

ОПРЕДЕЛЯНЕТО НА БРОЯ И ВИДА НА ФАЗИТЕ ПО „МЕТОД НА СУМАТА НА ФАЗОВИТЕ КОЕФИЦИЕНТИ“

Мирена Тодорова
mirena_todorova@abv.bg

**ВТУ "Тодор Каблешков", София
БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: управление на трафика, светофарни уредби, цикъл, фази

Резюме: *Непрекъснатото увеличаване на автомобилния парк и съответните транспортни потоци по пътната мрежа водят до появата на задръствания и увеличен престой на автомобилите в зоната на кръстовищата. За да се намалят проблемите от екологичен характер и нарастване на времето за пътуване е необходимо светофарните уредби да са адекватни на моментните транспортни потоци по направления. За да се оптимизира управлението на трафика по отношение на показанията на светофарните уредби е важно да се определят броя на фазите и вида им в цикъла при регулирането на трафика. Предложен е нов „Метод на сумата на фазовите коефициенти“ за определянето на вида и броя на фазите на единичен светофар на база на геометрията на кръстовището, големината на транспортните потоци по направления и броя на лентите и отчитайки критичните точки и големината на завиващите наляво потоци. Описани са стъпките на алгоритъма и са приложени при четириклонно кръстовище.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Увеличаващият се брой на превозните средства, натоварения трафик и задръстванията са основен проблем на съвременните големи градове. Непрекъснатото увеличаване на автомобилния парк и съответните транспортни потоци по пътната мрежа водят до появата на задръствания и увеличен престой на автомобилите в зоната на кръстовищата. За да се повиши скоростта на придвижване и намали чакането на светофарите е необходимо показанията им да са адекватни на моментните транспортни потоци по направления. Проектирането и оптимизирането на управлението на трафика в градовете на регулираните кръстовища започва с определянето на броя и вида на фазите в цикъла на регулиране. За всяка фаза се определя какви потоци ще се движат без конфликти и при кои ще има пресичане на маршрутите, тоест тези потоци, които при движение в една и съща фаза ще си взаимодействат в конфликтни точки.

Увеличаване на броя на фазите прави възможно да се организира трафик и пешеходни потоци без конфликти, което води до подобряване на безопасността на движението на кръстовището. Това обикновено води до увеличаване на продължителността на цикъла и намаляване на продължителността на зелените сигнали в него и съответно, намаляване на пропускателната способност и увеличаване на времето за чакане на кръстовището на превозните средства и пешеходците. Ето защо, определяне на броя на фазите и изготвянето на схемите за движение за всяка от тях е

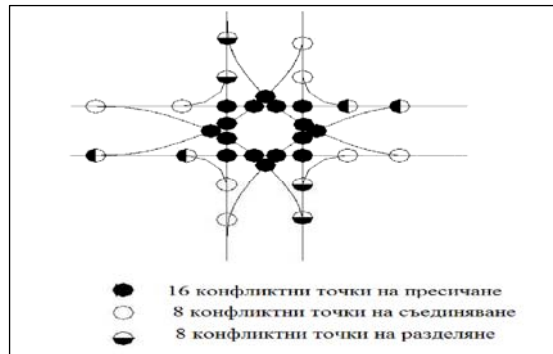
най-важния етап на проектиране и до голяма степен определя рационалната структура на цикъла.

ПОДХОД ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА БРОЯ И ВИДА НА ФАЗИТЕ

При анализа на литературните източници се установи, че при определянето на фазите трябва да се вземат предвид следните фактори:

- Наличието и брой на конфликтни точки;

