راهور
۸۳
فصلنامه
علمی-ترویجی
سال هشتم- شماره ۱۶

روش محاسبه مقدار عوارض مناسب در قیمت‌گذاری معابر شهری با استفاده از الگوریتم ژنتیک

شهریار افندی‌زاده[۱]، محمود احمدی‌نژاد[۲]، نیما اربابی[۳]

از صفحه ۸۳ تا ۹۸

تاریخ دریافت:۹۰/۴/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۱۷

چکیده

در این تحقیق روشی برای به‌دست آوردن مقدار عوارض مناسب در کمربند اخذ عوارض با استفاده از الگوریتم ژنتیک ارائه شده است. روش محاسبه عوارض بهینه در مطالعات قیمت‌گذاری معابر با توجه به نحوه‌ی در نظرگیری تابع تقاضا(الاستیک و ثابت)، یا روش تخصیص ترافیک یا نحوه‌ی در نظر گرفتن ارزش زمانی افراد متغیر است، و هر یک از مطالعات روش خاصی را برای محاسبه مقدار عوارض بهینه پیشنهاد کرده‌اند. در این پژوهش روشی برای به‌دست آوردن مقدار عوارض مناسب با استفاده از الگوریتم ژنتیک ارائه شده است، روش ارائه شده فارغ از نحوه‌ی در نظرگیری ارزش زمانی یا تابع تقاضا، برای تمامی مسائل دو سطحی قیمت‌گذاری قابل استفاده است. در این تحقیق ابتدا مسئله دو سطحی قیمت‌گذاری تراکم معرفی شده و سپس روش حل با استفاده از الگوریتم ژنتیک توضیح داده می‌شود و پارامترهای مؤثر در الگوریتم ژنتیک پیشنهادی با استفاده از یک شبکه فرضی تعیین می‌شود. بنابراین الگوریتم ژنتیک را می‌توان به عنوان یک روش فرا ابتکاری مناسب برای حل مسایل مربوط به قیمت‌گذاری استفاده کرد.

کلید واژه‌ها:

قیمت‌گذاری معابر / کمربند اخذ عوارض/ مسائل دو سطحی قیمت‌گذاری /الگوریتم ژنتیک/ جهش / ترکیب

۱- دانشیار، برنامه‌ریزی حمل و نقل Zargari @ iust.ac.ir
۲-استادیار، برنامه‌ریزی حمل و نقل Ahmady @ iust.ac.ir
۳-کارشناسی ارشد، برنامه‌ریزی حمل و نقل nima_arbabi@civileng.iust.ac.i

Archive of SID
www.SID.ir

راهور
۸۴
فصلنامه
علمی- ترویجی
سال هشتم- شماره ۱۶

مقدمه

در زمینه قیمت‌گذاری تراکم تحقیقات زیادی انجام شده و روش‌های متفاوتی برای به‌دست آوردن مقدار عوارض و موقعیت کمربندها مطرح شـده اسـت (یانگ و هونگ[1]، ۲۰۰۵) . برای به‌دست آوردن مقدار عوارض روش‌های متفاوتی بیان شده است. گروه اول، تحقیقاتی هستند که در آن‌ها از مدل‌های دو سطحی برای به‌دست آوردن مقدار عوارض بهینه استفاده می‌شود. این گروه با توجه به نحوه‌ی در نظر گرفتن تقاضا(الاسـتیک[2] و ثابت[3]) دو روند متفاوت را برای رسیدن به جواب طی می‌کنند. در تقاضای متغیر روند رسیدن به جواب بدین صورت است که ابتدا در سـطح پایین مسـئله تخصیص با تقاضای متغیر حل، و سپس جواب‌های به‌دست آمده برای به‌دسـت آوردن مقدار منفعت عمومی[4] بیشـینه در سطح بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. بدین ترتیب عوارضی که در مسـئله سـطح بالا بهترین جواب را حاصل کند به عنوان عوارض مناسب انتخاب می‌شود (ژانگ و یانگ، ۲۰۰٤). اما در مسائل مربوط به تقاضای ثابت مدل‌های دو سطحی در سطح بالا کمینه کردن کل زمان سفر شبکه را مدنظر قرار می‌دهند و در سطح پایین مسـئله تخصیص با تقاضای ثابت حل می‌شـود (یان و لم، ۱۹۹٦). گروه دوم، تحقیقاتی هسـتند که روش‌های دیگری جز مدل‌های دو سـطحی را برای به‌دسـت آوردن مقدار عوارض بهینه اسـتفاده کردند. نمونه‌ای از این تحقیقات برای شـهرهای تک مرکزه و سـاده بیان شده اسـت که با اسـتفاده از مشخصات هندسی شـهر مقدار عوارض بهینه برای کمربندها محاسبه می‌شـود (مان، کنیشـی و یوشیکاوا[5]، ۲۰۰۳). دسـته‌ای از این مطالعات برای به‌دست آوردن عوارض بهینه از انتگرال گیری روی سـطح شـهر و روش‌های اجزای محدود بهره گرفته‌اند(هو و همکاران[6]، ۲۰۰۵). برخی از تحقیقات نیز با فرض‌هایی مسـئله قیمت‌گذاری را سـاده، و به

