ مطالعاتی برای مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی انتخاب شدند.

جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز

به‌منظور اجرای مدل جهت مکان‌یابی پارکینگ در محدودهٔ مطالعاتی، لازم است اطلاعات مورد نیاز از این محدوده گردآوری شود.

نقاط تقاضا

جهت مشخص کردن نقاط تقاضا در نواحی ترافیکی مدِنظر لازم است تا کاربری‌ها و تسهیلات مختلف شهری دسته‌بندی و هر یک از این دسته‌های تقاضا به‌عنوان یک نقطهٔ تقاضا در نظر گرفته شوند. دسته‌بندی این کاربری‌ها و تسهیلات براساس معیار مسافت و مساحت انجام گرفته است. معیارهای دسته‌بندی به شرح زیر فرض شده‌اند:

– درصورتی‌که تسهیلات و کاربری‌های مختلف به صورت خطی در کنار هم قرار گرفته باشند، تمام آن تسهیلات و کاربری‌هایی که در یک فاصلهٔ حدود ۷۵ متری از هم قرار دارند، یک دستهٔ تقاضا در نظر گرفته می‌شوند.

– درصورتی‌که تسهیلات و کاربری‌های مختلف به‌صورت مربعی (نظیر مجتمع‌های تجاری) قرار گرفته باشند، تمام آن تسهیلات و کاربری‌هایی که در ابعاد ۵۰ متر×۵۰ متر قرار دارند، یک دستهٔ تقاضا در نظر گرفته می‌شوند.

نمایی از محدودهٔ مطالعاتی و نقاط تقاضای موجود در این محدوده در شکل (۴) (واقع در پیوست) نشان داده شده است. در این محدوده، ۶۵ نقطهٔ تقاضا تعیین شد. با توجه به اطلاعات طرح بازنگری طرح تفصیلی شهر اصفهان (مهندسین مشاور نقش جهان پارس، ۱۳۸۷) که تعداد پارکینگ مورد نیاز به تفکیک کاربری‌های مختلف را مشخص کرده است، وزن هر یک از این نقاط تقاضا مشخص شد. سپس با درنظرگرفتن ۸۰ درصد میزان تقاضای ساعت اوج برای نواحی ترافیکیِ ۴ و ۱۲ و وزن این نقاط، میزان تقاضای پارکینگ برای هر یک از نقاط تقاضا در محدودهٔ مطالعاتی تعیین شد.

نقاط کاندید و پارکینگ‌های موجود

در این تحقیق براساس نظر کارشناسان حمل‌ونقل ترافیک شهرداری اصفهان تعدادی نقطه به‌منظور استقرار پارکینگ بر مبنای پلاک‌های دارای کاربری پارکینگ در طرح بازنگری طرح تفصیلی شهر اصفهان انتخاب و تعداد دیگری از این نقاط هم براساس معیارهای زیر از بین پلاک‌های موجود در این نواحی انتخاب شدند:

– ساختمان‌های مخروبه یا قدیمی

– ساختمان‌های ویلایی

– پلاک‌های دارای حداقل مساحت ۴۰۰ متر مربع

www.SID.ir

Arshive of SID

سپس ۱۱ نقطهٔ کاندید در این نواحی شناسایی شد. در گام بعد پارکینگ‌های عمومی موجود در محدودهٔ مطالعاتی شناسایی شدند که مشخصات این پارکینگ‌ها در جدول ۲ (واقع در پیوست) مشخص آمده است.

شکل (۵) نقاط کاندید و پارکینگ‌های موجود در محدودهٔ مطالعاتی را مشخص می‌کند. شماره‌های ۱ تا ۱۱ نشان‌دهندهٔ نقاط کاندید و شماره‌های ۱۲ تا ۲۱ مربوط به موقعیت پارکینگ‌های موجود هستند. از بین پارکینگ‌های موجود سه پارکینگ سی‌وسه پل، انقلاب و عباس‌آباد (با شماره‌های ۱۲، ۱۳ و ۱۴) به دلیل اینکه از نوع هم‌سطح هستند، فرض شده است می‌توانند تغییر نوع دهند و در سایر پارکینگ‌های موجود، نوع پارکینگ نمی‌تواند تغییر کند.

در این مطالعه سه نوع پارکینگ شامل: هم‌سطح، طبقاتی و مکانیکی مدنظر قرار گرفته‌اند که در هر یک از نقاط کاندید می‌توان یکی از این نوع پارکینگ‌ها را مستقر کرد. میزان مساحت موردنیاز به‌ازایِ یک واحد پارکینگ برای هر یک از این نوع پارکینگ‌ها در جدول (۳) آمده است (مهندسین مشاور طراحان تردد تهران، ۱۳۸۴).

با فرض اینکه تعداد طبقات مجاز برای هر دو نوع پارکینگ‌های طبقاتی و مکانیکی در منطقه مطالعه‌شده یکسان و برابر ۵ طبقه باشد، ظرفیت نقاط کاندید به‌ازایِ انواع مختلف پارکینگ تعیین شد.

ضمناً هزینه‌های مختلف انواع پارکینگ‌ها هم با نظر کارشناسان خبره معاونت حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری اصفهان تعیین شد.

