زمان‌بندی بهینه چراغ راهنما در گذرگاه‌های عابر پیاده

فریبا تخت آبنوس*، دانشجوی دکترا، دانشکدهٔ علوم پایه، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

حمیدرضا ملکی، دانشیار، دانشکدهٔ علوم پایه، دانشگاه صنعتی شیراز، شیراز، ایران

علیرضا فخارزاده، دانشیار، دانشکدهٔ علوم پایه، دانشگاه صنعتی شیراز، شیراز، ایران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول: f.takhtabnoos@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۲۷- پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۵

Archive of SID

چکیده

به کارگیری چراغ راهنما در گذرگاه‌های عابران‌پیاده تأثیرمستقیمی بر سلامتی عابران پیاده و میزان تأخیر وسایل نقلیه دارد. نظر به اهمیت موضوع عدم رعایت قوانین راهنمایی و رانندگی از جانب برخی عابران پیاده و نقش آن در تعیین زمان بندی چراغ‌های راهنمایی، این واقعیت در این مقاله بررسی خواهد شد. در این راستا روابط بین طول فاز سبز مخصوص عابران و احتمال قانون گریزی آن‌ها بیان می‌گردد. مسئله‌ی مطرح شده به عنوان یک مسئله بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ با هدف کمینه کردن میانگین تأخیر وسایل نقلیه و طول فاز سبز مخصوص عابران به عنوان محدودیت مدل‌بندی می‌شود. همچنین الگوریتم جدیدی برای حل مسئله مذکور معرفی می‌شود. در نهایت برای نشان دادن کارایی و نحوه‌ی پیاده سازی الگوریتم به حل مثال عددی می‌پردازیم.

واژه‌های کلیدی: تأخیر، گذرگاه مجهز به چراغ، فاز سبز مخصوص عابران، وقفه

۱- مقدمه

مهندسان حمل‌ونقل و ترافیک برای رفع نیاز عبور و مرور عابران‌پیاده سه راه حل ارایه کرده‌اند که عبارتند از: عبور و مرور با استفاده از پل هوایی، استفاده از زیرگذر و استفاده از گذرگاه مخصوص عابران‌پیاده. گذرگاه‌های عابران‌پیاده خود به دو دسته‌ی گذرگاه مجهز به چراغ و گذرگاه بدون چراغ راهنما تقسیم‌بندی می‌شود. هزینه‌ی احداث گذرگاه عابران به مراتب کمتر از هزینه‌ی احداث پل هوایی و یا ایجاد زیرگذر مخصوص عابران‌پیاده است. بنابراین حرکت عابران‌پیاده در گذرگاه مجهز به چراغ راهنما مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. در سال۱۹۹۸ ویرکلر[۱] تحقیقاتی در زمینه کنترل ترافیک عابران و تأثیر اطاعت عابران از قوانین راهنمایی و رانندگی انجام داد (Virkler,1998). لی[۲] و همکاران تأخیر عابران‌پیاده را در تقاطعات مختلف بررسی نموده و یک مدل برای محاسبه‌ی میزان تأخیر عابران در گذرگاه‌های مجهز به چراغ در شهرهای پیشرفته را ارایه دادند (Li, et al. 2005). فنگ[۳] و همکاران تأخیر وسایل نقلیه را در شرایط مختلف تحت عبور عابران‌پیاده را بررسی کردند (Feng, 2007).

طراحی و نصب چراغ راهنما در گذرگاه‌ها بر ظرفیت عبور و مرور تأثیر خواهد داشت. با فرض ثابت بودن طول چرخه چراغ راهنما، اگر مدت زمان فاز سبز مخصوص عابران‌پیاده بسیار کوتاه باشد، ممکن است زمان لازم برای عبور و مرور عابران کافی

www.SID.ir

نباشد که این موضوع می‌تواند موجب عبور عابران از چراغ قرمز و تأثیر نامطلوب آن بر ظرفیت عبور و مرور باشد که این امر باعث ایجاد تصادفات و کاهش امنیت عابران می‌گردد. بنابراین بررسی آن و در نظر گرفتن اقدامات لازم و مؤثر از موارد لازم و ضروری این مسئله می‌باشد.