1. Yong and Huang
2. Elastic
3. Static
4. Social welfare
5. Mun, Konishi and Yoshikawa
6. Ho et al

Archive of SID

www.SID.ir

شکل یک مدل برنامه ریزی غیر خطی بیان کرده‌اند (چن و برنستین[1]، ۲۰۰٤). به طور کلی، در بیش‌تر تحقیقات انجام شده برای به‌دست آوردن مقدار عوارض از مدل‌های دو سطحی استفاده شده است. اما روش‌های حل این مسائل دو سطحی با توجه به نحوه در نظر گرفتن تابع تقاضا و شیوه تخصیص ترافیک متفاوت است. هدف این مقاله ارائه روشی است که فارغ از نحوه در نظر گیری تابع تقاضا و شیوه تخصیص، مقدار عوارض مناسب را مشخص کند. برای رسیدن به این هدف از الگوریتم ژنتیک به عنوان یک روش فرا ابتکاری استفاده شده است. در این مقاله ابتدا مدل‌های دو سطحی مورد استفاده در قیمت‌گذاری معرفی می‌شوند، سپس نحوه‌ی به‌دست آوردن مقدار عوارض با استفاده از الگوریتم ژنتیک شرح داده می‌شود.

معرفی مدل دو سطحی قیمت‌گذاری

مدل‌های دو سطحی استفاده شده در قیمت‌گذاری معابر انواع مختلفی دارند، که با توجه به نحوه‌ی در نظر گیری تابع تقاضا(الاستیک و ثابت) و یا روش تخصیص ترافیک یا نحوه‌ی در نظر گرفتن ارزش زمانی افراد(تک دسته[2]، چند دسته گسسته[3] و چند دسته پیوسته[4]) می‌توان آن‌ها را تقسیم‌بندی کرد. در این تحقیق از مدل دو سطحی چند طبقه پیوسته با تقاضای الاستیک استفاده شده است. در سطح پایین این مدل مسئله تخصیص چند طبقه پیوسته با تقاضای الاستیک با در نظر گرفتن مقدار عوارض رابطه (۲) با در نظر گرفتن قیدهای (۳)-(۵) حل می‌شود و در سطح بالا با استفاده از مقادیر $t_a(x_a)$ و q_{rs} و x_a که از مسئله سطح پایین حاصل شده است، مقدار منفعت عمومی از رابطه(۱) محاسبه می‌گردد و مقدار عوارضی که مقدار منفعت عمومی را بیشینه سازد به عنوان عوارض مناسب انتخاب می‌شود.

1. Chen and Bernstein
2. Single class
3. Discrete multi class
4. Continues multi class

Archive of SID
www.SID.ir

راهور
۸۶
فصلنامه
علمی- ترویجی
سال هشتم- شماره ۱۶

$$P_1 = \max SW = \sum_{rs} \int_0^{q_{rs}} D_{rs}^{-1}(w)dw - \sum_a t_a(x_a)x_a \qquad (۱)$$

$$P_2 = \min z(f) = \sum_a \int_0^{x_a(f)} t_a(w)dw + \sum_{rs}\sum_k \int_0^f \frac{\tau_k}{vot(w)}dw - \sum_{rs} \int_0^{q_{rs}(f)} D_{rs}^{-1}(w)dw \qquad (۲)$$

با در نظر گرفتن قیدهای:

$$\sum_k f_k^{rs} = q_{rs} \qquad \forall r,s \qquad (۳)$$

$$\sum_k f_k^{rs} \le \bar{q}_r \qquad \forall r,s \qquad (٤)$$

$$f_k^{rs} \ge 0 \qquad \forall r,s \qquad (۵)$$

$t_a(x_a)$: زمان سفر در کمان a با توجه به مقدار جریان ورودی به آن x_a

q_{rs}: مقدار جریان کل از مبدا r به مقصد s

$D_{rs}^{-1}(q_{rs})$: مقدار معکوس تابع تقاضا برای مبدا r و مقصد s با جریان q_{rs}

f_k^{rs}: مقدار جریان از مبدا r به مقصد s در مسیر k

$vot_{rs}(f_k^{rs})$: ارزش زمانی افراد جریان f_k^{rs} که بین مبدا r و مقصد s در مسیر k قرار

τ_k^{rs}: عوارض گرفته شده در مسیر k

بهینه‌سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

برای بهینه‌سازی و به‌دست آوردن عوارض مناسب برای بیشینه کردن مقدار منفعت عمومی از الگوریتم ژنتیک[5] استفاده شده است. به طور کلی، بهینه‌سازی ریاضی به بیان ساده به معنی پیدا کردن بهترین ترکیب متغیرها برای دست‌یابی به بهترین مقدار تابع هدف با توجه به شرایط و محدودیت‌های مسئله است. روش‌های ریاضی بسیاری برای رسیدن به جواب برای مسائل بهینه‌سازی ریاضی با استفاده از گرادیان و مشتق‌گیری وجود دارد. اما این روش‌ها تنها برای مجموعه‌ای از توابع خوش رفتار (اکیداً محدب) قابل استفاده هستند، و نیازمند مشتق