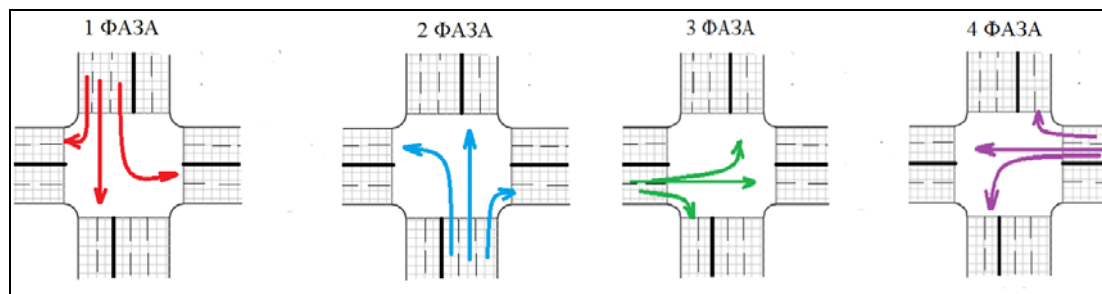
На регулираното кръстовище всички потоци може да се разделят на конфликтни и безконфликтни [2,8]. При това, под безконфликтни потоци се разбират тези, които при конкретни геометрически характеристики на регулираното кръстовище при едновременно движение не се пресичат. Конфликтните потоци от своя страна се разделят на допустими и недопустими конфликтни потоци. Основните допустими конфликтни транспортни потоци на регулираното кръстовище са дадени на фиг.1. Броя на фазите зависи от геометричните особености на кръстовището, а също от количеството на транспортните потоци (групи движения), техните направления и наличието на конфликти при тяхното едновременно движение (наличие на конфликтни точки).



Фигура 1 Конфликтни точки

- Големината на завиващите наляво потоци;

В случая, когато завиващите наляво потоци са големи и тяхното движение трябва да се осъществява безконфликтно или когато за тях са отделени няколко платна, се препоръчва прилагането на четирифазна система на регулиране по направления дадена на фиг.2 [1,2,4]. В други източници се взема предвид определянето на големината на потока, завиващ наляво в зависимост от големината на насрещния поток.



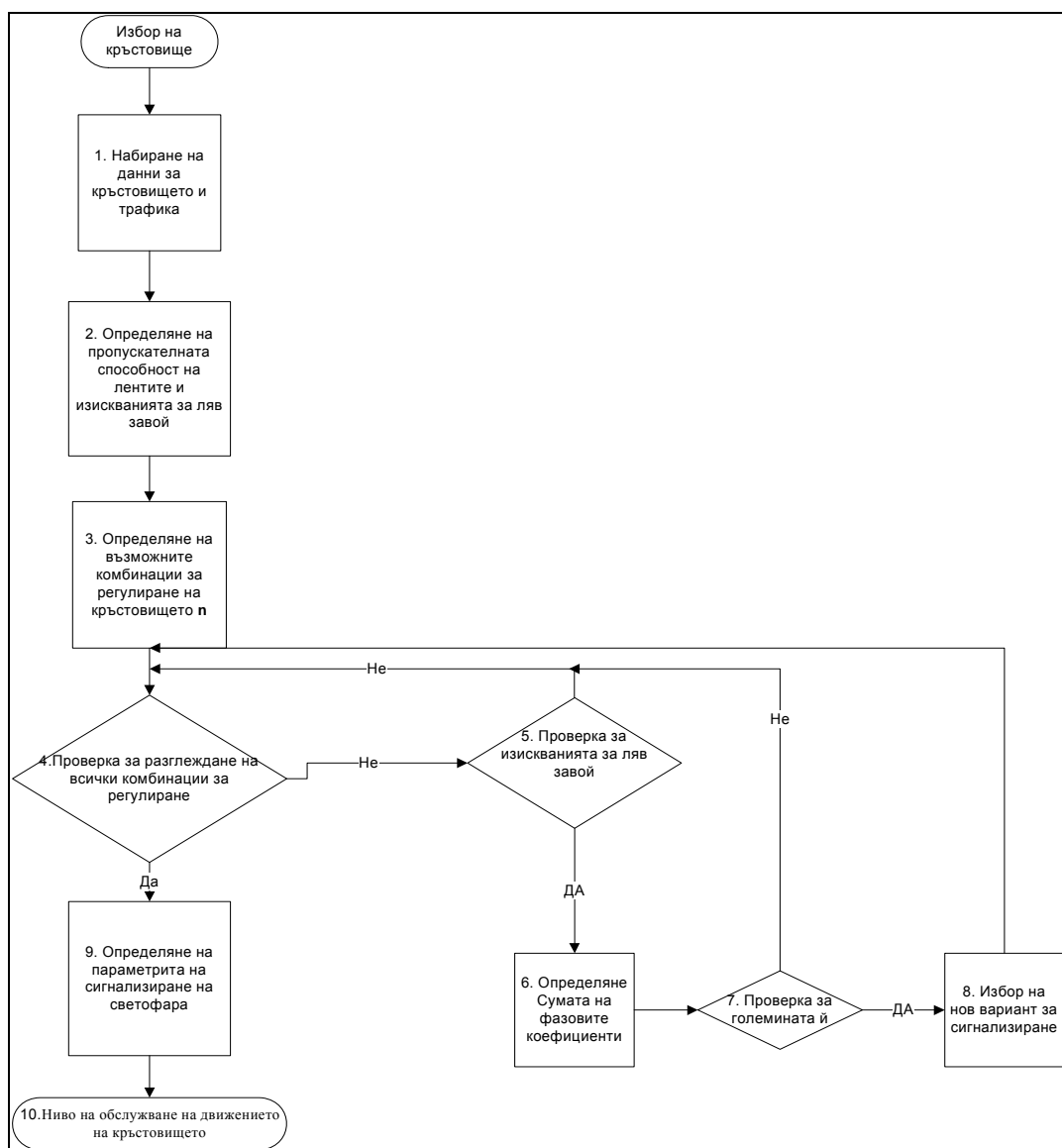
Фигура 2 Четирифазна система на регулиране

