

سیستم‌های پیشرفته اطلاع‌رسانی به راننده در مدیریت ترافیک شهر تهران

امیر حسین فانی* - کارشناس ارشد مهندسی عمران گرایش راه و ترابری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران، ایران.
عباس بابازاده - استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران، ایران.

Advanced traveler information systems (ATIS) for traffic management of Tehran road network

Abstract

The advanced traveler information systems (ATIS) are designed to be efficient in many aspects such as helping users in making travel route choice decisions, alleviating road congestion and enhancing network performance. These systems can propose a variety of information to users due to their criteria and objectives. In this paper, to enhance the performance of the network, it is assumed that all of the vehicles in Tehran network are equipped with ATIS and the information of system optimal (SO) routes is proposed to the users. By noting that the travel times of some suggested paths are more than those of the shortest paths of the network, simply a portion of the users follows the information while the other uses the shortest paths. Accordingly, users are divided into two groups, and assigned to the network based on system optimal and user equilibrium, respectively. An iterative method is presented for assigning the demand of both groups simultaneously based on extending the well-known Frank-Wolf algorithm. Moreover, a sensitivity analysis of total travel time and average travel speed is performed regarding the different percentages of using the information of routes.

Keywords: ATIS, Route Choice, User Equilibrium, System Optimal.

چکیده

سیستم‌های پیشرفته اطلاع‌رسانی به راننده (ATIS) می‌توانند در زمینه‌های مختلفی نظیر کمک به استفاده‌کنندگان برای تصمیم‌گیری در انتخاب مسیر، کاهش تراکم ترافیکی در شبکه و بهبود عملکرد آن موثر باشند. این سیستم‌ها می‌توانند بر پایه‌ی معیارها و اهداف مختلف، اطلاعات متفاوتی را به استفاده‌کنندگان ارائه دهند. در این مقاله، جهت بهبود عملکرد شبکه، فرض می‌شود که کلیه وسایل نقلیه شهر تهران مجهز به ATIS هستند و به کاربران شبکه اطلاعات مسیرها بر مبنای تعادل سیستم ارائه می‌شود. با توجه به این که زمان سفرهای برخی از مسیرهای پیشنهادی از زمان سفر کوتاه‌ترین مسیرهای شبکه بیشتر است، تنها گروهی از استفاده‌کنندگان از آن اطلاعات پیروی می‌کنند و گروه دیگر از کوتاه‌ترین مسیرها استفاده می‌کنند. بنابراین، استفاده‌کنندگان به این دو گروه تقسیم و به ترتیب بر مبنای تعادل سیستم و تعادل استفاده‌کننده به شبکه تخصیص داده می‌شوند. با تعمیم الگوریتم مطرح فرانک-ولف، روش حلی تکراری برای تخصیص همزمان تقاضای هر دو گروه ارائه شده، و تحلیل حساسیتی روی کل زمان سفر و سرعت متوسط شبکه برای درصدهای مختلف استفاده از اطلاعات مسیرها انجام می‌شود.

واژگان کلیدی: سیستم‌های پیشرفته‌ی اطلاع‌رسانی به راننده، انتخاب مسیر، تعادل استفاده‌کننده، بهینه سیستم.

پدیده تراکم ترافیکی یکی از مشکلات حمل و نقل درون شهری به خصوص در شهرهای بزرگ است. رشد روزافزون جمعیت و مالکیت وسیله نقلیه شخصی و متعاقب آن‌ها افزایش تقاضای سفر و همچنین عدم توزیع بهینه جریان ترافیکی در سطح شبکه معابر علاوه بر افزایش تراکم، می‌تواند منجر به افزایش آلودگی‌های زیست محیطی، آلودگی صوتی، تصادفات و اتلاف وقت استفاده‌کنندگان شود. بنابراین یکی از اهداف مطالعات حمل و نقل شهری ارائه سیاست‌های مدیریتی جهت توزیع نزدیک به بهینه‌ی جریان در شبکه است که می‌تواند تا حدودی اثرات نامطلوب حمل و نقل شهری را کاهش دهد. یکی از جدیدترین و موثرترین راهکارهای مدیریت ترافیک که از فن‌آوری اطلاعات نشأت می‌گیرد، ایده بکارگیری سیستم‌های حمل و نقل هوشمند (ITS) است که می‌تواند برای دستیابی به تحرک پویا و روان ارتباط مناسبی بین کاربر و مسیر انتخاب شده توسط او برقرار کند (آدلر و بلو، ۱۹۹۸، ص ۱۵۷).

