

АНАЛИЗ НА МЕТОДИТЕ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ФАЗИТЕ НА СВЕТОФАРНИТЕ УРЕДБИ

Златин Трендафилов
tunzzi@yahoo.com

**катедра ТОУТ, ВТУ "Т. Каблешков", ул. "Гео Милев" 158, София,
БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: светофарни уредби, симулационни модели, оптимизация

Резюме: Обичайната практика за определяне на фазите на светофарните уредби е свързана с аналитичното установяване на параметрите на движение на транспортните потоци, като се използват приети математични модели. Използването на интелигентните транспортни системи предполага намаляване на проблемите на градския транспорт като задръствания, паркиране, произшествия и аварийни ситуации. Определянето на продължителността на светлинните сигнали все по често се извършва чрез симулационни модели. Настоящата публикация разглежда получените чрез симулационен модел параметри за работа на светофарна уредба. Тези резултати се сравняват с такива, които са определени аналитично. Анализира се ефекта от приложението на различните подходи за управление върху конкретно кръстовище с реални параметри за движение.

ВЪВЕДЕНИЕ

Непрекъснатото увеличаване на преноса на товари и пътници в различни направления води до значително повишаване на интензивността на трафика по цялата транспортната инфраструктура. Отделните елементи на техническата инфраструктура са проектирани с определени параметри и непрекъснатото увеличаване на броя транспортни средства довежда до значителни проблеми в тяхното нормално функциониране. Тенденцията за нарастване на автомобилния поток се свързва пряко и с проблемите на уличното движение в градовете. Разрастването на градовете и увеличаването на броя превозни средства значително затруднява придвижването. Нарастването на уличното движение води до чести задръствания с всички отрицателни последици от това, като загуба на време, повишен риск от ПТП и замърсяване на околната среда. Отчитат се значителни финансови загуби. Това налага предприемането на мерки за подобряване на организацията на движението с цел намаляване на опашките (времената за чакане), увеличаване на средната скорост на придвижване и повишаване на безопасността. Прилагат се *различни подходи* за решаването на тези транспортни проблеми. Част от тях са *конструктивни или технически*, свързани с промяна на инфраструктурата и транспортните средства – промяна в броя на лентите за движение, нива и начин на пресичане, пътни настилки, промяна в мощността на транспортните средства и др. Други мероприятия са *организационни* - регулиране на движението и регулиране на кръстовищата. Използват се пътни знаци, хоризонтална маркировка и разделяне на конфликтните потоци. В зависимост от интензивността на

движението (автомобилното и пешеходно) се въвежда предимство за пресичанията по дадени направление или се използва светлинно регулиране, посредством светофарни уредби. Използването на регулирани кръстовища предполага постигане на по-голяма пропускателна способност, която зависи и от правилната настройка на самата светофарна уредба спрямо конкретните условия.

Обичайната практика за определяне на фазите на светофарните уредби е свързана с аналитичното установяване на параметрите на движение на транспортните потоци, като се използват приети математични модели. Определянето на продължителността на светлинните сигнали все по често се извършва и чрез симулационни модели. Най често използван критерий за оптимално пропускане на пътнотранспортното движение през светлинно-регулирани кръстовища се явява на осигуряването на минимално общо време за чакане на кръстовището [1].

ОБЕКТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Настоящата публикация разглежда получените чрез симулационен модел параметри за работа на светофарна уредба. Тези резултати се сравняват с такива, които са определени аналитично. Анализира се ефекта от приложението на различните подходи за управление върху конкретно кръстовище с реални параметри за движение.

За обект на изследването и избрано е избрано Т-образно кръстовище в гр. София, район Иван Вазов, бул.“Петко Тодоров“ и ул.“Бяла Черква“. Кръстовището се характеризира със значителна интензивност на преминаващи транспортни средства, включващи и голям брой автобуси на градския транспорт. Направление по бул.Петко Тодоров – автобуси по линия 74 и сдвоени автобуси по линия 76. Тролейбуси по линия 8. Направление от бул.Петко Тодоров към ул.Бяла Черква (наляво) сдвоени автобуси по линия 102. Ширината на участъка на бул.Петко Тодоров и ул.Бяла Черква включват по две платна по 3.00 м без разделителен остров.