به‌منظورِ محاسبهٔ معیار مطلوبیت و براساس طرح بازنگری طرح تفصیلی شهراصفهان حداکثر فاصلهٔ پوشش ۳۰۰ متر و فاصلهٔ پوشش اولیه ۱۵۰ متر در نظر گرفته شد (مهندسین مشاور طراحان تردد تهران، ۱۳۸۴). همچنین فرض شد که هزینه سالیانهٔ جریمه به‌ازایِ هر واحد تقاضای برآورده نشده (pc) برابر یک میلیون تومان است.

جدول (۳) میزان مساحت موردنیاز برای هر واحد پارکینگ به‌ازایِ انواع مختلف پارکینگ‌ها (مهندسین مشاور طراحان تردد تهران، ۱۳۸۴)

P	نوع پارکینگ	میزان مساحت موردنیاز (بر حسب مترمربع)
۱	هم‌سطح	۲۵
۲	طبقاتی	۳۰ -۳۵
۳	مکانیکی	۲۰ -۲۵

اجرا و حل مدل پیشنهادی

به‌منظورحل مدل پیشنهادی ابتدا مسائل تک‌هدفه که حاصل درنظرگرفتن هریک از توابع هدف به طور جداگانه هستند، با استفاده از الگوریتم بهینه‌ساز CPLEX نرم‌افزار GAMS نسخه ۲۲/۱ حل شدند.

نتایج حاصل از حل این مسائل در جداول ۴ و ۵ آورده شده است. در این جداول، Z_1 بر حسب تعداد خودرو و Z_2 بر حسب میلیون تومان در سال است. ازآنجاکه حل بهینهٔ مسائل تک‌هدفه‌ی جواب‌های یکسانی ندارد، می‌توان گفت این دو تابع هدف دارای جهت‌گیری‌های بهینهٔ یکسانی نیستند. بنابراین به‌منظور انتخاب جواب برتر لازم است از روش‌های تصمیم گیری چندهدفه[11] برای حل این مسئله استفاده شود.

www.SID.ir

Arshive of SID

شکل (۵) نقاط کاندید و پارکینگ‌های موجود در محدودهٔ مطالعاتی

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول (۴) حل بهینهٔ مسئلهٔ تک‌هدفه با هدف بیشینه‌کردن تقاضای پوشش‌یافته به ازای nهای مختلف

n	Z_1^*	Z_2
۰	۲،۰۸۳	۵،۳۴۹
۱	۲،۳۸۳	۵،۸۲۴
۲	۲،۶۴۴	۷،۲۱۲
۳	۲،۸۸۸	۸،۰۱۰
۴	۳،۰۶۳	۸،۲۴۳
۵	۳،۲۷۵	۸،۷۸۹
۶	۳،۴۳۴	۹،۱۴۹
۷	۳،۶۱۳	۹،۵۸۲
۸	۳،۷۴۱	۱۰،۱۵۰
۹	۳،۷۶۶	۱۰،۳۳۰
۱۰	۳،۷۳۱	۸،۹۷۴
۱۱	۳،۸۲۴	۹،۵۵۳

جدول (۵) حل بهینهٔ مسئلهٔ تک‌هدفه با هدف کمینه‌کردن هزینه‌های مختلف به‌ازای nهای مختلف

n	Z_1^*	Z_2
۰	۳۹۳	۳،۰۳۱
۱	۱۰۷	۳،۱۶۱
۲	۱۳۶	۳،۳۴۲
۳	۱۹۶	۳،۵۷۴
۴	۲۱۵	۳،۸۲۰
۵	۲۴۲	۴،۰۶۶
۶	۱۳۰	۴،۳۲۷
۷	۱۸۰	۴،۶۰۲
۸	۳۵۶	۴،۸۸۴
۹	۲۰۲	۵،۲۲۴
۱۰	۹۸	۵،۷۴۶
۱۱	۱۶۷	۶،۳۳۹

www.SID.ir

Arshive of SID

روش ε-محدودیت

از جمله روش‌های حل مسائل چندهدفه، روش ε-محدودیت[۱۲] است که در این مطالعه استفاده شده است. هایمس و همکاران با حفظ تنها یک تابع هدف و انتقال سایر توابع هدف به مجموعهٔ محدودیت ها با مقادیر سمت راستتعریفپذیر توسط کاربر، روش حل جدیدی برای مسئلهٔ چندهدفه ارائه کردند که روش ε-محدودیت نامیده شده است (صحرائیان و طاهری مقدم، ۱۳۹۳). اثبات شده که جواب منحصربه‌فرد حاصل از این روش جواب کارا[۱۳] است (نصوحی و حجازی، ۲۰۱۱).

به‌منظور اجرای این روش، تابع هدف اول (بیشینه‌کردن میزان پوشش) انتخاب و تابع هدف دوم به محدودیت‌ها اضافه شد. دلیل انتخاب هدف اول به عنوان تابع هدف اصلی وزن بیشتر این هدف بنابر نظرسنجی انجام شده، است (براساس نظرسنجی از ده نفر از خبرگان، وزن هدف اول و دوم به ترتیب ۵۳٪ و ۴۷٪ برآورد شد). رابطهٔ (۱۳) نحوهٔ اجرای روش ε-محدودیت را برای مدل پیشنهادی نشان می‌دهد.

$$\begin{aligned} &Maximize\ \ Z_1 \\ &S.t: \\ &Z_2 \le \varepsilon \\ &x \in X \end{aligned} \qquad (۱۳)$$

برای $n=0$ و با استفاده از الگوریتم بهینه‌ساز CPLEX نرم‌افزار GAMS برای مقادیر مختلف ε ده جواب کارا بدست آمد. نتایج حاصل از حل مدل در جدول (۶) (واقع در پیوست) آمده است.