۲- خصوصیات عابران پیاده

تحقیقات روان‌شناسی نشان می‌دهد اغلب مردم تمایل به افزایش محصول خود و کاهش هزینه‌های خود دارند (Zou, et al. 2009). عابران‌پیاده نیز تمایل دارند با صرف کمترین هزینه و زمان به مقصد برسند. همچنین تحقیقات نشان می‌دهد هنگامی که عابران‌پیاده در گذرگاه برای سبز شدن چراغ به انتظار می‌ایستند، معمولاً تا مدت زمان معینی منتظر می‌مانند؛ این مدت زمان را زمان آستانه‌ای می‌نامند (HCM, 2000). در صورتی که زمان انتظار طولانی‌تر از مدت زمان آستانه‌ای باشد، عابران‌پیاده اقدام به حرکت در حین فاز قرمز مخصوص عابران‌پیاده می‌کنند (یعنی زمانی که نور چراغ برای وسایل نقلیه سبز یا زرد است).

یکی از کمیت‌های مؤثر بر افزایش میزان تأخیر عابران‌پیاده طولانی بودن فاز قرمز مخصوص عابران‌پیاده می‌باشد. بنابراین انتخاب مناسب طول فاز قرمز (یا سبز) برای عابران پیاده از ضروریت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین متخصصان دریافته‌اند که عابران‌پیاده در بیشتر مواقع به صورت دسته جمعی حرکت می‌کنند (Virkler, 1998).

اگر تعداد دسته‌های عابران که از چراغ قرمز عبور می‌کنند، افزایش یابد، وسایل نقلیه مرتباً باید ترمز بگیرند و سرعت خود را کاهش دهند، حتی در بعضی مواقع کاملاً متوقف می‌شوند؛ بنابراین این امر موجب ایجاد تأخیر برای وسایل نقلیه می‌گردد. وقتی چراغ قرمز است، عابران‌پیاده با توجه به میزان وقفه‌ی بین وسایل نقلیه در خصوص این که از خیابان عبور کنند یا خیر، تصمیم می‌گیرند. حداقل میزان وقفه‌ای که بعد از آن عابران اقدام به حرکت می‌کنند را وقفه‌ی قابل قبول عابران نامیده می‌شود. در تقاطع‌های با جریان زیاد از وسایل نقلیه، وقفه‌ی قابل قبول کمتری برای عابران به وجود می‌آید. بنابراین عابران شانس کمتری برای عبور دارند در نتیجه قانون گریزی عابران کاهش می‌یابد. جهت بررسی مشکل قانون گریزی عابران، در این مقاله فرض می‌شود میزان جریان وسایل نقلیه نه خیلی سبک و نه خیلی سنگین است؛ به تعبیر دیگر این جریان متوسط فرض می‌شود. زو[۴] و همکاران در سال ۲۰۰۹ در جهت یافتن پایه‌ای برای بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ راهنما، به تهیه‌ی پرسش نامه‌ای از عابرانی که در حین فاز قرمز حرکت می‌کردند، پرداختند (Zou, et al. 2009). آن‌ها دریافتند که مهم‌ترین عامل قانون گریزی عابران، انتظار بیش از مدت زمان آستانه‌ای است، و رابطه‌ی زیر را بین مدت زمان فاز سبز مخصوص عابران و احتمال حرکت آن‌ها در طول فاز قرمز، ارایه دادند:

$$\boldsymbol{P_{vio}} = \frac{\mathbf{0.0819}}{\frac{\boldsymbol{g^{ped}}}{\boldsymbol{C}}}, \qquad (۱)$$