5. Genetic Algorithms

Archive of SID
www.SID.ir

پذیر بودن تابع در تمامی نقاط دامنه آن می‌باشند، که خود محدودیت بزرگی است. به همین دلیل، امروزه روش‌های فرا ابتکاری[1] برای رسیدن به جواب مسائل این‌چنین مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروزه روش‌های فرا ابتکاری در حمل و نقل کاربرد زیادی پیدا کرده اند. در مسائل مربوط به قیمت‌گذاری نیز یانگ و ژانگ (۲۰۰۲) روش گرم و سرد کردن شبیه‌سازی شده[2] را برای به‌دست آوردن عوارض بهینه استفاده نمودند. در این مقاله عوارض مناسب به وسیله الگوریتم ژنتیک به‌دست می‌آید. این الگوریتم نخستین بار در سال ۱۹۷۵ توسط جان هالند[3] و به عنوان الگوریتم توانمند جست‌وجو معرفی شد (زندیه، ۱۳۸۷). الگوریتم ژنتیک با تولید عوارض و جست‌وجو میان عوارض تولید شده، مناسب‌ترین مقدار عوارض را بین عوارض تولید شده مشخص می‌سازد که البته ممکن است این عوارض مناسب مقدار بهینه نباشد، اما تا حد قابل قبولی به مقدار بهینه نزدیک است.

مراحل حل مسئله به استفاده از الگوریتم ژنتیک

محاسبات مربوط برای حل مسئله مورد نظر با استفاده از برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار متلب[4] انجام شده است. گام نخست، مشخص کردن پارامترهای مربوط برای حل مسئله می‌باشد. سپس با توجه به ورودی های مسئله، الگوریتم ژنتیک مقدار عوارض مشخصی را تولید و سپس با استفاده از آن مسئله سطح پایین (مسئله تخصیص)حل می‌شود؛ و سپس با استفاده از جواب‌های به‌دست آمده از مسئله سطح پایین (جریان بر روی کمان‌ها)، جواب مسئله سطح بالا (منفعت عمومی) به‌دست می‌آید. الگوریتم ژنتیک با مقایسه جواب‌های به‌دست آمده تعدادی از عوارضی را که بهترین جواب‌ها (بیش‌ترین منفعت عمومی) را حاصل کرده‌اند به عنوان عوارض مناسب انتخاب و پس از انجام عملیات تغییر عوارض جدیدی را

1. Metaheuristic
2. Simulated Annealing
3. John holand
4. Matlab

Archive of SID
www.SID.ir

راهور
۸۸
فصلنامه
علمی- ترویجی
سال هشتم- شماره ۱۶

برای نسل[1] (تکرار) بعد تولید می‌کند. این عمل تا برقراری شرط توقف (در این مقاله تعداد تکرارهای مشخص) ادامه می‌یابد. در پایان الگوریتم ژنتیک بهترین عوارضی که بیش‌ترین منفعت عمومی از آن حاصل شده به عنوان جواب پایانی معرفی می‌کند. در استفاده از الگوریتم ژنتیک برای به‌دست آوردن پارامترهای مناسب باید تحلیل حساسیت انجام شود. در نتیجه در ابتدا این پارامترها به صورت فرضی در نظر گرفته می‌شوند سپس با اجراهای متفاوت بر روی مسئله مقدار مناسب آن‌ها از طریق تحلیل حساسیت به‌دست می آید. در ادامه مراحل انجام الگوریتم توضیح داده می‌شود.

۱- نحوه کدبندی عوارض

اولین گام در به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک نمایش جواب‌های مسئله به صورت یک کروموزوم[2] است. چون هدف از استفاده از الگوریتم ژنتیک به‌دست آوردن مقدار عوارض است. در این مسائل می‌توان از کدبندی به صورت رشته‌ای[3] استفاده کرد. رشته‌های مورد استفاده رشته دودویی[4] می‌باشند. بدین صورت که مقدار عوارضی که قرار است از کمربندها اخذ شود به شکل اعداد بر مبنای دو بیان می‌شوند. برای مثال، کروموزم شکل(۱) مقدار عوارضی برابر ٤٥٤ تومان را مشخص می‌کند.

۴۵۴	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۰

شکل ۱. نحوه‌ی کدبندی جواب‌ها

مقدار این کروموزوم با استفاده از رابطه(٦) محاسبه می‌شود.