در این جدول مقادیر توابع هدف، εها و راه‌حل‌های کارا برای هر یک از این جواب‌های کارا، نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود هیچ پارکینگ جدیدی پیشنهاد نشده است و تنها نوع پارکینگ‌های موجود در جواب‌های کارایِ مختلف، متفاوت است.

جدول (۶) مانند یک ماتریس تصمیم گیری است که سطرها گزینه‌ها و ستون‌های دوم و سوم شاخص‌های مختلف هستند. هریک از درایه‌های ماتریس تصمیم گیری فوق r_{ij} نامیده شده است. روش بی‌مقیاس‌سازی فازی برای یک شاخص با جنبهٔ مثبت (مانند تابع هدف اول) به صورت رابطهٔ (۱۴) و برای یک شاخص با جنبهٔ منفی (مانند تابع هدف دوم) به‌شکل رابطهٔ (۱۵) است. مقیاس اندازه‌گیری در این بی‌مقیاس‌سازی دقیقاً بین صفر و یک خواهد بود، به‌طوری‌که صفر برای بدترین نتیجه و یک برای بهترین نتیجه است (اصغرپور، ۱۳۹۲). نتیجهٔ این بی‌مقیاس‌سازی در جدول ۷ (واقع در پیوست) منعکس شده است.

n_{ij}: درایهٔ نرمال‌شدهٔ r_{ij}

$$n_{ij} = \frac{r_{ij} - \min\limits_i r_{ij}}{\max\limits_i r_{ij} - \min\limits_i r_{ij}} \qquad (۱۴)$$

$$n_{ij} = \frac{\max\limits_i r_{ij} - r_{ij}}{\max\limits_i r_{ij} - \min\limits_i r_{ij}} \qquad (۱۵)$$

برای انتخاب جواب برتر[۱۴] از بین جواب های کارا از AHP گروهی مطابق شکل (۶) (واقع در پیوست) استفاده شد. با واردکردن ماتریس تصمیم‌گیری بی‌مقیاس‌شده و ماتریس اوزان شاخص‌ها در نرم‌افزار Expert Choice وزن هر یک از جواب‌های کارا نسبت به مکان‌یابی پارکینگ‌های غیرحاشیه‌ای حاصل شد. با توجه به جدول (۸) (واقع در پیوست) جواب کارایِ سوم به‌عنوانِ راه‌حل برتر شناخته شد.

www.SID.ir

Arshive of SID

با انجام همین روند برای سایر مقادیر n ($n=1,...,11$) می‌توان جواب‌های برتر را به‌ازایِ تعداد مختلف پارکینگ‌های جدید به دست آورد. در جدول (۹) جواب‌های برتر انتخاب‌شده به‌ازایِ مقادیر مختلف n نشان داده شده‌اند.

به دلیل اینکه پارکینگ‌های هم‌سطح از لحاظ اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نیست و پارکینگ‌های مکانیکی هم هزینهٔ احداث نسبتاً زیادی دارند، نسبت به پارکینگ‌های طبقاتی کمتر به آن‌ها توجه می‌شود.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود براساس نتایج به‌دست‌آمده در جدول (۹) اولویت احداث پارکینگ‌ها مشخص شده است؛ بدین معنی که اگر بخواهیم تنها یک پارکینگ جدید مستقر شود، مدل نقطهٔ ۱۰ را پیشنهاد می‌دهد و اگر نیاز به احداث ۲ پارکینگ باشد، مدل نقاط ۱۰ و ۱۱ را پیشنهاد خواهد داد. به‌عبارتِ‌دیگر در این روش لازم نیست از قبل تعداد پارکینگ جدید مشخص باشد که این ویژگی برای مدیران شهری بسیار مفید خواهد بود.