سیستم حمل و نقل هوشمند (ITS) به کاربرد ترکیبی پردازش اطلاعات، ارتباطات و تکنولوژی‌های حساس به ساختار حمل و نقل و عملکرد آن به منظور دستیابی به حمل و نقل روان، کارا و ایمن اطلاق می‌شود. ابزارهای ITS از طریق بهبود عملکرد سیستم باعث صرفه جویی در وقت، کاهش تصادفات، بهبود کیفیت زندگی و محیط‌زیست و افزایش کارایی فعالیت‌های اقتصادی می‌شود. به کارگیری سیستم‌های پیشرفته اطلاع‌رسانی به راننده (ATIS) یکی از روش‌های استفاده از ابزارهای ITS می‌باشد که مطالعات گسترده‌ای برای اجرای مناسب آن انجام شده است (هال، ۱۹۹۲، ص ۸۹). در سال‌های اخیر، تلاش‌های زیادی برای گسترش سیستم‌های پیشرفته اطلاع‌رسانی به راننده هم از سوی گردانندگان سیستم‌های حمل و نقل و هم از سوی مجامع علمی صورت گرفته است. ATIS

به استفاده‌کنندگان (رانندگان) کمک می‌کند تا اطلاعات محدود خود از شبکه را بهبود ببخشند و از این طریق هم بهتر انتخاب مسیر کنند و هم از استرس و نگرانی ناشی از مسیریابی بکاهند. همچنین از فواید ATIS برای گردانندگان سیستم حمل و نقل می‌توان به کاهش تاخیر، زمان سفر، مصرف سوخت و انتشار گازهای آلاینده در سیستم نام برد. (کروس و همکاران، ۲۰۰۶، ص ۱۲۷)

تاکنون تحقیقات زیادی بر روی مدلسازی تاثیرات ATIS و ارزیابی آن روی شبکه‌های شهری انجام شده است. در این تحقیقات عموماً از سه نوع تعادل شامل تعادل استفاده‌کننده (UE)، تعادل سیستم (SO)، و تعادل استفاده‌کننده تصادفی (SUE) یا ترکیبی از آنها برای مدلسازی شبکه‌های با ATIS استفاده شده است. زیرا واضح است که رانندگان دارای وسایل نقلیه مجهز به ATIS نسبت به سایر رانندگان رفتار متفاوتی در تصمیم‌گیری برای انتخاب مسیر خواهند داشت، و به علاوه کیفیت اطلاعات داده شده نیز بر این تصمیم‌گیری مؤثر خواهد بود (سان و همکاران، ۲۰۱۴، ص ۱۲۱). همچنین در

دسته مطالعات دیگری بر روی موضوع اطلاع‌رسانی به رانندگان، تأثیر اطلاعات داده شده به کاربران شبکه در مدل انتخاب مسیر آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است (ممسنی و لیو، ۱۹۹۹، ص ۹۱) (لو و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۸۹) (بن‌الیا و همکاران، ۲۰۱۳، ص ۱۴۶) (وو و هوانگ، ۲۰۱۰، ص ۲۷۱). کنفانی و الدیک (۱۹۹۱، ص ۱۹۱) کارایی سیستم‌های اطلاع‌رسانی را با مقایسه‌ی کل زمان سفر شبکه در دو حالت UE و SO تخمین زدند. هارکر (۱۹۸۸، ص ۳۹) و بنت (۱۹۹۳، ص ۱۷۷) استفاده‌کنندگان مجهز به ATIS را بر اساس SO و سایر استفاده‌کنندگان را بر اساس UE مدل کردند. بن‌اکیوا و همکاران (۱۹۹۱، ص ۲۵۱) و کوتسپولوس و لوتان (۱۹۹۰، ص ۱۴۵) با در نظر گرفتن این نکته که با پیشرفت سیستم‌های اطلاع‌رسانی و کیفیت اطلاعات، رانندگان دارای این سیستم‌ها مسیرهای مناسب‌تری