1. Generation
2. Chromosome
3. String Coding
4. Binary String

Archive of SID

www.SID.ir

$$\tau_i = \sum_{k=0}^{k=n-1} 2^k s_k = 2^8 \times 1 + 2^7 \times 1 + 2^6 \times 1 + 2^2 \times 1 + 2^1 \times 1 = 454 \quad (۶)$$

s بیانگر هر بیت است که می‌تواند اعداد ۰و۱ را به خود بگیرد.

۲- ایجاد عوارض اولیه

در ایـــن مرحلـــه عوارض اولیه به صورت تصادفی تولید می‌شـــود. در الگوریتم ژنتیک مربوط به این مقاله هر کروموزوم بیانگر مقدار عوارض مشـــخص اســـت که به شکل باینری و در مبنای ۲ بیان شـــده اســـت. بنابراین، در این مرحله اگر نیاز به داشـــتن ۱۰ عدد عوارض باشـــد و طول کروموزوم‌ها ۸ بیت فرض شود. نیاز به ایجاد ۸×۱۰=۸۰ عدد تصادفی از مجموعه ۰ و ۱ است. البته تعداد بیت‌ها لازم با توجه به این که عوارض تولید شـــده باید در بین حدود بالا و پایین عوارض باشد $\tau_{\max} \geq \tau_i \geq \tau_{\min}$ با استفاده از (۷) به دست می‌آید.

$$2^{n-1} \leq \tau_{\max} - \tau_{\min} \quad (۷)$$

n = تعداد بیت‌های هر کروموزوم(عوارض)

هر کروموزوم بیانگر یک مقدار عوارض است که می‌توان توسط رابطه (۸) مقدار آن را به‌دست آورد:

$$\tau_i = \tau_{\min} + \sum_{k=0}^{k=n-1} 2^k s_k \quad (۸)$$

برای مثال، کروموزوم (عوارض) (۰۰۰۰۰۰۰۱۱۱) در مثال بالا بیانگر مقدار عوارض ۲۰۷ تومان است:

$$\tau_i = \tau_{\min} + \sum_{k=0}^{k=n-1} 2^k s_k = 200 + 2^2 \times 1 + 2^1 \times 1 + 2^0 \times 1 = 207 \quad (۹)$$

با توجه به این که برای تک تک عوارض تولید شده باید محاسبات بر روی شبکه انجام گیرد. در نتیجه تعداد عوارض اولیه تأثیر بســـیار زیادی بر روی مدت زمان محاســـبات دارد. بنابراین،

Archive of SID
www.SID.ir

باید مقدار بهینه‌ای برای تعداد عوارض اولیه در نظر گرفته شود. به طور کلی، با افزایش مقدار عوارض در هر تکرار تعداد تکرارهای مورد نیاز برای رسیدن به جواب مناسب کم می‌شود و بلعکس. با حل کردن مسئله به وسیله تعداد عوارض اولیه متفاوت، عوارض اولیه در این مسئله ۲۰ عدد در نظر گرفته شده است.

۳- ارزیابی جواب‌های با استفاده از تابع هدف و تابع برازندگی

در این مرحله با معرفی یک معیار یا اندازه به بهتر بودن یا نبودن هر جواب ممکن از جمعیت موجود پی می‌بریم. این عمل توسط تابع برازندگی[1] انجام می‌شود. با استفاده از این تابع به هر کروموزوم(عوارض) یک مقدار برازندگی نسبت داده می‌شود. در این مسئله بهترین جواب بیش‌ترین مقدار تابع هدف (منفعت عمومی) را خواهد داشت. تبدیل استفاده شده در این مقاله این‌گونه است که برازندگی هر عوارض $F(\tau_i)$ از طریق تقسیم مقدار منفعت عمومی حاصل از اخذ آن عوارض بر منفعت عمومی حاصل از دیگر عوارض تولید شده در آن تکرار(نسل) به‌دست می‌آید.

$$F(\tau_i) = \frac{SW(\tau_i)}{\sum SW(\tau_i)} \qquad (۱۰)$$

$SW(\tau_i)$: مقدار منفعت عمومی مربوط به عوارض τ_i

τ_i: مقدار i امین عوارض

۴- انتخاب

مقدار تابع هدف به‌دست آمده از مرحله قبل، پایه‌ای برای انتخاب عوارضی است که در زمان تولید مثل با یکدیگر ترکیب می‌شوند یا بر روی آنها جهش صورت می‌گیرد. در این مقاله از