Това са двата основни фактора, които се вземат предвид при определянето на фазите за дадено регулирано кръстовище.

Критерий за оценка при избор на фазите е качеството на обслужване, което изисква количествени параметри, с които да бъде описано. Нивото на обслужване (Level of Service; LOS) [1,2,4,6,8,9,10] е качествена мярка и се отнася за скоростта и времето за пътуване, възможността да се маневрира в транспортния поток, прекъсванията на потока и удобството на пътуващите. Може да бъдат дефинирани различни нива на обслужване. Например Highway Capacity Manual дефинира 6 нива – от А до F, като ниво А е най-високото, а F – най-ниското. За дефиниране на нива на обслужване се използват различни характеристики на транспортния поток, както и възприятието на водача за тях. За всяко ниво има точно определен диапазон на всеки от параметрите, които го дефинират.

В [4] е описан метод за бърза оценка на критичен показател на натоварването на регулируемото кръстовище, който има четири нива. Този метод изисква изпълнението на шест стъпки: събиране на изходни данни; определяне на режима за левия завой; определяне на натоварването на лентите; оценка на фазите на цикъла на светофара; определяне на критичен показател на натоварването; определяне на средното задържане на автомобил. При този метод се използва критичен показател на натоварването, определен в зависимост от големината на цикъла, продължителността на изгубеното време в цикъла на регулиране, големината на потока по това направление на движението, изискващо най-голяма част от зеления сигнал в цикъла.

При определянето на фазите за дадено регулирано кръстовище двата основни фактора, които се взимат предвид, са наличието и брой на конфликтните точки и големината на завиващите наляво потоци, а основните критерии за определяне качеството на регулиране на движението са нивото на обслужване (LOS) и критичен показател на натоварването на регулираното кръстовище.