در رابطه‌ی فوق P_{vio} احتمال قانون گریزی عابران، g^{ped} طول فاز سبز مخصوص عابران و C طول چرخه چراغ راهنما می‌باشد. به علاوه تعداد عابران پیاده‌ای که در طول فاز قرمز حرکت می‌کنند، N_{vio}، از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$N_{vio} = P_{vio}.N_p\,, \qquad (۲)$$

که در این رابطه N_p تعداد افرادی است که در گذرگاه به انتظار ایستاده‌اند. با توجه به رابطه‌ی (۱)، احتمال حرکت عابران در طول فاز قرمز با افزایش فاز سبز عابران کاهش می‌یابد؛ بنابراین در جهت کاهش قانون گریزی عابران، افزایش فاز سبز عابران منطقی است.

۳- محاسبه‌ی میزان تأخیر وسایل نقلیه

میزان تأخیر وسایل نقلیه از دو مؤلفه تشکیل شده است؛ مؤلفه اول تأخیر حاصل از قانون گریزی عابران (عبور عابران در طول فاز قرمز) می‌باشد. مؤلفه دوم به علت انتظار وسایل نقلیه در طول فاز قرمز مخصوص وسایل نقلیه است. بدین منظور در ادامه‌ی این بحث هر کدام از مؤلفه‌ها را جداگانه مورد بررسی قرار خواهیم داد.

Archive of SID
www.SID.ir

۳-۱- میانگین تأخیر وسایل نقلیه به علت قانون‌گریزی عابران

همان‌گونه که اشاره شد عابران پیاده با توجه به میزان وقفه‌ی بین وسایل نقلیه تصمیم می‌گیرند که وقتی چراغ قرمز است از خیابان عبور کنند یا خیر. فرض کنیم وقفه‌ی قابل قبول عابران‌پیاده باشد. اگر وقفه‌ی بین وسایل نقلیه کمتر از باشد، آن‌گاه عابران از چراغ قرمز عبور نخواهند کرد. اما در صورتی که میزان وقفه‌ی به وجود آمده بین وسایل نقلیه بیشتر از مجموع وقفه قابل قبول عابران و مدت زمان ترمز وسایل نقلیه، $\tau + t_{brake}$، باشد، عابران‌پیاده می‌توانند عبور کنند و عبور آن‌ها در حین چراغ قرمز موجب هیچ گونه تأخیری برای وسایل نقلیه نمی‌شود. حال اگر وقفه بین وسایل نقلیه بیشتر از τ و کمتر از $\tau + t_{brake}$ باشد، عابران از گذرگاه عبور خواهند کرد، این عبور منجر به ایجاد تأخیر وسایل نقلیه می‌گردد. در این حالت هنگامی که اولین وسیله نقلیه با عابرپیاده روبرو می‌شود، ترمز می‌گیرد تا کاملاً متوقف شود؛ بنابراین وسایل نقلیه‌ای که در حال نزدیک شدن هستند باید سرعت خود را کاهش داده، لذا متحمل تأخیر می‌شوند. مدت زمان توقف پس از ترمز وسایل نقلیه از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$t_{brake} = \frac{v}{a}, \qquad (۲)$$

که در این رابطه v سرعت وسایل نقلیه و a شتاب ترمز (شتاب کاهش شونده) وسایل نقلیه است. اگر میزان وقفه‌ی به وجود آمده برابر با و عابران‌پیاده در حال حرکت باشند، اولین وسیله نقلیه که با عابران روبه‌رو می‌شود مجبور به توقف کامل می‌شود در این حالت میزان تأخیر حاصل همان t_{brake} است. اما زمانی که صف وسایل نقلیه ناپدید می‌شود آخرین وسیله نقلیه‌ای که به گذرگاه نزدیک می‌شود بدون تأخیر عبور نموده و میزان تأخیر حاصل صفر خواهد بود. بنابراین برای سادگی محاسبات از میانه‌ی بازه $[0, t_{brake}]$ به عنوان میانگین تأخیر وسایل نقلیه حاصل از عبور عابران در طول فاز قرمز استفاده می‌کنیم که به صورت زیر معرفی می‌شود:

$$T_1 = \frac{t_{brake}+0}{2} = \frac{t_{brake}}{2}. \qquad (۳)$$

اگر میانگین تعداد افراد در هر دسته k باشد، آن‌گاه تعداد دسته‌ها که با m نشان داده می‌شود، از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$m = \frac{N_{vio}}{k} = \frac{0.0819 N_p C}{k g^{ped}}. \qquad (٤)$$

تعداد دفعاتی که وسایل نقلیه در طول حرکت با دسته‌های عابران‌پیاده روبه‌رو می‌شوند از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$n = mP, \qquad (۵)$$

که در این رابطه h میزان وقفه بین وسایل نقلیه و $P(\tau < h < \tau + t_{brake})$ میزان احتمال به وجود آمده است برای حالتی که این وقفه بزرگتر از و کمتر از $\tau + t_{brake}$ باشد. بنابراین، میانگین تأخیر وسایل نقلیه به علت عبور عابران در طول فاز قرمز (T_{del}) از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$T_{del} = n \frac{t_{brake}}{2}; \qquad (٦)$$

پس از جایگذاری (۵) در (٦) خواهیم داشت:

$$T_{del} = mP(\tau < h < \tau + t_{brake}) \frac{t_{brake}}{2}. \qquad (۷)$$

۳-۲- میانگین تأخیر وسایل نقلیه به علت طول فاز سبز عابران

در مدت زمان فاز سبز مخصوص عابران، وسایل نقلیه‌ای که باید منتظر بمانند، در پشت خط توقف تشکیل صف می‌دهند. اگر فاز مربوط به وسایل نقلیه از رنگ سبز به رنگ زرد تغییر پیدا کند، در این لحظه وسایل نقلیه‌ای که در حرکت‌اند و امکان توقف پشت خط توقف را دارند، اقدام به گرفتن ترمز و در نتیجه توقف می‌کنند. در این حالت، مدت زمان مورد نیاز برای توقف قبل از قرمز شدن چراغ برابر t_{brake} می‌باشد. بنابراین حداکثر میزان تأخیر یک وسیله نقلیه پشت خط توقف چراغ راهنما به علت فاز قرمز چراغ راهنما برابر $g^{ped} + t_{brake}$ است. لذا در این حالت، حداقل میزان تأخیر وسایل نقلیه پشت خط توقف مربوط به چراغ راهنما صفر می‌باشد. اما وسایل نقلیه بعدی نزدیک وسایل نقلیه

Archive of SID

www.SID.ir

جلویی یکی یکی توقف می‌کنند. بنابراین با توجه به توضیحات فوق برای سادگی محاسبات از مقدار میانه‌ی بازه‌ی $[0, g^{ped} + t_{brake}]$ به عنوان میانگین تأخیر وسایل نقلیه پشت چراغ راهنما، که حاصل از نور سبز مربوط به عابران است، استفاده می‌کنیم. این مقدار به صورت زیر به دست می‌آید:

$$T_{ped} = \frac{g^{ped}+t_{brake}+0}{2} = \frac{g^{ped}+t_{brake}}{2}. \quad (۸)$$