1. Fitness Function

Archive of SID

www.SID.ir

ترکیبی از روش‌های انتخاب بر اساس چرخ رولت[1] و انتخاب بر اساس بهترین‌ها[2] استفاده شده است. بدین صورت که پس از تعیین مقدار برازندگی اعضای جمعیت، می‌توان آن‌ها را با احتمالی متناظر با برازندگی نسبی‌شان انتخاب کرد و برای تولید نسل بعد ترکیب کرد. همان‌طور که اشاره شد مقدار $F(x_i)$ برای هر شخص با استفاده از رابطه (۱۱) به‌دست می‌آید. بعد از تعیین مقدار برازندگی عوارض، تعداد دفعاتی که کرومزومی برای تولید مثل انتخاب می‌شود تعیین می‌شود. نحوه‌ی انتخاب بدین صورت است که عوارضی که دارای برازندگی بالاتری هستند شانس بیش‌تری برای بقا در سیستم و تولید مثل‌های بعدی دارند. در این‌جا ابتدا عوارض به ترتیب برازندگی مرتب شده و با استفاده از روش انتخاب بر اساس بهترین‌ها مقدار ۲۰ درصد جمعیت هر تکرار که بهترین برازندگی را دارا می‌باشند به تکرار بعدی انتقال داده می‌شوند سپس با استفاده از چرخ رولت شانس انتخاب عوارض برای انجام مرحله جهش یا ترکیب با استفاده از مقدار p_i که در عمل همان $F(x_i)$ است تعیین می‌شود.

$$P_i = F(\tau_i) = \frac{SW(\tau_i)}{\sum SW(\tau_i)} \qquad (۱۱)$$

$SW(\tau_i)$: مقدار منفعت عمومی مربوط به عوارض τ_i

τ_i: مقدار i امین عوارض

در این صورت اگر مقدار n عوارض وجود داشته باشد، مقدار تجمعی P_i برای این جمعیت برابر ۱ خواهد بود. در چرخ رولت مقدار تجمعی P_i در تابعی با نام $C(i)$ ذخیره می‌شود. سپس برای هر عوارض یک عدد تصادفی بین ۰ و ۱ تولید می‌شود در صورتی که رابطه (۱۲) برای آن شخص بر قرار باشد او به عنوان والد انتخاب می‌شود.

$$C(i-1) < random < C(i) \qquad (۱۲)$$

با استفاده از این روش مجموعه‌ای از عوارض به عنوان جمعیت والد انتخاب می‌شود.

1.Roulette Wheel Selection

2. Elitist selection

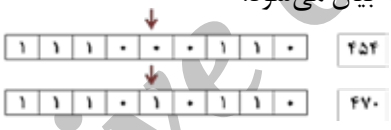
Archive of SID
www.SID.ir

راهور
۹۲
فصلنامه
علمی- ترویجی
سال هشتم- شماره ۱۶

۶- تغییر(جهش و ترکیب)

برای تغییر در کروموزوم‌ها(عوارض) دو راه‌حل اساسی وحود دارد. اولین و ساده‌ترین روش جهش[1] نامیده می‌شود درست مثل جهش در موجودات زنده که عبارت است از تغییر یک ژن به دیگری. دومین روش ترکیب[2] است به صورتی که دو کروموزوم(عوارض) قسمتی از ژن‌های یکدیگر را معاوضه می‌کنند. همانند آنچه در طبیعت وجود دارد و فرزندان جدید قسمت‌هایی از خصوصیات هر یک از والدین خود را به ارث برده‌اند.

در ژن‌های باینری جهش به معنای تغییر یک بیت از ۰ به ۱ یا از ۱ به ۰ است شکل(۲). درجه جهش نشان‌دهنده احتمال بروز جهش در یک ژن است. در این روش، در هر مقطع یک عدد تصادفی در بازه (۰و۱) در نظر گرفته می‌شود و اگر از عدد P_m بزرگ‌تر باشد آن ژن جهش داده می‌شود. P_m معرف احتمال جهش است. برای تعیین مقدار بهینه P_m تحلیل حساسیت صورت می‌گیرد که در ادامه بیان می‌شود.

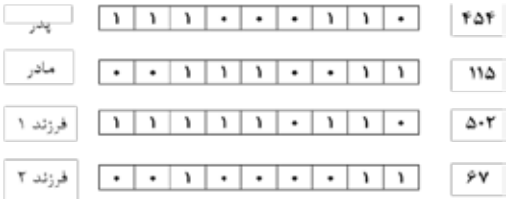


شکل۲: جهش

دومین روش تغییر روش ترکیب است به صورتی که دو کروموزوم(عوارض) قسمتی از ژن‌های یکدیگر را معاوضه می‌کنند. همانند آنچه در طبیعت وجود دارد و فرزندان جدید قسمت‌هایی از خصوصیات هر یک از والدین خود را به ارث برده‌اند. در این مقاله از روش ترکیب دو نقطه‌ای[3] استفاده شده است. نحوه‌ی ترکیب دو نقطه‌ای در شکل (۳) آورده شده است.