Фигура 3. Алгоритъм на „Метод на сумата на фазовите коефициенти”

За да се регулира дадено кръстовище, съобразно описаните фактори, трябва да се вземат предвид големината на транспортните потоци по направления, броя на лентите и пропускателната им способност за дадено направление или използването на

една лента за потоци в различни направления, геометрията на кръстовището, съществуващата организация на движението и съществуващата продължителност на цикъла на светофарната уредба [3,5,6,9]. Както се вижда определянето на фазите и вида им е сложен процес зависещ от много фактори. Предлага се следния аналитичен подход „Метод на сумата на фазовите коефициенти“ за определянето на броя и вида на фазите в цикъла за регулиране на единични светофари /фиг.3/. Сумата на фазовите коефициенти е определяща за продължителността на цикъла на регулиране и продължителността на зеления сигнал за всяка фаза и съответно дава отражение при оценката на качеството на обслужване на транспортните потоци. Затова регулирането на дадено кръстовище по начин водещ до минимизиране на тази сума ще определи оптималните фази, включени в цикъла на регулирането на дадено кръстовище.

Този подход включва следните десет стъпки:

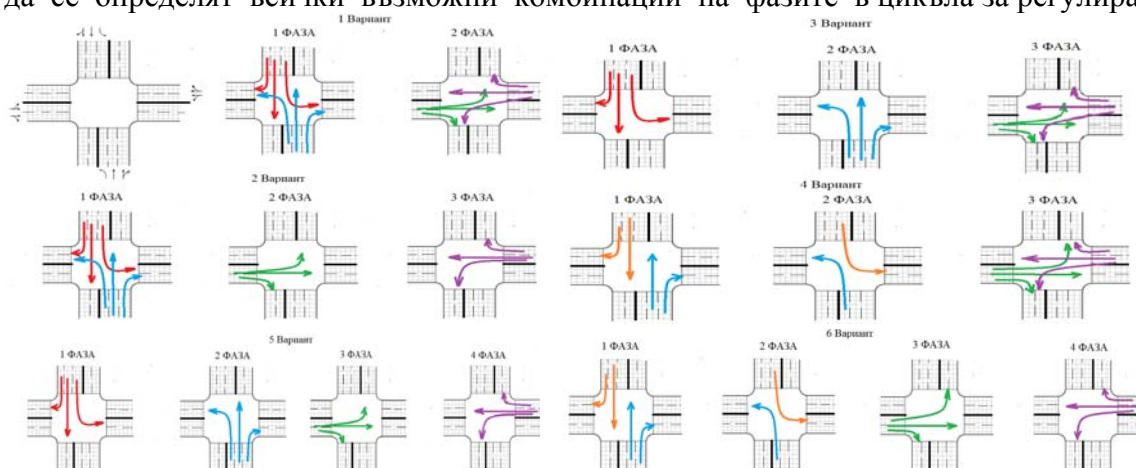
1. За да се регулира дадено кръстовище е важно да се събере необходимата информация за неговата геометрия, включваща брой и ширина на лентите, както и да се снимат големините на ъглите на пресичащите се улици и наличието на наклони. Необходимо е да се засече съществуващото му регулиране и големината на транспортните потоци по вид на транспортни средства и направления. При преброяването се обхващат всички посоки на движение, както и всички моторни превозни средства, които преминават през кръстовището: леки автомобили, лекотоварни превозни средства, тежкотоварни превозни средства и автобуси. За да се определи натоварването в приведени превозни средства се използват коефициенти за привеждане на МПС към лек автомобил. Това засичане се прави, в различни часови диапазони, за да се установи необходимостта от твърдо или гъвкаво регулиране.

2. В зависимост от геометрията на кръстовището се определя пропускателната способност на всяка една от лентите спрямо типа на движението – наляво, направо, надясно или комбинирано. Процедурата за определяне на необходимостта от осигуряване на отделна фаза за левия завой за всяко направление включва следните етапи:

◆ когато некоригираните стойности на интензивностите на потоците за левите завой превишава стойността от 240 авт./час;

◆ когато интензивността на потока е по малка се извършва проверка за необходимост за извършване на ляв завой, в зависимост от големината на транспортния поток наляво и големината на транспортния поток направо и надясно от противоположното направление, тоест ако противоположния поток е голям и макар, че потока за наляво не е толкова голям няма възможност да се придвижи.