جدول (۹): جواب‌های برتر انتخاب‌شده به‌ازای nهای مختلف

n	Z_1	Z_2	راه‌حل‌های برتر												
			موقعیت و نوع پارکینگ‌های جدید									نوع پارکینگ‌های موجود			
۰	۱،۹۹۲	۴،۴۴۵										(۱۲،۲)	(۱۳،۲)	(۱۴،۳)	
۱	۲،۲۷۰	۵،۰۶۹	(۱۰،۳)									(۱۲،۲)	(۱۳،۲)	(۱۴،۳)	
۲	۲،۴۷۰	۵،۷۱۷	(۱۰،۳)	(۱۱،۳)								(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)	
۳	۲،۶۸۸	۶،۲۴۳	(۱۰،۳)	(۱۱،۳)	(۴،۳)							(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)	
۴	۲،۸۸۹	۶،۷۴۸	(۱۰،۳)	(۱۱،۳)	(۴،۳)	(۲،۳)						(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)	
۵	۲،۹۶۶	۶،۸۵۵	(۱۰،۲)	(۱۱،۳)	(۴،۳)	(۲،۳)	(۶،۳)					(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)	
۶	۲،۹۸۰	۶،۷۹۴	(۱۰،۲)	(۱۱،۳)	(۴،۲)	(۲،۲)	(۶،۳)	(۹،۲)				(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)	
۷	۳،۰۸۴	۷،۰۲۰	(۱۰،۲)	(۱۱،۲)	(۴،۲)	(۲،۲)	(۶،۳)	(۹،۲)	(۳،۳)			(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)	
۸	۳،۰۹۶	۶،۹۷۴	(۱۰،۲)	(۱۱،۲)	(۴،۲)	(۲،۲)	(۶،۲)	(۹،۲)	(۳،۲)	(۷،۲)		(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)	
۹	۳،۲۱۳	۷،۳۱۰	(۱۰،۲)	(۱۱،۲)	(۴،۲)	(۲،۲)	(۶،۲)	(۹،۲)	(۳،۲)	(۷،۲)	(۱،۳)	(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)	
۱۰	۳،۲۵۶	۷،۳۴۲	(۱۰،۲)	(۱۱،۲)	(۴،۲)	(۲،۲)	(۶،۲)	(۹،۲)	(۳،۲)	(۷،۲)	(۱،۲)	(۵،۱)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)	
۱۱	۳،۲۵۵	۷،۷۲۰	(۱۰،۲)	(۱۱،۲)	(۴،۲)	(۲،۲)	(۶،۲)	(۹،۱)	(۳،۲)	(۷،۲)	(۱،۲)	(۵،۱)	(۸،۱)	(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)

تحلیل حساسیت

ازآنجایی‌که مقدار هزینهٔ سالیانهٔ جریمه به‌ازایِ هر واحد تقاضای برآورده نشده برابر یک میلیون تومان در نظر گرفته شده است، نیاز بود تا با تغییر در این مقدار، تغییر در جواب برتر تحلیل شود. بدین منظور به‌ازایِ $n=5$ و با ثابت‌فرض‌کردن ε جواب برتر ($\varepsilon=7300$)، جواب‌های حاصل از مقادیر مختلف pc در جدول ۱۰ (واقع در پیوست) آورده شده است.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود هرچه مقدار pc افزایش می‌یابد، مقدار تابع هدف اول کاهش پیدا کرده است و نقاط کاندیدی که کوچک‌تر هستند و ظرفیت کمتری دارند انتخاب می‌شوند.

از طرف دیگر زمانی که مقدار pc کم است در اغلب موارد پارکینگ‌های مکانیکی انتخاب می‌شوند؛ ولی با افزایش pc پارکینگ‌های طبقاتی که درمجموع هزینهٔ کمتری دارند، جایگزین پارکینگ‌های مکانیکی می‌شوند. تمام این‌ها به این دلیل است که چون مقدار

www.SID.ir

Arshive of SID

تابع هدف دوم با افزایش pc نمی‌تواند زیاد شود، با این تغییرات سایر هزینه‌ها را کاهش می‌دهد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با بهره‌گیری از تئوری مکان‌یابی به مسئلهٔ مکان‌یابی پارکینگ پرداخته شد و به‌منظور وجود ذی‌نفعان مختلف از مدل چندهدفه استفاده شد. اهداف مدِنظر در این پژوهش شامل: بیشینه کردن پوشش تقاضا، کمینه‌کردن فاصلهٔ پیاده‌روی و کمینه‌کردن هزینه‌های مترتبه است. در هدف بیشینه کردن تقاضای پوشش یافته فاصله پوشش غیرقطعی فرض شده و با کمینه‌کردن فاصلهٔ پیاده‌روی ترکیب شد.

ازآنجایی‌که هر نوع پارکینگ می‌تواند هزینهٔ استقرار و ظرفیت مختلفی داشته باشد، در این مقاله انواع پارکینگ‌ها مدنظر قرار گرفتند.

به دلیل آنکه مدل پیشنهادی مکان‌یابی پارکینگ بر اساس برنامه‌ریزی ریاضی است، نقاط پارکینگ پیشنهادی برخلافِ سایر روش‌ها (نظیر GIS و AHP) به‌صورت دقیق پیشنهاد می‌شوند. با اجرای این مدل علاوه‌بر تعیین مکان بهینهٔ پارکینگ، نوع پارکینگ مناسب نیز تعیین می‌شود.

به منظور ارزیابی مدل سعی شد عملکرد آن در منطقهٔ مرکزی شهر اصفهان بررسی شود. با استفاده از پیش‌بینی میزان کمبود فضای پارک در سال ۹۲ برای نواحی ترافیکی ۱ تا ۱۲ شهر اصفهان، ۲ ناحیهٔ ترافیکی که بیشترین میزان کمبود فضای پارک را داشتند، به عنوان محدودهٔ مطالعاتی جهت اجرای مدل انتخاب و سپس اطلاعات مورد نیاز مدل در این نواحی گردآوری گد.

به منظورِ حل مدل چندهدفهٔ پیشنهادی، از روش ε-محدودیت استفاده شد و بر اساس روش تحلیل سلسله‌مراتبی و نظرات خبرگان از بین جواب‌های کارای ایجادشده، جواب های برتر انتخاب شدند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از اجرای مدل، موقعیت و نوع بهینهٔ پارکینگ های جدید و نوع مناسب پارکینگ‌های موجود و میزان تقاضای برآورده شده، مشخص شد.