За установяване на параметрите на движение в разглежданото кръстовище е извършено преброяване два пъти през годината (2016), резултатите са осреднени. След анализ са определени три часови диапазона характеризиращи натоварването на пътната инфраструктура през денонощието – сутрин от 8 до 9 часа, по обяд от 13 до 14 часа и вечерния пик от 17 до 18 часа. При преброяването са обхванати всички посоки на движение, както и всички видове моторни превозни средства, които преминават през кръстовището. Обобщените резултати от изследването на кръстовището в приведени транспортни средства са представени в табл. 1.[3]

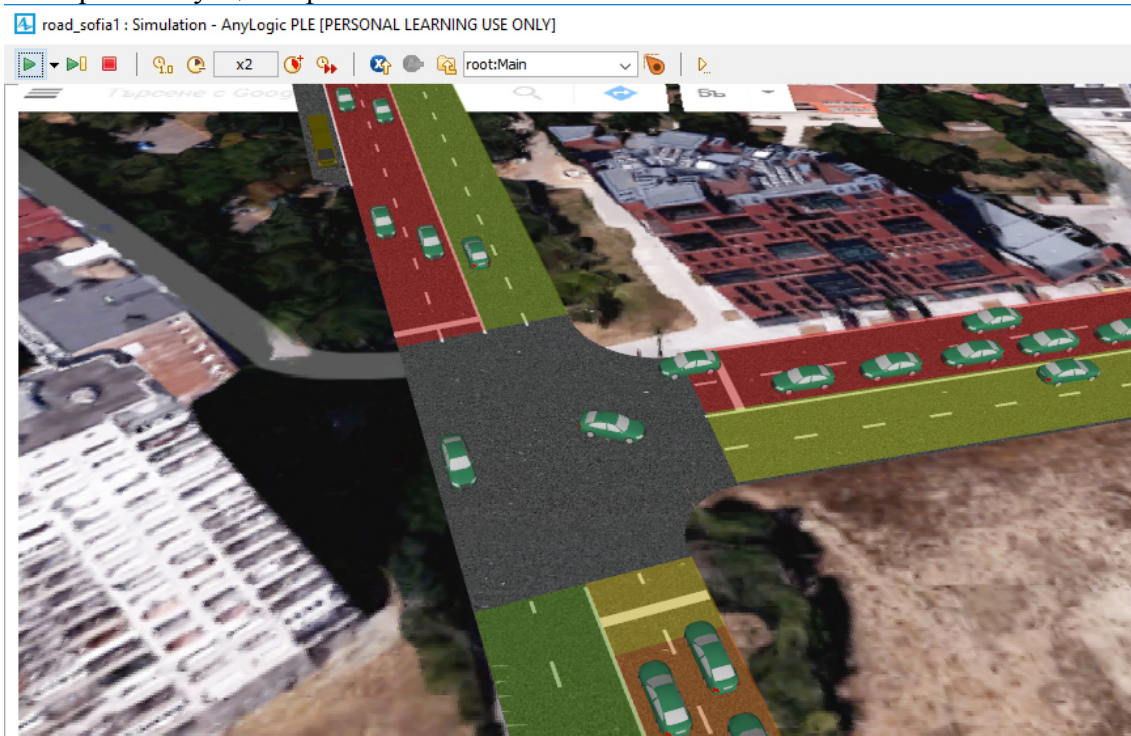
Направление	таблица 1		
	08:00 - 09:00ч	13:00 - 14:00ч	17:00 -18:00ч
бул.Петко Тодоров - бул.Петко Тодоров/Х.Ибсен/	618	450	675
бул.Петко Тодоров - ул.Бяла Черква	507	392	438
бул.Петко Тодоров/Х.Ибсен/ - бул.Петко Тодоров	484	504	547
бул.Петко Тодоров/Х.Ибсен/ - ул.Бяла Черква	338	393	415
ул.Бяла Черква-бул.Петко Тодоров	462	409	599
ул.Бяла Черква-бул.Петко Тодоров	549	477	822

За нуждите на изследването на съществуващите три фази за регулиране на движението са измерени продължителността на циклите на светофарната уредба в различните часови интервали. Поради ограничение в обема на представения материал, междинните резултати не са представени. За сравнение в последващото изложение са използвани само обобщените резултати от измерванията.