3. За всяка схема на кръстовище, в зависимост от броя и типа на лентите, могат да се определят всички възможни комбинации на фазите в цикъла за регулиране на



Фигура 4. Схеми на цикъл за регулиране на четирикълноно кръстовище

кръстовището. Например за даденото на фиг.4 кръстовище има 6 варианта за цикъл за регулиране: Един с 2 фази, три с 3 фази и две с 4 фази.

4. Започва се от даден вариант за регулиране и се проверява дали той е последен от възможните комбинации. Ако е последен се преминава към стъпка 9 за определяне на параметрите на регулирането, в противен случай се преминава към стъпка 5

5. Проверява се дали разглеждания вариант за регулиране отговаря на изискванията за ляв завой, определен на стъпка 2. Ако не отговаря се преминава на стъпка 4 за разглеждане на следващия вариант, ако отговаря се преминава към стъпка 6.

6. Определя се големината на коефициентите за всяко направление в зависимост от големината на транспортния поток от стъпка 1, пропускателната способност от стъпка 2 и броя на лентите обслужващи този поток. Тези коефициенти се определят само веднъж. Приема се максималната стойност на фазовия коефициент от всички едновременно придвижващи се транспортни потоци за дадена фаза. Изчислява се сумата на фазовите коефициенти за всички включени в цикъла за регулиране фази. Например на фиг.5, където са дадени определянето на фазовите коефициенти при двата възможни варианта 5 и 6 от фиг.4 за конкретно кръстовище с четири фази, се вижда, че сумата на фазовите коефициенти за вариант 5 е 0.73, а сумата на фазовите коефициенти за вариант 6 е 0.65.

	Вариант 5	Ki	Ky	Kзав	S'	S	Q	y	фаза
566	бул. Царица Йоанна Околовръстен път към Центъра	1	1,2	1	1875	2250	881	0,250009	1
116	бул. Царица Йоанна Околовръстен път бул. Сливница	1	1,2	0,86	1875	1935	116	0,059948	1
315	бул. Царица Йоанна Околовръст. бул. П.Дертлиев	0,79	1	0,86	1875	1273,9			1
522	бул. Царица Йоанна от Центъра към Околовръст.	1	1,2	1	1875	2250	598	0,1526	2
76	бул. Царица Йоанна Центъра към бул.Сливница	1	1	0,89	1875	1668,8			2
116	бул. Царица Йоанна Центъра към бул. П.Дертлиев	0,79	1,2	0,89	1875	1582	116	0,073326	2
252	бул.Добринова скала бул. П.Дертлиев-бул.Сливница	1,24	1,2	1	1875	2790	378	0,150463	3
126	бул.Добринова скала бул. П.Дертлиев-Центъра	1,24	1	0,79	1875	1836,8			3
230	бул.Добринова скала бул. П.Дертлиев-Околовръст.	1,24	1,2	0,79	1875	2204,1	230	0,104351	3
269	бул.Добринова скала бул.Сливница-бул.П.Дертлиев	0,79	1,2	1	1875	1777,5	423	0,177062	4
154	бул.Добринова скала бул.Сливница-Центъра	1	1,2	0,79	1875	1777,5	154	0,086639	4
171	бул.Добринова скала бул.Сливница-Околовръст.	1	1	0,79	1875	1481,3			4
								Sum Ys=	0,73