را انتخاب می‌کنند، آن‌ها را بر اساس تعادل UE و سایر رانندگان را بر مبنای تعادل SUE مدل کردند. لو و زتو (۲۰۰۲، ص ۱۱۳)، یین و یانگ (۲۰۰۳، ص ۱۶۵) و هانگ و لی (۲۰۰۷، ص ۱۴۶۴) برای هر دو گروه مجهز و غیرمجهز به ATIS از دو مدل مختلف تعادل SUE بر مبنای لوجیت استفاده کردند. روش آن‌ها نزدیکی بیشتری به واقعیت رفتار تصادفی استفاده‌کنندگان دارد، زیرا هیچک از آن دو گروه نمی‌توانند محاسبه‌ی کاملاً دقیقی از زمان سفر مسیرها داشته باشند. همچنین اخیراً اجرای تخصیص دینامیکی برای بررسی وضعیت شبکه با توجه به وجود سیستم‌های اطلاع‌رسانی در شبکه مورد مطالعه قرار گرفته است (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۳، ص ۱۱۸) (بیفولکو و همکاران، ۲۰۱۴، ص ۳۰) (میتساکیس و همکاران، ۲۰۱۵، ص ۸۶۶) (زتو، ۲۰۱۴، ص ۳۲۳).

تعریف مسأله

سیستم‌های اطلاع‌رسانی به استفاده‌کنندگان می‌توانند بر پایه‌ی معیارها و اهداف مختلف، اطلاعات متفاوتی را به کاربران ارائه دهند. به عنوان مثال، برخی از سیستم‌ها اطلاعات مربوط به کوتاه‌ترین مسیرها را در دسترس استفاده‌کنندگان قرار می‌دهند و در نتیجه آن‌ها را به سمت تعادل استفاده‌کننده سوق می‌دهند. در این حالت هر استفاده‌کننده مجهز به ATIS، از مسیرهای پیشنهادی راضی می‌باشد، زیرا زمان سفرش کمتر یا مساوی زمان سفر مسیرهای دیگر بوده و در نتیجه تغییر مسیر به نفعش نیست (واردراپ، ۱۹۵۲، ص ۳۲۵). با این وجود، این وضعیت برای گردانندگان شبکه نامطلوب است، زیرا آن‌ها تمایل دارند با برقرارکردن تعادل SO کل زمان سفر در شبکه را می‌نیم کنند.

در برخی دیگر از سیستم‌ها، اطلاعات مسیرها جهت برقراری SO به استفاده‌کنندگان مجهز ارائه می‌شود. در این نوع سیستم‌ها همیشه این نگرانی وجود دارد که بعضی از استفاده‌کنندگان از مسیرهای پیشنهادی استفاده نکنند (ممسنی و پیتا، ۱۹۹۳، ص

۸۳). زیرا در این حالت، زمان سفر برخی از مسیرهای پیشنهادی از زمان سفر کوتاه‌ترین مسیرها بیشتر است، و در نتیجه رانندگانی که آشنایی بیشتری با شبکه دارند به خاطر منفعت فردی خود آن پیشنهادات را منصفانه نمی‌دانند.

جان و همکاران (۲۰۰۵، ص ۶۰۰)، با اضافه کردن محدودیت‌هایی به مسأله SO، شبکه‌های با ATIS را طوری مدل کردند که اولاً کل زمان سفر در شبکه نسبت به حالت UE کمتر باشد، و در عین حال مسیرهای پیشنهادی ATIS نسبت به حالت SO منصفانه‌تر شوند. اعمال این محدودیت‌ها به مسأله از افزایش بیش از حد زمان سفر مسیرهای پیشنهادی نسبت به کوتاه‌ترین مسیرها جلوگیری می‌کند.