За аналитично определяне на продължителността на междинните времена, преходните интервали, разрешителните сигнали и цикъла за регулиране на движението

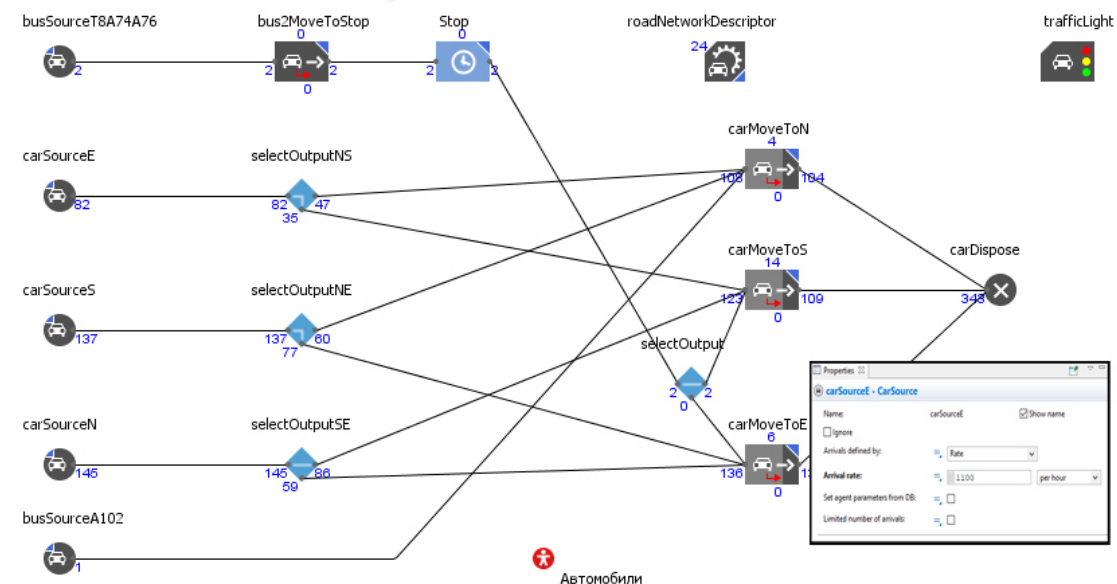
е използвана методика представена в Приложение №28 към НАРЕДБА № 17/2001. [4]. Допълнително е въведено и понятието ниво на обслужване в зависимост от определената транспортна задръжка. Получените резултати предполагат трифазно регулиране на кръстовището, като продължителността на светлинните сигнали е в зависимост от обособените часови диапазони. Средното време за преминаване през кръстовището е определено на 97сек. в не натоварените часове и на 100 сек. в часовете пик. Общата продължителност на цикъла на светофарната уредба е 106 сек. Междинните резултати от приложената методика не са приставени в настоящата публикация.

За оптимизация на продължителността на циклите на конкретната светофарна уредба е разгледан и симулационен модел. Използвано е компютърното микро-моделиране, при което се създава динамичен компютърен модел, пресъздаващ до голяма степен реалната обстановка и поведението на участниците в движението. От модела могат да бъдат извлечени резултати за експлоатационните характеристики на кръстовищата и да се анализират различните предложени решения. За реализацията на модела е използван продукт за стимулационно моделиране *AnyLogic7*. Продукта съдържа специализиран инструмент (библиотека) за моделиране на процеси в транспорта - *Road Traffic Library*. Така значително се улеснява работата и се предоставя възможност за много добра визуализация на резултатите и последващ анализ. В представения модул има стандартен инструмент за оптимизация на предварително зададени параметри. При подходящо дефиниране на наблюдаваните параметри е възможно да бъдат определени продължителността на показанията на светофарната уредба. За целта е разработен стимулационен модел на разглежданото кръстовище. Използвани са данните за реалното движение. За уточняване на движението на возилата на градския транспорт са използвани разписанията на движение на СКГТ. При разработването на имитационния модел, се използват реалните параметри на пътната мрежа, местоположенията на спирките на градския транспорт и интензивността на движение. Реализирания модел има значително правдоподобие с наблюдаваната транспортна ситуация - фиг.1.