1. Mutation
2 .Crossover
3. Two-Point Cross Over

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۳: ترکیب

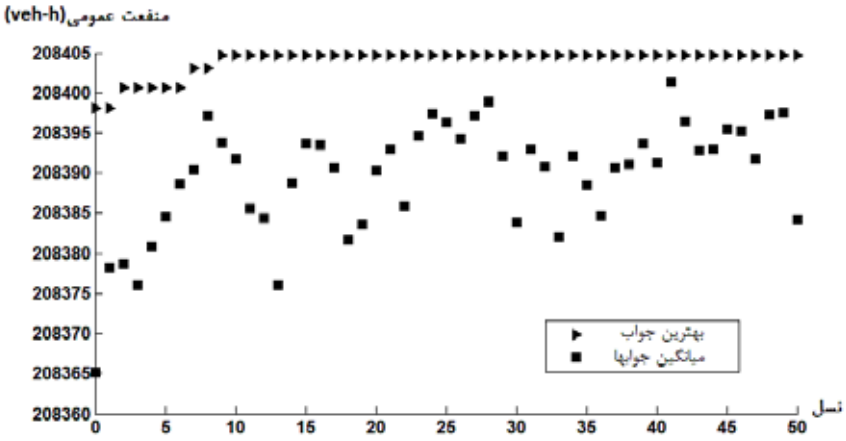
در روش ترکیب دو نقطه‌ای دو مکان بر روی کروموزوم به صورت تصادفی انتخاب شده و مقادیر بین این دو نقطه را جابه‌جا می‌شوند. برای مثال، اگر مکان اول در بیت سوم و مکان دوم در بیت ششم باشد عمل جابه‌جایی مانند شکل(۳) صورت می‌گیرد. عمل ترکیب با احتمال P_c انجام می‌شود. P_c عبارت است از نسبت تعداد فرزندان تولید شده توسط عمل‌گر ترکیب در هر نسل به اندازه کل جمعیت. این نسبت تعداد کروموزوم‌هایی را که انتظار می‌رود تحت عملیات ترکیب قرار گیرند کنترل می‌کند. مقدار بهینه P_c با استفاده از تحلیل حساسیت به‌دست می‌آید.

۷- توقف

از آنجا که الگوریتم ژنتیک یک روش جست‌وجو تصادفی است، تعیین یک ملاک هم‌گرایی مشخص، دشوار خواهد بود. زیرا ممکن است برازندگی یک جمعیت در نسل‌های متمادی ثابت بماند و سپس ناگهان یک عضو بسیار برتر در جمعیت پیدا شود. به همین دلیلی شرایط متداول برای سنجش میزان هم‌گرایی و شرط توقف الگوریتم‌ها در این‌جا با مشکل مواجه شوند. یکی از راه‌ها توقف محدود کردن تعداد نسل‌هاست که می‌توان مشخص کرد برنامه تا چند نسل(تکرار) پیش برود. در شکل(٤) مقدار به‌دست آمده برای ۵۰ نسل(تکرار) نمایش داده شده است همان طور که مشخص است، با داشتن ۲۰ عدد عوارض(جمعیت اولیه) در تکرار نهم مقدار بهینه تابع به‌دست آمده است و با تکرارهای بیش‌تر تغییری در جواب مسئله صورت نمی‌گیرد. به همین دلیل تعداد ۱۰ تکرار به عنوان شرط توقف در نظر گرفته می‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir

راهور
۹۴
فصلنامه
علمی- ترویجی
سال هشتم- شماره ۱۶



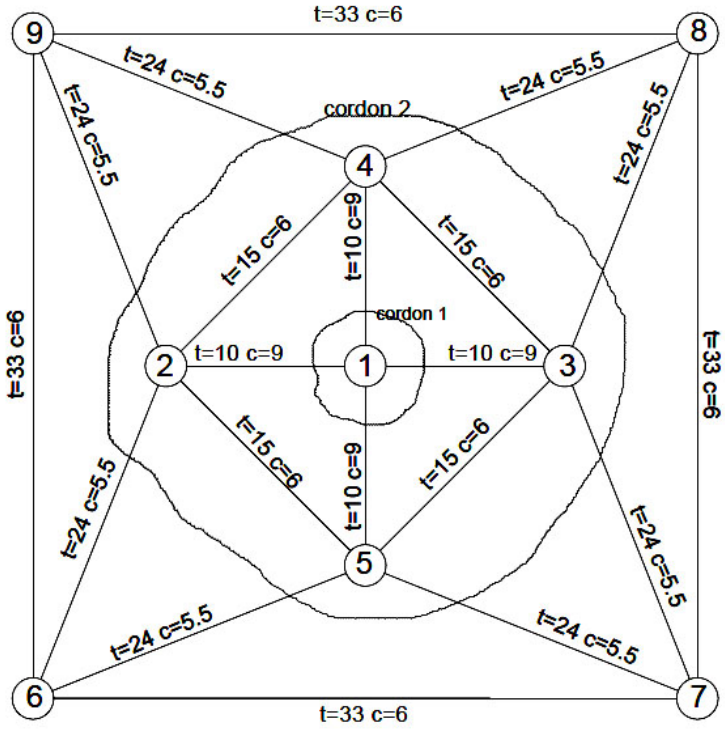
شکل ۴: نمودار جواب‌های به‌دست آمده از ۵۰ تکرار