در این مقاله فرض می‌شود که تمام وسایل نقلیه معادل سواری شهر تهران مجهز به ATIS باشند و اطلاعات مسیرها با فرض برقراری SO به استفاده‌کنندگان ارائه شوند. به علاوه، با توجه به توضیحات ارائه شده در فوق، فرض می‌شود که بخشی از استفاده‌کنندگان از اطلاعات پیشنهادی پیروی می‌کنند و مابقی به دلایل مختلف (از جمله شناخت کافی نسبت کوتاه‌ترین مسیرهای شبکه بر اساس تجارب کسب شده در استفاده‌های قبلی) این پیشنهادات را نپذیرفته و از همان کوتاه‌ترین مسیرهای مربوط به UE استفاده می‌کنند. بر این اساس، شبکه معابر تهران برای سناریوهایی مختلف از درصد پذیرش اطلاعات SO مدل شده و سپس کل زمان سفر و سرعت شبکه نسبت به آن درصدها تحلیل حساسیت می‌شوند.

الگوریتم حل مسأله

همانطور که در بخش قبل اشاره شد، در تعریف مسأله این مقاله استفاده‌کنندگان شبکه به دو گروه تقسیم می‌شوند. گروه اول که از اطلاعات ارائه شده پیروی نمی‌کنند و در نتیجه در حالت UE مدل می‌شوند، و گروه دوم که از این اطلاعات استفاده می‌کنند و در حالت SO مدل می‌شوند. برای حل



مسئله UE از الگوریتم معروف فرانک-ولف (فرانک و ولف، ۱۹۵۶، ص ۹۵) استفاده می‌شود. این الگوریتم روشی تکراری است که در آن از نوعی جستجوی خطی برای یافتن اندازه‌ی گام حرکت در هر تکرار استفاده می‌شود. در هر تکرار این الگوریتم، جهت نزول برابر با تفاضل بین جواب حاصل از تخصیص همه یا هیچ و جواب مرحله قبل به دست می‌آید. مسأله‌ی UE برای گروه اول به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$(۱) \quad \text{Min } Z_u = \sum_w \int_0^{x_a^u} t_a(x_a^s + w) dw$$

$$(۱-۱) \text{ s.t. } \sum_k f_k^{rs} = q_{rs}^u \quad \forall r, s$$

$$(۲-۱) \quad f_k^{rs} \geq 0 \quad \forall r, s, k$$

$$(۳-۱) \quad x_a^u = \sum_{r,s} \sum_k f_k^{rs} \delta_{ak}^{rs}$$

که در آن q_{rs}^u تقاضای گروه اول (تقاضای UE)، x_a^u جریان a در کمان حاصل از تقاضای UE، x_a^s جریان در کمان a حاصل از تقاضای گروه دوم (تقاضای SO)، f_k^{rs} جریان در مسیر k از مبدا r به مقصد s مربوط به تقاضای UE، δ_{ak}^{rs} برابر است با ۱ اگر کمان a روی مسیر k از r به s واقع باشد، و در غیر این صورت برابر صفر است. در این مدل زمان سفر متوسط هر کمان a به صورت تابع $t_a(x_a)$ با $x_a = x_a^s + x_a^u$ تعریف شده است.

برای حل مسأله‌ی SO نیز از همان الگوریتم فرانک-ولف استفاده می‌شود، با این تفاوت که تابع زمان سفر حاشیه‌ای $\tilde{t}_a(x_a)$ جایگزین $t_a(x_a)$ می‌شود. زیرا حل مسأله‌ی SO با تابع زمان سفر $t_a(x_a)$ معادل است با حل مسأله‌ی UE با تابع زمان سفر $\tilde{t}_a(x_a)$ (شفی، ۱۹۸۵). با تعریف به صورت مسأله‌ی SO $t_a(x_a) = t_a(x_a) + x_a t'_a(x_a)$ برای گروه دوم به صورت زیر بیان می‌شود.