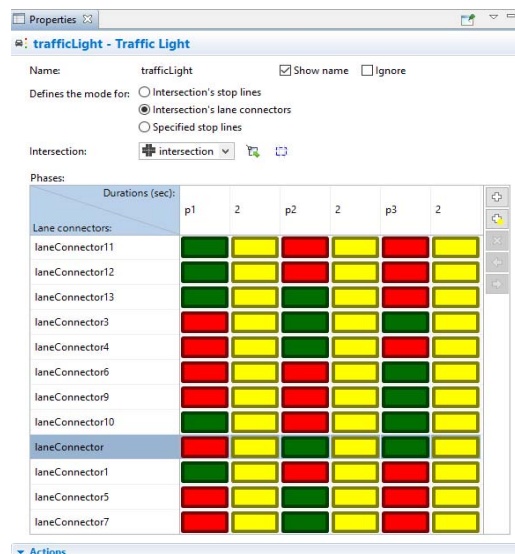


Фиг.1 Симулационен модел на кръстовище

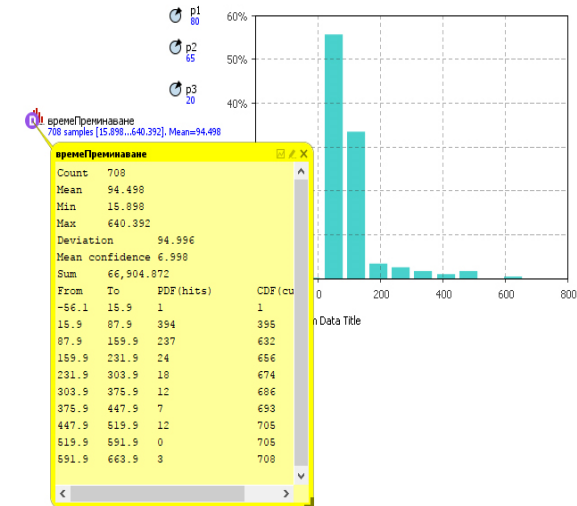
Моделът е калибриран като циклите и продължителността на светлинните сигнали са приети както на съществуващите. Получените от симулацията пропускателна способност и времена за преминаване през кръстовището са близки до реално съществуващите (отчетените). Връзките на модела могат да се представят с логическа схема – фиг.2. Дефинирани са входящите потоци и тяхната интензивност по трите направления. С логически модули е разделено движението по направления съгласно направеното преброяване. Моделирано е движението на транспортните средства на градския транспорт със съответстващата им интензивност. За по голяма реалност на модела е отчетена и съществуващата автобусна спирка по бул.Петко Тодоров. Близостта на спирката до кръстовището усложнява значително движението. Работата на светофарната уредба се представя с отделен модул имащ възможност за прецизно настройване на продължителността на светлинните сигнали – фиг.3. Продължителността на времената за преминаване са дефинирани с променливи за всеки цикъл. Моделното време е 60 минути, ограничение наложено от наличната версия на продукта и осигурява преминаване на около 1600 транспортни средства в часовете пик, и на около 900 транспортни средства в останалите разглеждани периоди.