استفاده از روش پیشنهادی این تحقیق می‌تواند متصدیان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری‌های کشور را در مدیریت پارکینگ‌ها و استقرار بهتر پارکینگ‌های عمومی غیرحاشیه‌ای جدید یاری کند. با این روش بهره‌وری پارکینگ‌ها افزایش و اتلاف وقت رانندگان کاهش خواهد یافت. همچنین میزان تقاضای پوشش‌یافته به‌وسیلهٔ هر یک از پارکینگ‌ها و هزینهٔ احداث یا تغییر نوع پارکینگ قابلِ‌محاسبه می‌شود. این اطلاعات برای استفادهٔ مدیران شهری در تصمیم‌گیری‌ها از جمله تحلیل‌های امکان‌سنجی، تسهیلات بسیار مفیدی خواهد بود. به‌عبارتِ‌دیگر با این روش می‌توان قبل از احداث پارکینگ اثرات ایجادشده را پیش‌بینی و تحلیل کرد.

لازم به ذکر است که استفادهٔ بهینه از پارکینگ‌های موجود یکی از پیشنهادهای اصلی این تحقیق است؛ زیرا به دلیل قیمت گران زمین جهت احداث پارکینگ در ابتدا باید به بهینه‌سازی ظرفیت پارکینگ‌های موجود پرداخته شود که این امر در مدل پیشنهادی در نظر گرفته شده است.

همچنین با توجه به اینکه مدل پیشنهادی، اولویت‌بندی احداث پارکینگ‌های جدید را نیز مشخص می کند، برای استفادهٔ مدیران شهری بسیار مناسب خواهد بود زیرا در صورت فراهم‌شدن

www.SID.ir

Arshive of SID

بودجه، امکان اضافه‌کردن پارکینگ‌ها وجود خواهد داشت و نیازی نیست که از ابتدا تعداد پارکینگ‌های جدید مشخص باشد.

در این تحقیق فرض شد که مطلوبیت هر نقطهٔ کاندید استقرار از دید نقاط تقاضا تنها براساس فاصلهٔ بین این نقاط است، درصورتی که این مطلوبیت می تواند به موارد دیگری چون میزان تقاضای نقاط، میزان ظرفیت نقاط کاندید، هزینهٔ پارکینگ و... نیز بستگی داشته باشد. با شناسایی عوامل تأثیرگذار بر روی این معیار، می توان میزان واقعی مطلوبیت را به‌صورتِ دقیق‌تری به دست آورد. از دیگر زمینه‌های توسعهٔ تحقیق حاضر و در جهت واقعی‌تر ساختن مسئله، می توان فاصلهٔ پوشش غیریکسان براساس اهداف سفر مختلف و غیرقطعی فرض‌کردن پارامترهای استفاده‌شده در مسئله را مدنظر قرار داد.

سپاسگزاری

در پایان لازم است از همکاری معاونت محترم حمل‌ونقل وترافیک شهرداری اصفهان و به‌ویژه آقای مهندس افتخاری، مدیر وقت مطالعات و برنامه‌ریزی این معاونت در انجام این پژوهش صمیمانه قدردانی کنیم.

منابع

اسکندری، مهدی. (۱۳۹۱). مکان‌یابی پارکینگ‌های غیرحاشیه‌ای بر روی شبکهٔ حمل‌ونقل شهری با اهداف چندگانه (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ مرکزی شهر اصفهان) ، دانشکدهٔ مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی اصفهان، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد.

اصغرپور، محمدجواد. (۱۳۹۲). تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ یازدهم.

شاهی، جلیل. (۱۳۹۰)، مهندسی ترافیک، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ یازدهم.

صحرائیان، راشد و طاهری‌مقدم، علیرضا. (۱۳۹۳). "ارائهٔ یک مدل CLSC غیرقطعی با رویکرد ترکیبی الگوریتم ژنتیک وConstraint- ε "، مدیریت تولید و عملیات، ۵(۱،۸) ، ۲۱-۳۸.

عباسی کلکانی، فرح و سیدحسینی، سید محمد. (۱۳۹۰). "گسترش روش مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی با استفاده از GIS در کلان‌شهرها (مطالعهٔ موردی منطقهٔ ۳ کلانشهر کرج)"، هویت شهر، ۸(۵)، ۴۷-۵۷.

قنبری، سیروس و قاضی‌عسکر نایینی، آرمان. (۱۳۹۰). "ارزیابی روش‌های مختلف مکان‌یابی در مدیریت احداث پارکینگ‌های عمومی در مرکز تجاری شهر اصفهان با استفاده از GIS"، مجلهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۲(۴۲،۲)، ۱۸۳-۱۹۸.

متکان، علی‌اکبر؛ شکیبا، علیرضا؛ پورعلی، سید حسین و عبادی، عیسی. (۱۳۸۸). "تصمیم‌گیری قطعی و فازی در مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی طبقاتی"، علوم محیطی، ۶(۳)، ۲۰۷-۲۲۲.

مختاری ملک‌آبادی، رضا. (۱۳۸۸). "تحلیلی بر برنامه ریزی کاربری پارکینگ در شهر اصفهان با استفاده از مدل‌های کاربردی برنامه‌ریزی منطقه‌ای"، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، ۱(۳)، ۱۱۵-۱۳۴.