٤- معرفی تابع هدف و محدودیت‌ها

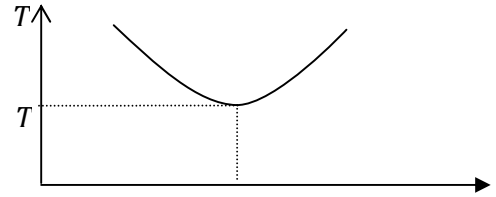
در این مقاله قصد داریم با استفاده از زمان‌بندی بهینه چراغ راهنمایی میزان تأخیر وسایل نقلیه در گذرگاه را کمینه نماییم و امنیت عابران را بالا بریم. بنابراین در اولین گام تابع هدف مورد نظر را میانگین تأخیر وسایل نقلیه در نظر می‌گیریم، یعنی در واقع به دنبال انجام کمینه‌سازی زیر هستیم:

$$Min:\ T = T_{del} + T_{ped}. \quad (۹)$$

مقدار تابع هدف پس از جایگذاری (۷) و (۸) در رابطه‌ی قبل، از معادله‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$T = \frac{1}{2}\left\{t_{brake}\left[\frac{0.0819N_pC}{kg^{ped}}P(\tau < h < \tau + t_{brake}) + 1\right] + g^{ped}\right\} \quad (۱۰)$$

کاهش قانون گریزی عابران تأثیر مستقیم بر کاهش میزان تأخیر حاصل از این امر برای وسایل نقلیه دارد. روابط بین طول فاز سبز مخصوص عابران و میزان تأخیر وسایل نقلیه در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۱. نمودار میانگین تأخیر وسایل نقلیه برحسب فاز سبز عابران

با توجه به شکل ۱، نقطه (T^*, g_1^{ped}) یک نقطه‌ی کمینه است. در این نقطه میزان تأخیر وسایل نقلیه کمینه و تنظیم زمان چراغ راهنما در وضع بهینه است. عامل اصلی که موجب تأخیر وسایل نقلیه می‌شود، قبل و بعد از نقطه کمینه متفاوت است.

(الف) g^{ped} کمتر از g_1^{ped} : در این حالت، با افزایش g^{ped} میزان تأخیر وسایل نقلیه کاهش می‌یابد. در واقع عامل اصلی که موجب تأخیر وسایل نقلیه تا این زمان می‌شود، حرکت عابران در طول چراغ قرمزاست. با افزایش g^{ped} ، T_{del} کاهش می‌یابد، اما از طرفی، با افزایش g^{ped}، T_{ped} افزایش می‌یابد (فاز سبز وسایل نقلیه کاهش می‌یابد). توجه شودکه کاهش میزان تأخیر وسایل نقلیه به سبب کاهش افرادی که در زمان قرمز بودن چراغ راهنما از گذرگاه عبور می‌کنند، مهم‌تر از افزایش میزان تأخیری است که با کاهش فاز سبز مخصوص وسایل نقلیه ایجاد می‌شود.

(ب) g^{ped} بزرگتر از g_1^{ped} : کاهش فازسبز مخصوص وسایل نقلیه در این حالت علت اصلی تأخیر آن‌ها می‌باشد. با توجه به نمودار شکل ۱ می‌توان دریافت که با افزایش g^{ped} میزان تأخیر وسایل نقلیه نیز افزایش می‌یابد؛ در واقع با فزایش g^{ped} (افزایش فاز قرمز مخصوص وسایل نقلیه) قانون گریزی عابران کاهش می‌یابد؛ پس T_{del} کاهش می‌یابد (چون m کاهش می‌یابد)، اما از طرفی چون فاز قرمز مخصوص وسایل نقلیه افزایش یافته بنابراین T_{ped} افزایش می‌یابد. باید توجه داشت افزایش تأخیر وسایل نقلیه به علت افزایش یافتن طول فاز قرمز مخصوص وسایل نقلیه دارای وزن بیشتری است. با توجه به این‌که میزان فاز سبز مخصوص عابران باید از حداقل میزان لازم برای عبور و مرور عابران بیشتر باشد، بنابراین محدودیتی به صورت $g^{ped} \geq g_{min}^{ped}$ را برای مسئله خواهیم داشت. با توجه به گزارش (HCM, 2000)، g_{min}^{ped} از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$g_{min}^{ped} = \begin{cases} 3.2+0.81\frac{N_p}{W_e} & W_e > 3\ m, \\ 3.2 + 0.27N_p & W_e \leq 3m, \end{cases} \quad (۱۱)$$