Фиг.2 Връзките в имитационния модел



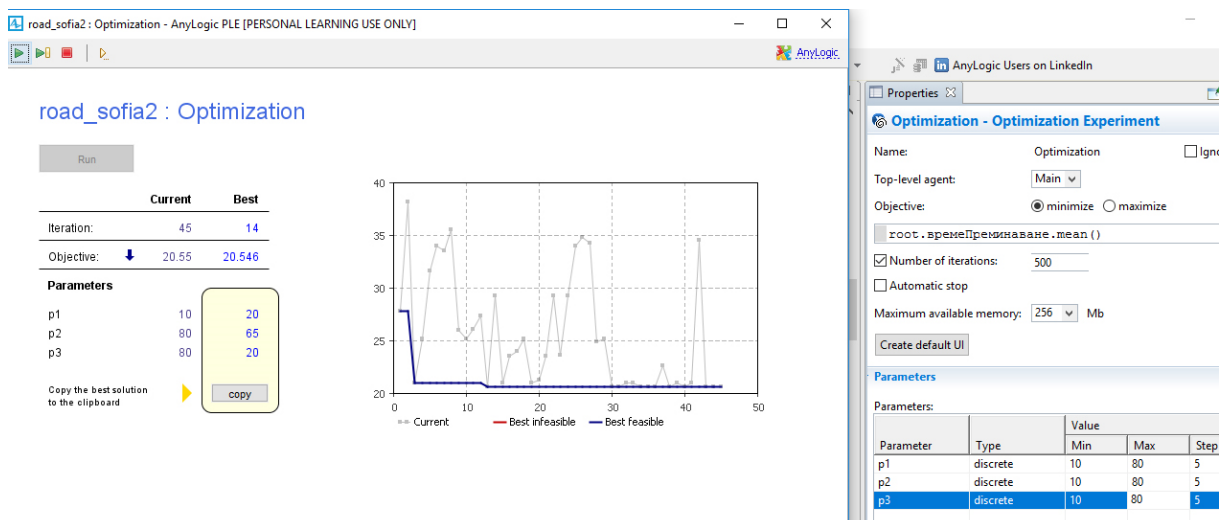
Фиг.3 Настройка на циклите на светофарите



Фиг.4 Статистика на наблюдаваните параметри

Това налага няколкократно повторение на експеримента и усредняване на получените резултати. При дефинирани на наблюдавани параметри, *AnyLogic7* има възможност за статистика и визуализация на следените величини. Могат да се определят броят преминали и броят на задържаните (чакащите) транспортни средства по всяко едно от направленията - фиг.2. При дефиниране на критерий за оптимизация на работата на светофарната уредба – *време за преминаване на кръстовището*, реализираният модел има възможност да представи подробна статистика на разпределението на критериалния параметър – фиг.4.

Особено полезен инструмент в разглеждания продукт за имитационно моделиране е модула за оптимизация – фиг.6. Чрез него променливите параметри свързани с продължителността на светлинните сигнали могат да бъдат определени на базата на критериалния параметър – *време за преминаване през кръстовище*. Използваната процедура е стандартна и предлага възможност за включване на множество кръстовища с възможност за оптимизиране на времената.



Фиг.6. Оптимизация на експеримента

Получените от оптимизация параметри, позволяват да се използват в цялостния имитационен модел. Получените резултати от новата симулация подлежат на анализ и могат да бъдат сравнени с аналитично получените и тези от съществуващото движение.

ИЗВОДИ ОТ ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

За улеснение ще представим само резултати в часовете пик и тези за не натоварения период. Броят на фазите на регулиране на кръстовището се запазва. Действителните и получените продължителност на циклите на регулиране на светофарната уредба не се различават съществено. Различна е обаче продължителността на светлинните сигнали по разглежданите направления. Структурата на циклите определя и различното време за преминаване на кръстовището. В часовете пик се предполага, че прецизирането на продължителността на светлинните сигнали е причина за намаляване на времето за преминаване на кръстовището – табл.2. Получената продължителност на зеления сигнал фаза I (бул.П.Тодоров-бул.П.Тодоров/бул.П.Тодоров-ул.Б.Черква) е 20 сек. За фаза II (бул.П.Тодоров-бул.П.Тодоров/бул.П.Тодоров-ул.Б.Черква) е 65 сек. За фаза III (ул.Б.Черква-бул.П.Тодоров) продължителността отново е 20 сек. Резултатите показват, че може да се очаква повишаване на нивото на обслужване в часовете пик. Може да се очаква и повишаване на пропускателната способност на разглежданото кръстовище.