$$\text{Min } Z_s = \sum_w \int_0^{x_a^s} \tilde{t}_a(w + x_a^u) dw \quad (۲)$$

$$\text{s.t. } \sum_k g_k^{rs} = q_{rs}^s \quad \forall r, s, \quad (۱-۲)$$

$$g_k^{rs} \geq 0 \quad \forall r, s, k \quad (۲-۲)$$

$$x_a^s = \sum_{r,s} \sum_k g_k^{rs} \delta_{ak}^{rs} \quad (۳-۲)$$

که در آن تعریف نمادهای ریاضی شبیه تعاریف قبلی است با این فرق که رونویس s (به جای u) معرف حالت SO بوده و g_k^{rs} جریان در مسیر k از مبدا r به مقصد s مربوط به تقاضای SO است. دو مدل آرایه شده در فوق با توجه به تعریف توابع $t_a(x_a)$ و $\tilde{t}_a(x_a)$ نمی‌توانند به طور مستقل حل شوند. به همین منظور در این مقاله با تعمیم الگوریتم فرانک-ولف روشی تکراری برای حل همزمان آنها آرایه می‌شود. در هر تکرار این روش، تقاضاهای q_{rs}^s و q_{rs}^u به صورت همه یا هیچ به شبکه تخصیص داده می‌شوند تا جهات حرکت و سپس اندازه‌های گام در آن تکرار به دست آیند و الگوریتم تا رسیدن به جواب تعادلی تکرار می‌شود. گام‌های این الگوریتم به شرح زیر است:

گام ۰- مقادیر اولیه: جواب اولیه‌ی x_a^s و x_a^u را تعیین و دقت جواب ε را انتخاب کنید.
گام ۱- شرط توقف UE: قرار دهید $x_a = x_a^u + x_a^s$ برای هر کمان a کوتاه‌ترین مسیرها را بر اساس زمان‌های $t_a(x_a)$ حساب کنید و $u^u = (u_{rs}^u)$ را برابر بردار طول کوتاه‌ترین مسیرها بین زوج‌های مبدا-مقصد قرار دهید. شکاف نسبی RG_u را حساب کنید:

$$(۳) TC_u = \sum x_a^u t_a(x)$$

$$(۴) RG_u = (TC_u - u^u d^u) / TC_u$$

اگر $RG_u \leq \varepsilon$ به گام ۵ بروید.

گام ۳- جهت حرکت UE: با تخصیص تقاضای d^u به مسیرهای بدست‌آمده در گام ۱ جواب کمکی y_a^u را پیدا کنید.

گام ۴- اندازه گام: اندازه‌ی گام α را از حل مسأله‌ی زیر پیدا کن.

$$(۵) \quad \text{Min } Z(\alpha) = \sum_a \int_0^{x_a^u + \alpha(y_a^u - x_a^u)} t_a(x_a^s + w) dw$$

$$\text{s.t. } 0 \leq \alpha \leq 1$$

گام ۵- حرکت UE:

$$(۶) \quad x_a^u = x_a^u + \alpha(y_a^u - x_a^u)$$

توسط جوانی (۱۳۹۰) برای نوشتن الگوریتم فوق استفاده شده است.

نتایج عددی

الگوریتم ارائه شده در بخش ۳ به صورت یک برنامه کامپیوتری توسط کامپایلر MICROSOFT VISUAL C++ ویرایش ۶ نوشته و برای شبکه‌ی تهران روی یک کامپیوتر (Intel(R) Core(TM) Duo CPU ۲ با سرعت ۲/۵۳ GHz و حافظه RAM چهار گیگابایت و با در نظر گرفتن دقت نهایی برابر ۰/۲ و ماکزیمم تکرار برابر ۵۰ اجرا شد.

جدول ۱ نتایج حاصل از الگوریتم پیشنهادی را برای درصدهای مختلف استفاده از اطلاعات SO در شبکه تهران نشان می‌دهد. این نتایج شامل کل زمان سفر و سرعت متوسط، به عنوان شاخص‌هایی از عملکرد شبکه هستند. مشاهده می‌شود که کل زمان سفر با افزایش درصد استفاده از اطلاعات کم شده، و مقدار این کاهش در درصدهای بزرگتر کمی بیشتر است. این در حالی است که سرعت متوسط تقریباً به صورت خطی با افزایش درصد استفاده زیاد می‌شود. شکل‌های ۱ و ۲ به ترتیب روند کاهش کل زمان سفر و افزایش سرعت را برای درصدهای مختلف استفاده از اطلاعات نشان می‌دهند.