Archive of SID

www.SID.ir

یادآوری می‌شود که در رابطه‌ی فوق w_e عرض مؤثر گذرگاه عابر پیاده است. با توجه به آن‌چه که شرح داده شد، مسئله‌ی بهینه‌سازی به صورت زیر مدل‌سازی می‌شود.

$$Min:\ T(g^{ped}) = \frac{1}{2}\left\{t_{brake}\left[\frac{0.0819N_pC}{kg^{ped}}P(\tau < h < \tau + t_{brake}) + 1\right] + g^{ped}\right\},$$

$$S.t:\ g^{ped} \geq g^{ped}_{min} \qquad (۱۲)$$

چگونگی حل این مسئله با معرفی الگوریتمی که در بخش بعد بیان خواهد شد، تشریح خواهد گردید.

۵- الگوریتمی برای حل مسئله‌ی

فرض کنیم که طول چرخه چراغ برابر با C باشد. آن‌گاه روند بهینه‌یابی مسئله‌ی (۱۱) می‌تواند طی فرآیند تکراری زیر انجام پذیرد:

گام ۱: فرض کنید که طول فاز سبز عابران‌پیاده می‌تواند بازه‌ی $[a,b]$ باشد. $T(a)$ و $T(b)$ را از رابطه‌ی (۹) محاسبه کنید. قرار دهید $n = 1$.

گام ۲: قرار دهید $g_n^{ped} = \frac{a+b}{2}$ و $T(g_n^{ped})$ را از رابطه‌ی (۹) محاسبه کنید.

گام ۳ : اگر $|a - g_n^{ped}| \leq 1$، در صورتی که، $T(a) > T(g_n^{ped})g_n^{ped}$. جواب بهینه، در غیر این صورت a جواب بهینه مسئله است و الگوریتم متوقف شود.

گام ٤ : اگر $T(a) - T(g_n^{ped}) \leq 0$، آن‌گاه جواب بهینه در $[a, g_n^{ped}]$ قرار دارد، پس قرار دهید $b = g_n^{ped}$.اگر $T(a) - T(g_{min}^{ped}) > 0$، آن‌گاه جواب بهینه در $[g_n^{ped}, b]$ قرار دارد، پس قرار دهید $a = g_n^{ped}$.

گام ۵ : قرار دهید $n := n + 1$ و به گام ۲ بروید.

٦- نتایج عددی

جهت پیاده‌سازی الگوریتم ارایه شده فرض کنید موقعیت اولیه یک خیابان این چنین است خیابانی دو طرفه که در هر طرف دارای دو خط عبوری می‌باشد. همچنین عرض هر خط عبوری، ۳/۵ متر بوده و عرض مؤثر گذرگاه مخصوص عابرپیاده ۵ متر است. در این خیابان میانگین سرعت وسایل نقلیه، ۳۰ کیلومتر بر ساعت اندازه‌گیری شده و شتاب ترمز وسایل نقلیه ۱/۵ متر بر مجذور ثانیه می‌باشد. طول چرخه چراغ راهنما ۷۰ ثانیه و طول فاز سبز مخصوص عابران در این خیابان ۱۰ ثانیه است. همچنین فرض می‌کنیم که میانگین تعداد عابران‌پیاده‌ای که منتظرند تا از خیابان عبور کنند برابر با ۳۰ نفر و متوسط تعداد عابران‌پیاده در هر گروه، ۳ نفر باشد. حال با توجه به این داده‌ها، از رابطه‌ی (۱۰) و با توجه به این‌که در این مثال$w_e =$۵ متر است، حداقل فاز سبز عابران برابر با ۸/۰٦ ثانیه به دست می‌آید. با قرار دادن $g_{min}^{ped} =$ ۸ ثانیه طبق الگوریتم ارایه شده شروع به محاسبات می‌کنیم. بنابراین، بازه اولیه به صورت در نظر گرفته می‌شود. توجه شود که در این مسئله در نظر می‌گیریم $P(\tau < h < \tau + t_{brake}) = 0.60$. بنابراین ۳۹/۱۳۹= (۷۰) T و ۱۸/۷۲= (۸) T. نتایج حاصل از الگوریتم در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. یافتن فاز سبز مخصوص عابران بر اساس الگوریتم معرفی شده