شبکه فرضی مورد بررسی

شبکه مورد نظر دارای ۹ گره و ۲۰ کمان است. شکل(۵) که بر روی آن دو کمربند اخذ عوارض اجرا شده است که خودروها با ورود به هر یک مقدار عوارضی را پرداخت می‌کنند. تابع تقاضا به صورت الاستیک در نظر گرفته شده و تمامی گره‌ها با هم تبادل سفر دارند. ارزش زمانی افراد به صورت تابع لوگ نرمال با پارامترهای $\sigma = ۰/٦$ و $\mu = ۷/۹$ در نظر گرفته شده است. مقدار عوارض در هر دو کمربند یکسان فرض شده است. با استفاده از الگوریتم ژنتیک مقدار مناسب این عوارض به‌دست می‌آید. برای به‌دست آوردن مقدار عوارض ابتدا پارامترهای مربوط به الگوریتم ژنتیک محاسبه می‌شود. برای به‌دست آوردن مقادیر مناسب P_m, P_c شبکه مورد نظر با مقادیر مختلف این پارامترها حل شده است.

جدول (۱) مقدار منفعت عمومی ماکزیمم به‌دست آمده از مقادیر متفاوت P_m, P_c را نمایش می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، در دو حالت $P_m = 0.08, P_c = 0.6$ و حالت $P_m = 0.06, P_c = 0.8$ منفعت عمومی بیشترین مقدار را به خود گرفته است. اما به دلیل اینکه در $P_c = 0.6$ مقادیر نسبتاً بالاتری به‌دست آمده است مقدار $P_m = 0.08, P_c = 0.6$ انتخاب شده است. در شکل (٦) نحوه‌ی توزیع جواب‌ها با مقادیر مختلف P_m, P_c مشخص است.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۵: شبکه فرضی(t = زمان سفر آزاد به دقیقه و c ظرفیت کمان (هزار خودرو در ساعت))

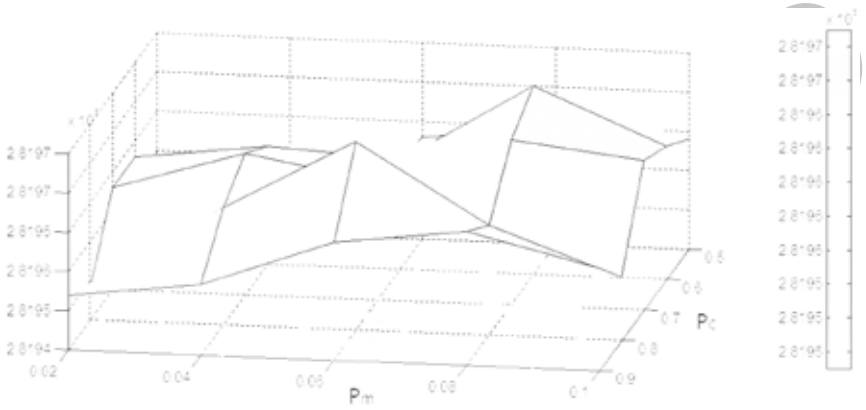
جدول ۲: نمونه یک جدول

	۰/۵		۰/۶		۰/۷		۰/۸		۰/۹	
	منفعت عمومی	عوارض	منفعت عمومی	عوارض	منفعت عمومی	عوارض	منفعت عمومی	عوارض	منفعت عمومی	عوارض
۰/۰۲	۲۸۱۹۵۲	٤۲۰	۲۸۱۹۵۸	450	۲۸۱۹۵۸	610	۲۸۱۹٤۹	٦٦۰	۲۸۱۹۵۲	390
۰/۰۴	۲۸۱۹۵۲	٤۲۰	۲۸۱۹٦۰	٤٦۰	۲۸۱۹٦۳	۵۵۰	۲۸۱۹٦۰	420	۲۸۱۹۵٤	410
۰/۰۶	۲۸۱۹۵۸	٤۵۰	۲۸۱۹۵۹	540	۲۸۱۹٦۰	390	۲۸۱۹٦۹	۵۷۰	۲۸۱۹٦۰	420
۰/۰۸	۲۸۱۹٦۰	390	۲۸۱۹٦۹	570	۲۸۱۹٦٦	۳٦۰	۲۸۱۹۵۹	540	۲۸۱۹٦۲	590
۰/۱	۲۸۱۹۵۹	540	۲۸۱۹٦۲	590	۲۸۱۹٦٤	590	۲۸۱۹۵۳	۳۵۵	۲۸۱۹۵۸	450

Archive
www.SID.ir

راهور
۹۶
فصلنامه
علمی- ترویجی
سال هشتم- شماره ۱۶

همان‌طور که در جدول(۲) مشخص است. بیش‌ترین مقدار منفعت عمومی در مقدار عوارض ۵۷۰ تومان و برابر ۲۸۱۹۶۹ خودرو- ساعت به‌دست می‌آید. به عبارت دیگر، با اخذ عوارضی برابر با ۵۷۰ تومان بهترین نتیجه از ایجاد کمربند اخذ عوارض در این مثال حاصل می‌شود.