همانطور که جدول ۱ نشان می‌دهد، وقتی هیچ راننده‌ای از ATIS استفاده نمی‌کند، کل زمان سفر شبکه بیشترین مقدار خود را دارد که این حالت

گام ۶- شرط توقف SO: قرار دهید. $x_a^s = x_a^s + x_a^u$ برای هر کمان a کوتاه‌ترین مسیرها را بر اساس زمان‌های $\tilde{t}_a(x_a)$ حساب کنید. $u^s = (u_{rs}^s)$ را برابر بردار طول کوتاه‌ترین مسیرها بین زوج‌های مبدأ- مقصد قرار دهید. شکاف نسبی RG_s را حساب کنید:

$$(7) TC_s = \sum x_a^s \tilde{t}_a(x)$$

$$(8) RG_s = (TC_s - u^s d^s) / TC_s$$

اگر $RG_s \leq \varepsilon$ به گام ۹ بروید.

گام ۷- جهت حرکت SO: با تخصیص تقاضای d^s به مسیرهای بدست‌آمده در گام ۵ جواب کمکی y_a^s را پیدا کنید.

گام ۸- اندازه گام SO: اندازه‌ی گام α را از حل مسأله‌ی زیر پیدا کنید.

$$(9) \begin{aligned} \text{Min} Z(\alpha) &= \sum_a \int_0^{x_a^s + \alpha(y_a^s - x_a^s)} \tilde{t}_a(w + x_a^u) dw \\ \text{s.t.} \quad &0 \leq \alpha \leq 1 \end{aligned}$$

گام ۹- حرکت SO:

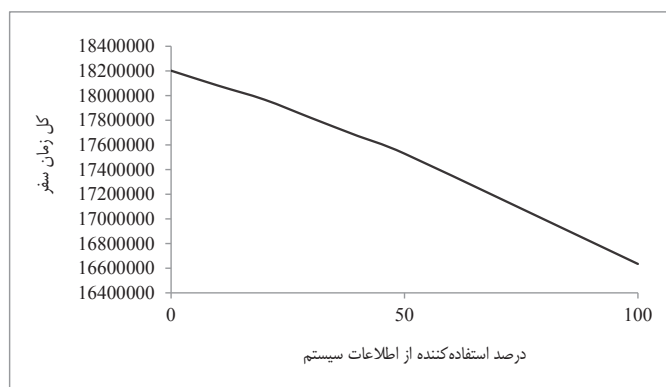
$$(10) x_a^s = x_a^s + \alpha(y_a^s - x_a^s)$$

گام ۱۰- شرط توقف کلی: اگر $RG_s \leq \varepsilon$ و $RG_u \leq \varepsilon$ پایان. وگرنه به گام ۱ برگردید.

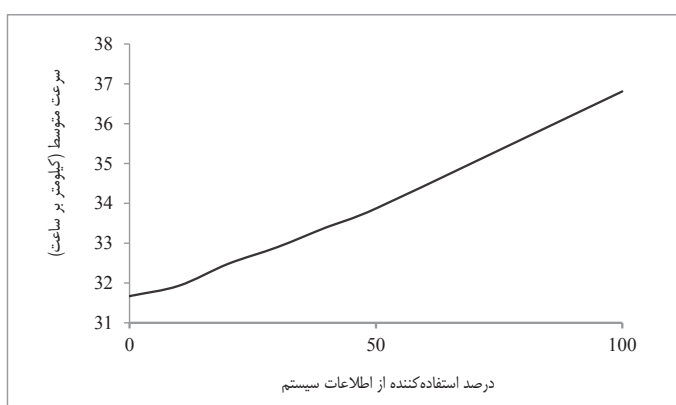
در این مقاله از ساختار مشابه برنامه‌ی نوشته شده

جدول ۱. کل زمان سفر و سرعت متوسط برای درصدهای مختلف استفاده از اطلاعات تعادل سیستم در شبکه تهران

درصد استفاده از اطلاعات سیستم	کل زمان سفر (وسیله- دقیقه)	سرعت متوسط (کیلومتر بر ساعت)
(UE) ۰٪	۱۸۲۰۲۵۶۸	۳۱,۶۷
۱۰٪	۱۸۰۸۲۱۱۳	۳۱,۹۳
۲۰٪	۱۷۹۶۷۵۷۵	۳۲,۴۸
۳۰٪	۱۷۸۱۹۰۳۴	۳۲,۹
۴۰٪	۱۷۶۷۲۷۲۶	۳۳,۴
۵۰٪	۱۷۵۲۹۵۴۴	۳۳,۸۷
(SO) ۱۰۰٪	۱۶۶۳۴۴۷۸	۳۶,۸۱