n	g^{ped}_n	$T\ (g^{ped}_n)$
۱	۳۹	۲٤/۷۲۲
۲	۲٤	۱۸/۷۵
۳	۱٦	۱٦/۸۰
٤	۱۲	۱٦/۷٤
۵	۱٤	۱٦/٦۰
٦	۱۳	۱٦/٦۳

Archive of SID
www.SID.ir

همان‌گونه که در جدول ۱ نشان داده شده است، پس از شش تکرار الگوریتم، میانگین تأخیر وسایل نقلیه کمینه می‌شود (در نقطه $g^{ped}=$ ١٤). بنابراین در این گذرگاه باید فاز سبز عابران را برابر با ١٤ ثانیه قرار دهیم و از آن‌جا که در این گذرگاه از قبل $g^{ped}=$ ١٠ ثانیه بوده، بنابراین لازم است که ٤ ثانیه به مدت فاز سبز عابران اضافه شود. از این‌رو نظر به ثابت بودن طول چرخه، باید ٤ ثانیه از فاز سبز وسایل نقلیه کاست.

۷ – نتیجه‌گیری

با توجه به قانون گریزی عابران در گذرگاه‌ها، دلایل قانون گریزی عابران مطرح و این معلوم گردید که ارتباطی بین این معضل و طول فاز سبز مخصوص عابران وجود دارد. به علاوه بروز چنین رفتاری از سوی عابران باعث ایجاد تأخیر برای وسایل نقلیه نیز می‌شود. مسئله‌ی بهینه با هدف کاهش میزان تأخیر وسایل نقلیه و کاهش قانون گریزی عابران مدل‌سازی شد. همچنین در این مقاله یک الگوریتم جدید برای یافتن جواب بهینه این مسئله معرفی گردید. در نهایت با حل یک مثال نحوه‌ی بهینه سازی طول فاز سبز مخصوص عابران با استفاده از الگوریتم معرفی شده، نشان داده شد. با استفاده از این الگوریتم قادر خواهیم بود تأخیر وسایل نقلیه را کاهش و طول فاز سبز عابران را افزایش دهیم؛ بنابراین قانون گریزی عابران کاهش خواهد یافت.

۸– پی‌نوشت‌ها

1. Virkler
2. Lee
3. Feng
4. Zou

۹– مراجع

– Li, Q. F., Wang, Z. A., Yang, J.G., (2005), "Pedestrian Delay Estimation at Signalized Intersections in Developing Cities". Journal of Transportation Research Part A, 39(1), pp.61-73.

– Feng, S. M., Pei, Y. L, (2007),"Analysis of Vehicle Delay on Road Sections on the Condition of Pedestrian Crossing". Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 7(3), pp. 73-77.

– Keegan, O., Omahony, M., (2003), "Modifying Pedestrian Behavior" Journal of Transportation Research Part A,37(10), pp. 889-901.

– TRB, (2000), Highway Capacity Manual (HCM); Transportation Research Board, National Research Council, Washington D. C.

– Virkler, M. R. (1998),"Pedestrian Compliance Effects on Signal Delay". Transportation Research Record1636, TRB, National Research Council, Washington D. C., 4(2), pp. 88 – 91.

– Zou, Z., Zhou, Z., Ge, H. (2009), "Optimization of Road Section Crosswalk Signal Design".Journal of Transport System Engineering and IT, 9(6), pp. 142-147.

Archive of SID

www.SID.ir