مرکز مطالعات و تحقیقات حمل‌ونقل(ممتحن). (۱۳۸۳). "شناخت وضع موجود و فرآیند

www.SID.ir

Arshive of SID

مـدل‌سـازی عرضـه و تقاضـای حمـل‌ونقـل در اصفهان"، مطالعات جـامع حمـل‌ونقـل اصـفهان، دانشگاه صنعتی شریف: پژوهشـکده حمـل‌ونقـل شریف، گزارش شمارهٔ ۱۰-۸۳، .

مهندسین مشاور دانشگاه صـنعتی اصـفهان. (۱۳۸۶). "فرآیند مدل‌سازی بـرای بـرآورد تقاضـای سـفر آیندهٔ شهر اصفهان"، زمستان ۱۳۸۶..

مهندسـین مشـاور طراحـان تـردد تهـران. (۱۳۸۴). "مطالعات مدیریت پارکینگ هـای عمـومی شـهر اصفهان"، گزارش نهائی، بهمن ۱۳۸۴.

مهندسین مشاور نقش‌جهان پـارس. (۱۳۸۷). "طـرح بازنگری طرح تفصیلی شهر اصـفهان، ضـوابط و مقررات شهرسازی و ساختمانی"، ویـرایش اول، تابستان ۱۳۸۷.

Chiu, H. M. (2005). "A Location Model for the Allocation of the Off-Street Parking Facilities". *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 1344-1353.

Nosoohi I, Hejazi SR (2011). "A multi-objective approach to simultaneous determination of spare part numbers and preventive replacement times". *Applied Mathematical Modelling*, 35 (3), 1157–1166.

Wang, Z., Tan, Z. & Xu, H. (2008). "Location Model and Algorithm of Public parking Facilities". *International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, 598-602.

Wey, W. M. (2003). "Dynamic Parking Facility Location with Time-Dependent Demands: the Progressive P-median Problem", *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 4, 461-469.

پی‌نوشت

1 On-Street parking
2 Off-Street parking
3 Facilities location
4 Geographical Information Systems (GIS)
5 Analytic Hierarchy Process (AHP)
6 Ming Wey
7 Ming Chiu
8 Wang
9 Maximal Covering
10 Central Business District (CBD)
11 Multi Objective Decision Making (MODM)
12 ε-Constraint
13 Efficient Solution
14 Preferred Solution

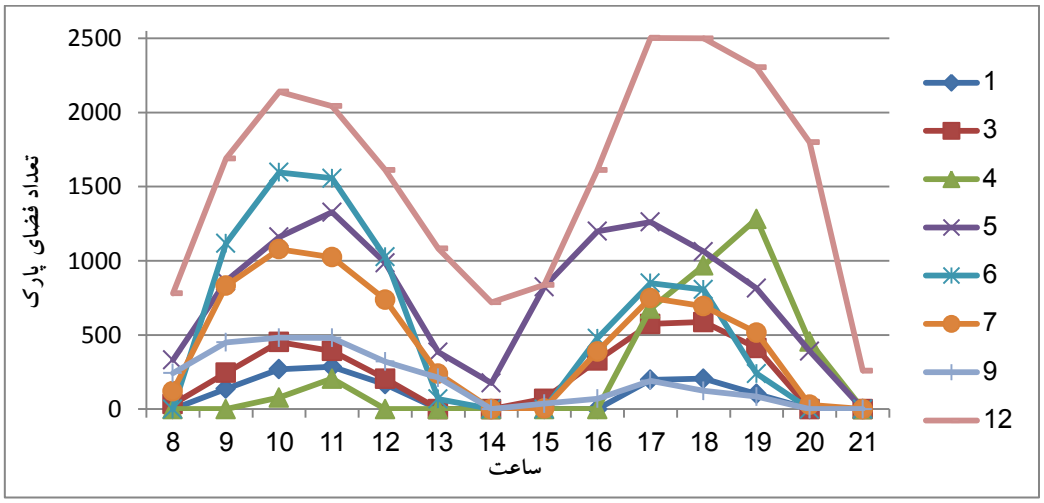
www.SID.ir

Arshive of SID

پیوست:

جدول (۱) پیش‌بینی میزان کمبود فضای پارک در منطقهٔ بررسی‌شده به تفکیک نواحی ترافیکی و ساعات مختلف در سال ۹۲