شکل ۱. روند کاهش کل زمان سفر برای درصدهای مختلف استفاده از اطلاعات تعادل سیستم در شبکه تهران



شکل ۲. روند افزایش سرعت متوسط برای درصدهای مختلف استفاده از اطلاعات تعادل سیستم در شبکه تهران

شبکه به اندازه ۲ کیلومتر بر ساعت افزایش می یابد. نتایج این مقاله اهمیت استفاده از سیستم های اطلاع رسانی را به عنوان یکی از گزینه های نوین حل مشکلات ترافیکی شبکه های شهری نشان می دهد. قطعاً، طراحی مناسب نوع و میزان اطلاع رسانی توسط این سیستم ها موجب مقبولیت اجتماعی و عملکرد بهتر آنها خواهد بود. از طرفی، این گزینه نسبت به گزینه های ساخت شبکه بسیار کم هزینه بوده و بر خلاف آنها مشکلات اجرا ندارد. لذا سیستم های پیشرفته ی اطلاع رسانی به راننده می تواند به عنوان گزینه ای کارا، کم هزینه و قابل اجرا مطرح باشد.

نشان دهنده تعادل UE می باشد. به همین ترتیب با افزایش تعداد رانندگانی که از مسیرهای پیشنهادی پیروی می کنند، کل زمان سفر شبکه کاهش پیدا کرده و همراه با آن سرعت متوسط وسایل نقلیه افزایش می یابد. در تئوری، وقتی همه رانندگان از مسیرهای SO استفاده کنند، کل زمان سفر شبکه مینیمم می شود. اما این اتفاق هیچگاه در واقعیت رخ نخواهد داد، زیرا در شهرهایی مثل تهران، تنها درصدی از رانندگان از تجهیزات ATIS استفاده می کنند. اما، همانطور که شکل های ۱ و ۲ نشان می دهند، اگر بتوان نیمی از رانندگان شهر تهران را تشویق به برقراری ارتباط با ATIS و استفاده از آن کرد، کل زمان سفر شبکه به اندازه ۴ درصد نسبت به وضع موجود کاهش یافته و سرعت متوسط در

search C, 26, 146-159.

Bennett, L., (1993), The existence of equivalent mathematical programs for certain mixed equilibrium traffic assignment problems. *European Journal of Operational Research* 71, 177-187.

Bifulco, J. N., Cantarella, G. E., Simonelli, F., (2014), Design of signal setting and advanced traveler information systems. *Journal of Intelligent Transportation Systems: technology, Planning and Operations*, 18(1), 30-40.

Chorus, C. G., Molin, E. J. E., Wee, B. V., (2006), Use and effects of advanced traveler information services (ATIS): a review of the literature, *Transportation Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 26(2), 127-149.

Frank, M., Wolfe, P., (1956), An algorithm for quadratic programming. *Naval Res. Logist. Quart.* 3, 95-110.

Hall, R. W., (1992), Non-recurrent congestion: how big is the problem? are traveler information systems the solution?, *Transportation Research C*, 1(1), 89-103.

Harker, P., (1988), Multiple equilibrium behaviors in networks. *Transportation Science* 22, 39-46.

Huang H J, Li Z C. (2007), A multi-class, multi-criteria logit-based traffic equilibrium assignment model under ATIS. *European Journal of Operational Research*, 176(3), 1464-1477.

Jahn, O., Mohring, R., Schuls, A. S., Stier Moses, N. E., (2005), System-Optimal Routing of Traffic Flows with User Constraints in Networks with Congestion, *Operations Research*, 53(4), 600-616.

Kanafani, A., Al-Deek, H., (1991), A simple model for route guidance benefit. *Transportation Research B*, 25, 191-202.