При оптимизация на времената на сигнали в не натоварените часове продължителността на цикъла надвишава нормативно приетите времена (120сек)[4]. При такива параметри се реализира минимално време за преминаване на кръстовището. Налага се въвеждане на ограничения в симулационни модел. Така продължителността на цикъла се запазва на 105 сек, запазва се продължителността на светлинните сигнали. Минималното намаление на времето за преминаване се дължи на незначителното намаление на транспортния поток в извън пиковите часове.

Обобщени резултати

таблица 2

регулиране	Брой фази	Средно време, сек	Цикъл,сек	Средна задръжка, сек	Ниво за обслужване
Час пик 17.00-18.00					
действително	3	100	106	26	В
аналитично	3	97	106	22	А
симулационно	3	75	105	20	А
Час 12.00-13.00					
действително	3	76	80	19	А
аналитично	3	76	80	19	А
симулационно	3	74	105	19	А

В симулационния модел би могло да се въведат и други допълнителни критерии за оптимизация, като брой спирания, скорост за движение и др. Така могат да се определят броят на фазите и тяхната продължителност, така че кръстовището да има най-голяма пропускателна способност. Разработените симулационни модели могат да се използват при извършване на периодични замервания на транспортните потоци по различните направления и корекции на продължителността на светлинните сигнали.

При разглеждане на резултатите се вижда, че аналитично получените резултати се доближават значително до тези получени от симулационния модел. При промени на входящите параметри много лесно могат да бъдат извършени пресмятания и оптимизация при дефинирани критерии. Имитационния модел е лесно адаптивен и значително улеснява вземането на решения свързани с промяна на организацията на движение. Имитационните модели са особено полезни когато се разглеждат по сложни системи, като няколко свързани кръстовища, разминаване на няколко нива и други.

Дали получените теоретични резултати биха довели до реални положителни изменения в трафика, се очаква да проверим за в бъдеще.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Стоилов Т., Вачова Б., Бонева Й., Паунова Е. Оптимизация и интеллигентно управление на автомобилен трафик - Моделиране на трафик. Научен отчет по проект: „АСomIn: Advanced Computing for Innovation”, Институт по информационни и комуникационни технологии. БАН. 2015.
- [2] НАРЕДБА № 2 от 29 юни 2004 г. за планиране и проектиране на комуникационно-транспортните системи на урбанизираните територии (Обн., ДВ, бр. 86 от 2004 г.; попр., бр. 93 от 2004 г.).
- [3] Мечкарова Т., Изследване и оптимизиране на регулирането на движението в градовете. Дипломна работа, ВТУ „Т.Каблешков“, София, 2017.
- [4] Наредба № 17/2001 г. за регулиране на движението по пътищата със светлинни сигнали.
- [5] Grigoryev I., AnyLogic in Three Days: a Quick Course in Simulation Modeling. AnyLogic, 2014.

ANALYSES ON THE METHODS FOR ESTIMATING THE PHASES OF THE TRAFFIC LIGHTS

Zlatin Trendafilov
tunzzt@yahoo.com

*Todor Kableshkov University of Transport,
158 Geo Milev Street, Sofia,
BULGARIA*

Key words: *Traffic lights, simulation models, optimization*

Abstract: *The usual practice for estimating the phases of the traffic lights is related to the analytical determination of the parameters of traffic of the transportation flows by means of using of approved (regulations) mathematical models. Usage of intelligent transport system ITS is expected to lead to decrease of problems with the city transport and travelling, such problems as traffic jams, parking, accidents, emergency situations and troubles. The opportunity to manage traffic requires effective management of traffic lights. Estimating of the duration of the light signals is done more and more by means of simulation models. The current publication presents the parameters for working of the traffic lights, parameters that have been received through a simulation model. These results are compared to ones that are estimated analytically. The effect of the application of different approaches for management to specific juncture with actual parameters for traffic is analyzed.*