ساعت	نواحی ترافیکی											
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۸	۰	۰	۳۳	۰	۳۳۱	۰	۱۲۱	۰	۲۴۳	۰	۰	۷۸۰
۹	۱۳۷	۰	۲۴۵	۰	۸۶۳	۱۱۱۸	۸۳۲	۰	۴۵۰	۰	۰	۱۶۹۰
۱۰	۲۶۹	۰	۴۵۲	۷۸	۱۱۶۰	۱۵۹۶	۱۰۷۸	۰	۴۸۱	۰	۰	۲۱۴۰
۱۱	۲۸۵	۰	۳۹۲	۲۰۵	۱۳۲۸	۱۵۵۶	۱۰۲۴	۰	۴۸۰	۰	۰	۲۰۴۳
۱۲	۱۶۷	۰	۲۰۵	۰	۹۸۶	۱۰۲۶	۷۳۸	۰	۳۲۰	۰	۰	۱۶۱۳
۱۳	۰	۰	۰	۰	۳۸۴	۶۸	۲۴۰	۰	۲۱۱	۰	۰	۱۰۸۲
۱۴	۰	۰	۰	۰	۱۷۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷۲۰
۱۵	۰	۰	۶۹	۰	۸۲۵	۰	۴	۰	۳۷	۰	۰	۸۳۸
۱۶	۰	۰	۳۲۸	۰	۱۱۹۹	۴۷۷	۳۸۸	۰	۷۰	۰	۰	۱۶۱۳
۱۷	۱۹۷	۰	۵۷۴	۶۷۷	۱۲۶۲	۸۴۹	۷۴۹	۰	۱۹۱	۰	۰	۲۵۰۳
۱۸	۲۰۵	۰	۵۸۷	۹۶۸	۱۰۶۲	۸۰۶	۶۹۴	۰	۱۲۳	۰	۰	۲۵۰۰
۱۹	۱۰۲	۰	۴۱۲	۱۲۸۲	۸۱۵	۲۴۰	۵۱۶	۰	۸۴	۰	۰	۲۳۰۴
۲۰	۰	۰	۰	۴۵۴	۳۹۱	۰	۲۹	۰	۰	۰	۰	۱۷۹۹



شکل (۳) پیش بینی میزان کمبود فضای پارک در منطقهٔ بررسی‌شده به تفکیک نواحی ترافیکی و ساعات مختلف در سال ۹۲

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول (۲) پارکینگ‌های موجود در محدودهٔ مطالعاتی

ردیف	نام پارکینگ	منطقه شهرداری	ناحیه ترافیکی	آدرس پارکینگ	نوع	ظرفیت
۱	سی‌وسه‌پل	۱	۱۲	میدان انقلاب، جنب سینما ساحل	هم‌سطح	۱۴۰
۲	انقلاب	۱	۱۲	خیابان شمس‌آبادی، جنب ام‌آرآی	هم‌سطح	۱۷۰
۳	عباس‌آباد	۱	۴	خیابان چهارباغ عباسی، ابتدای خیابان عباس‌آباد	هم‌سطح	۳۰
۴	مجتمع عالی‌قاپو	۱	۴	خیابان کوالالامپور، زیر مجتمع تجاری عالی‌قاپو	زیرزمینی	۱۰۰
۵	افتخار	۱	۴	خیابان شمس‌آبادی، کوی عالم‌آرا، جنب پاساژ افتخار	طبقاتی	۳۲۰
۶	مجتمع تجاری سپاهان	۳	۱۲	میدان انقلاب، زیر مجتمع تجاری سپاهان	زیرزمینی	۸۰
۷	مجتمع سیتی‌سنتر	۳	۱۲	ابتدای خیابان سیدعلی‌خان، زیر مجتمع سیتی‌سنتر	زیرزمینی	۹۰
۸	مجتمع تجاری چهارباغ	۳	۴	آمادگاه، کوچهٔ سوره، زیر مجتمع تجاری چهارباغ	زیرزمینی	۴۰
۹	مجموعهٔ عباسی	۳	۴	آمادگاه، مقابل هتل عباسی، کوچهٔ سوره، زیر مجتمع عباسی	زیرزمینی	۱۰۰
۱۰	مجتمع تجاری فردوسی	۳	۴	خیابان چهار باغ عباسی، زیر مجتمع تجاری فردوسی	زیرزمینی	۳۵