شکل۶: نمودار اثر تغییرات P_m ،P_c بر روی تابع هدف

نتیجه‌گیری

در این مقاله روشی برای به‌دست آوردن عوارض بهینه در کمربند اخذ عوارض با استفاده از الگوریتم ژنتیک ارائه شد. روش ارائه شده بدین صورت است که، ابتدا الگوریتم ژنتیک مقدار عوارض مشخصی را تولید و سپس با استفاده از آن مسئله سطح پایین (مسئله تخصیص) حل می‌شود؛ و سپس با استفاده از جواب‌های به‌دست آمده از مسئله سطح پایین (جریان بر روی کمان‌ها)، جواب مسئله سطح بالا (منفعت عمومی) به‌دست می‌آید. الگوریتم ژنتیک با مقایسه جواب‌های به‌دست آمده مقدار عوارضی را که بهترین جواب (بیش‌ترین منفعت عمومی) را حاصل کرده به عنوان عوارض مناسب و جواب پایانی معرفی می‌کند. در این‌جا مقاله الگوریتم کلی برای به‌دست آوردن عوارض مناسب ارائه شده است. با حل یک مثال ساده نحوه‌ی به‌دست آوردن پارامترهای مربوط به الگوریتم و نحوه‌ی رسیدن به جواب توضیح داده شده است. نکته

Archive

www.SID.ir

ای که باید بیان شـود و از ضعف های اسـتفاده از الگوریتم ژنتیک اسـت این اسـت که عوارض به‌دست آمده از الگوریتم ژنتیک لزوماً عوارض بهینه یا بهترین عوارض نیست. اما می‌توان گفت که جواب به‌دسـت آمده از این الگوریتم تا حد قابل قبولی به عوارض بهینه نزدیک اسـت. البته اسـتفاده از این الگوریتم مزایای زیادی نیز دارد. اولین و مهم‌ترین نقطه قوت این الگوریتم ها این است که الگوریتم های ژنتیک ذاتاً موازی‌اند. اکثر الگوریتم های دیگر موازی نیستند و فقط می توانند فضای مسئله مورد نظر را در یک جهت در یک لحظه جست‌وجو کنند و اگر راه‌حل پیدا شده یک جواب بهینه محلی باشد یا زیر مجموعه‌ای از جواب اصلی باشد باید مراحل حل را دوباره از ابتدا شروع کرد. اما در این مسئله به دلیل معرفی ۲۰ جواب اولیه در هر تکرار الگوریتم ۲۰ نقطه متفاوت در فضای جواب را بررسـی می‌کند. دیگر آن که کد نویسـی الگوریتم ژنتیک در انواع زبان‌های برنامه‌نویسـی برای کار با رایانه راحت اسـت. در این تحقیق نیز کد نویسـی مسئله در محیط متلب انجام شد. از مزایای کد نویسی الگوریتم ژنتیک در محیط متلب قابلت اسـتفاده هم‌زمان از چند پردازنده اسـت. بدین صورت هر پردازنده می‌تواند عملیات مربوط به یکی از جواب‌ها (عوارض) را انجام دهد و به دلیل این عملیات موازی سرعت رسیدن به جواب افزایش می‌یابد. با توجه به مزیت‌های بیان شده الگوریتم ژنتیک را می‌توان به عنوان یک روش فرا ابتکاری مناسب برای حل مسائل مربوط به قیمت‌گذاری استفاده کرد.

منابع

- زندیه، الف. م، (۱۳۸۷). الگوریتم‌های فرا ابتکاری در بهینه‌سازی ترکیبی، تهران: انتشارات صفّار.

- Chen, M., Bernstein, D., (2004). "Solving the toll design problem with multiple user groups". Transport Research Part B: Methodological 38, 61–79.

- Ho, H.W. et al, (2005). "Cordon-based congestion pricing in a continuum traffic equilibrium system". Transportation Research Part A: Policy and Practice 39 (7–9), 813–834.

Archive of SID
www.SID.ir

راهور
۹۸
فصلنامه
علمی- ترویجی
سال هشتم- شماره ۱۶

- Mun, S., Konishi, K., Yoshikawa, K., (2003).» Optimal cordon pricing». Journal of Urban Economics 54, -21–38.

- Yan, H., Lam, W.H.K., (1996). «Optimal road tolls under conditions of queuing and congestion». Transportation Research Part A: Policy and Practice 30 (5), 319–332.

- Yang, H., & Zhang, X. (2002). «Multiclass network toll design problem with social and spatial equity constraints». Journal of Transportation Engineering, 128(5), 420–428.

- Yang, H and Huang, H. J., (2005). "Mathematical and Economic Theory of Road Pricing", 1th. Edition ,Oxford:Elsevier.

- Zhang, X., Yang, H., (2004). "The optimal cordon-based network congestion pricing problem". Transportation Research 38B, 517–537.

Archive of SID

www.SID.ir