Koutsopoulos, H.N., Lotan, T., (1990), Motorist

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

به کمک الگوریتم فرانک-ولف تاثیر استفاده از سیستم‌های پیشرفته‌ی اطلاع‌رسانی به رانندگان (ATIS) در بهبود عملکرد شبکه تهران نشان داده شد. ATIS با برقراری ارتباط یکطرفه یا دوطرفه با رانندگان، مسیرهایی را برای سفر آنها پیشنهاد می‌دهد تا از این طریق بتواند در جهت هدفی مشخص مثل کاهش کل زمان سفر در شبکه حرکت کند. برای بررسی نحوه تاثیر ATIS بر عملکرد شبکه معابر، استفاده‌کنندگان به دو گروه UE و SO تقسیم شدند، به طوری که گروه اول از اطلاعات ATIS نمی‌کند و گروه دوم مسیرهای پیشنهاد شده توسط ATIS را می‌پذیرد. با تعمیم الگوریتم فرانک-ولف روشی تکراری برای تخصیص همزمان تقاضای هر دو گروه به شبکه ارایه، و برای درصدهای مختلف استفاده از ATIS روی شبکه تهران آزمایش شد. نتایج نشان دادند که هر چه نسبت تقاضای SO به UE بیشتر شود، عملکرد شبکه بهتر خواهد شد. بنابراین، سیستم‌های اطلاع‌رسانی در صورت طراحی مناسب می‌توانند به عنوان گزینه‌ای کارا برای کاهش مشکلات ترافیکی شهر تهران مطرح باشند.

منابع و مآخذ

جوانی، بابک (۱۳۹۰) الگوریتم خطی سازی مبتنی بر مسیر برای مسایل تخصیص ترافیک بزرگ مقیاس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی عمران.

Adler, J. L., Blue, V. J., (1988), Toward the design of intelligent traveler information systems, *Transportation Research C*, 6, 157-172.

Ben-Akiva, M., de Palama, A., Kaysi, I., (1991), Dynamic network models and driver information systems. *Transportation Research A* 25, 251-266.

Ben-Elia, E., Di Pace, R., Bifulco, G. N., Shiftan, Y., (2013), The impact of traveler information's accuracy on route-choice, *Transportation Re-*

- information systems and recurrent traffic congestion: sensitivity analysis of expected results. *Transportation Research Record* 1281, 145–158.
- Lo, H., Szeto, W., (2002), A methodology for sustainable traveler information services. *Transportation Research B* 36, 113–130.
- Lu, X., Gao, Z., Ben-Elia, E., (2011), Information impacts on route choice and learning behavior in a congested network: an experimental approach, *Transportation Research Record*, 2243, 89–98.
- Mahmassani, H. S., Liu, Y., (1999), Dynamics of commuting decision behavior under advanced traveler information systems, *Transportation Research C*, 7, 91-107.
- Mahmassani, H. S., Peeta, S., (1993), Network performance under system optimal and user equilibrium dynamic assignments: Implications for advanced traveler information systems. *Transportation Research Record*, 1408, 83–93.
- Mitsakis, E., Grau, J. M., Stamos, I., Aifadopoulou, G., (2015), An integrated framework for embedding large-scale dynamic traffic assignment models in advanced traveler information systems, *Journal of Intelligent Transportation Systems: technology, Planning and Operations*, 38(8), 866-877.
- Sheffi, Y., (1985), *Urban Transportation Networks*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Sun, H., Wu, J., Wang, W., Gao, Z., (2014), Reliability -based traffic network design with advanced traveler information systems, *Information Sciences*, 287, 121-130.
- Szeto, W., (2014), Dynamic modelling for intelligent transportation system applications, *Journal of Intelligent Transportation Systems: technology, Planning and Operations*, 18(4), 323-326.
- Wardrop, J. G. (1952), Some theoretical aspects of road traffic research. *Proc. Inst. Civil Engineers, Part II, Vol. 1*, 325–378.
- Wu, W., Huang, H., (2010), A new model for studying the SO-based pre-trip information release strategy and route choice behavior. *Transportmetrica*, 6(4), 271-290.
- Yin, Y., Yang, H., (2003), Simultaneous determination of the equilibrium market penetration and compliance rate of advanced traveler information systems. *Transportation Research A* 37, 165–181.
- Zhang, X., Guo, H., Liu, H., Li, Y., Pu, Y., (2013), Perception updating based stochastic dynamic assignment model, *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 13(1), 118-123.

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۴۱ زمستان ۹۴
No.41 Winter 2015

■ ۲۱۲ ■