www.SID.ir

Arshive of SID

شکل (۴) نقاط تقاضای پارکینگ در محدودهٔ مطالعاتی

www.SID.ir

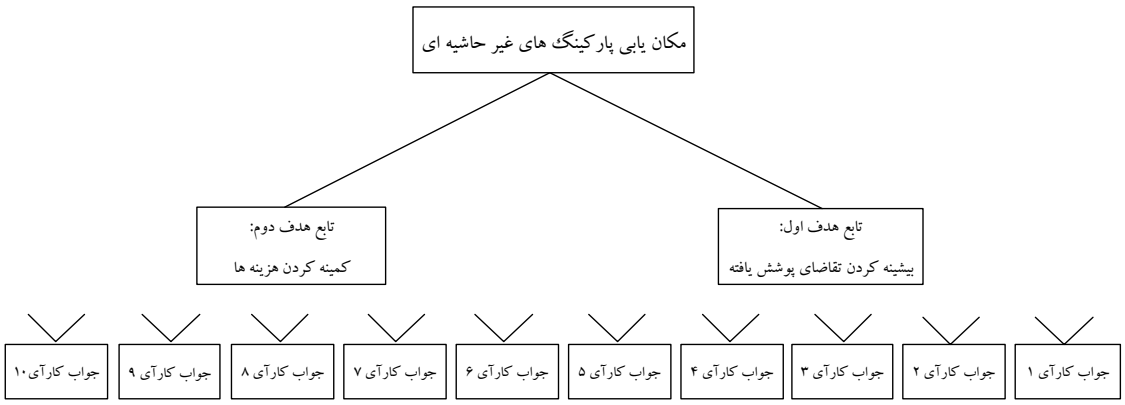
Arshive of SID

جدول (۶) جواب‌های کارای به‌دست‌آمده از روش ε-محدودیت به‌ازای $n=0$

جواب کارا	Z_1	Z_2	ε	راه‌حل‌های کار (نوع پارکینگ‌های موجود)		
۱	۲،۰۸۳	۵،۳۴۹	۱۲،۰۰۰	(۱۲،۳)	(۱۳،۳)	(۱۴،۳)
۲	۲،۰۸۱	۴،۸۵۰	۵،۰۰۰	(۱۲،۲)	(۱۳،۳)	(۱۴،۳)
۳	۱،۹۹۲	۴،۴۴۵	۴،۷۰۰	(۱۲،۲)	(۱۳،۲)	(۱۴،۳)
۴	۱،۸۱۹	۴،۱۱۴	۴،۴۰۰	(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)
۵	۱،۶۱۲	۳،۷۷۱	۴،۰۰۰	(۱۲،۲)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)
۶	۱،۴۹۷	۳،۵۹۶	۳،۶۰۰	(۱۲،۲)	(۱۳،۱)	(۱۴،۱)
۷	۱،۲۲۰	۳،۲۰۶	۳،۴۰۰	(۱۲،۱)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)
۸	۱،۱۰۵	۳،۰۳۱	۳،۲۰۰	(۱۲،۱)	(۱۳،۱)	(۱۴،۱)
۹	۱،۴۹۷	۳،۵۹۶	۳،۷۰۰	(۱۲،۲)	(۱۳،۱)	(۱۴،۱)
۱۰	۲،۰۷۷	۴،۷۸۸	۴،۸۰۰	(۱۲،۳)	(۱۳،۲)	(۱۴،۳)

جدول(۷) ماتریس تصمیم‌گیری بی‌مقیاس‌شده به‌ازای n=0

جواب کارآ	Z_1	Z_2	جواب کارا	Z_1	Z_2
۱	۱	۰	۶	۰/۴۰۱	۰/۷۵۶
۲	۰/۹۹۸	۰/۲۱۵	۷	۰/۱۱۸	۰/۹۲۵
۳	۰/۹۰۷	۰/۳۹۰	۸	۰	۱
۴	۰/۷۳۰	۰/۵۳۳	۹	۰/۴۰۱	۰/۷۵۶
۵	۰/۵۱۸	۰/۶۸۱	۱۰	۰/۹۹۴	۰/۲۴۲



شکل (۶) ساختار سلسله‌مراتبی

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول (۸) وزن هر یک از جواب‌های کارا نسبت به مکان‌یابی پارکینگ بهۀازای $n=0$

هدف	جواب‌های کارا									
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
مکان‌یابی پارکینگ	۰/۰۹۱	۰/۱۰۹	۰/۱۱۵	۰/۱۱۰	۰/۱۰۳	۰/۰۹۸	۰/۰۸۶	۰/۰۸۱	۰/۰۹۸	۰/۱۱۰

جدول (۱۰) جواب‌های برتر به‌ازای $n=5$ به‌ازای مقادیر مختلف pc

pc (برحسب تومان در سال)	Z_1	Z_2	راه‌حل‌های برتر							
			موقعیت و نوع پارکینگ‌های جدید					نوع پارکینگ‌های موجود		
۰	۳،۰۸۷	۶،۹۹۶	(۱،۱)	(۲،۳)	(۴،۳)	(۱۰،۳)	(۱۱،۳)	(۱۲،۲)	(۱۳،۳)	(۱۴،۳)
۲۵۰،۰۰۰	۳،۰۷۷	۶،۴۴۵	(۲،۳)	(۴،۳)	(۶،۳)	(۱۰،۳)	(۱۱،۳)	(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)
۵۰۰،۰۰۰	۳،۰۷۷	۶،۶۹۷	(۲،۳)	(۴،۳)	(۶،۳)	(۱۰،۳)	(۱۱،۳)	(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)
۷۵۰،۰۰۰	۳،۰۷۷	۶،۹۹۴	(۲،۳)	(۴،۳)	(۶،۳)	(۱۰،۳)	(۱۱،۳)	(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)
۱،۰۰۰،۰۰۰	۲،۹۶۶	۶،۸۵۵	(۲،۳)	(۴،۳)	(۶،۳)	(۱۰،۲)	(۱۱،۳)	(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)
۱،۲۵۰،۰۰۰	۲،۸۴۹	۶،۸۳۳	(۲،۳)	(۴،۲)	(۹،۲)	(۱۰،۲)	(۱۱،۳)	(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)
۱،۵۰۰،۰۰۰	۲،۷۵۸	۶،۹۳۱	(۲،۲)	(۳،۳)	(۴،۲)	(۱۰،۲)	(۱۱،۲)	(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)
۱،۷۵۰،۰۰۰	۲،۷۱۲	۷،۱۵۹	(۲،۲)	(۴،۲)	(۹،۲)	(۱۰،۲)	(۱۱،۲)	(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)
۲،۰۰۰،۰۰۰	۲،۴۰۹	۷،۱۳۱	(۳،۲)	(۵،۲)	(۶،۲)	(۷،۲)	(۹،۲)	(۱۲،۳)	(۱۳،۱)	(۱۴،۳)
۲،۲۵۰،۰۰۰	جواب موجه ندارد									

www.SID.ir