	Вариант 6	Ki	Ky	Kзав	S'	S	Q	y	фаза
566	бул. Царица Йоанна Околовръстен път към Центъра	1	1,2	1	1875	2250	881	0,250009	1
116	бул. Царица Йоанна Околовръстен път бул. Сливница	1	1,2	0,86	1875	1935	116	0,059948	2
315	бул. Царица Йоанна Околовръст. бул. П.Дертлиев	0,79	1	0,86	1875	1273,9			1
522	бул. Царица Йоанна от Центъра към Околовръст.	1	1,2	1	1875	2250	598	0,1526	1
76	бул. Царица Йоанна Центъра към бул.Сливница	1	1	0,89	1875	1668,8			1
116	бул. Царица Йоанна Центъра към бул. П.Дертлиев	0,79	1,2	0,89	1875	1582	116	0,073326	2
252	бул.Добринова скала бул. П.Дертлиев-бул.Сливница	1,24	1,2	1	1875	2790	378	0,150463	3
126	бул.Добринова скала бул. П.Дертлиев-Центъра	1,24	1	0,79	1875	1836,8			3
230	бул.Добринова скала бул. П.Дертлиев-Околовръст.	1,24	1,2	0,79	1875	2204,1	230	0,104351	3
269	бул.Добринова скала бул.Сливница-бул.П.Дертлиев	0,79	1,2	1	1875	1777,5	423	0,177062	4
154	бул.Добринова скала бул.Сливница-Центъра	1	1,2	0,79	1875	1777,5	154	0,086639	4
171	бул.Добринова скала бул.Сливница-Околовръст.	1	1	0,79	1875	1481,3			4
								Sum Ys=	0,65

Фигура 5 Определяне на сумата на фазовите коефициенти

7. Проверява се дали тази сума е по-малка от предишната вече определена за разгледан вариант на сигнализиране на кръстовището. Както на фигура 5 сумата за вариант 6 е по-малка от сумата за вариант 5 и тогава този цикъл с определените в него схеми отговаря на условието. Ако не е по-малка се преминава към разглеждането на следващия вариант на сигнализиране тоест към стъпка 4. Ако е по-малка се преминава към 8 стъпка.

8. Разглежданият вариант се приема за оптимален вариант за сигнализиране – тоест вариант 6 за разглеждания пример е оптимален спрямо вариант 5 и се преминава към проверка за следващия вариант на сигнализиране, тоест стъпка 4.

9. След разглеждане на всички варианти е приет един за оптимален, който е с най-малка сума на фазовите коефициенти. За този вариант се определят междинните времена за освобождаване на платното за движение от ППС и пешеходци в конфликтната зона на регулираното място, в зависимост от техническите параметри на кръстовището, определяне на загубеното време L в цикъла на регулиране, продължителност на разрешителните сигнали, проверка на достатъчност за пропускане на пешеходното движение и пропускателна способност на разрешителен сигнал за автомобили.

10. Определяне на нивото на обслужване на движението на кръстовището А – F чрез определяне на задръжките на автомобилите на регулираното място. Може да се използва и метод за бърза оценка на критичния показател на натоварването на регулируемото кръстовище. За конкретният пример за варианти 5 и 6 при еднаква продължителност на цикъла за „Ниво на обслужване“ резултатите са дадени в табл.1 и се потвърждават по добрите показатели за 6 вариант.

Таблица 1

Часови интервал	регулиране	Пропускателна способност [Е/час]	Средна задръжка на автомобил [сек/авт]	Ниво на обслужване
7.00-8.00	Вариант 5	4598	57	D
7.00-8.00	Вариант 6	4643	29	B

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработеният алгоритъм за определянето на фазите, включени в цикъла на светофарна уредба на единично кръстовище, притежава следните по-важни предимства:

- ◆ Критерия „Сума на фазовите коефициенти“ е лесен за определяне;
- ◆ Определянето на включените фази в цикъла е оптимален за съществуващите условия на геометрията на кръстовището и големината на транспортните потоци по направления;
- ◆ Разглеждането по „Метод на сумата на фазовите коефициенти“ води до минимизиране на наличието на конфликтни точки;
- ◆ Отговаря на всички условия за безконфликтно движение на завиващите наляво транспортни потоци в зависимост от големината им;
- ◆ Осигурява най-доброто „Ниво на обслужване“.

При промяна в натоварването на кръстовищата, на база на този алгоритъм при наличие на информация за геометрията на кръстовището, големината на транспортните потоци по направления и броя на лентите, лесно може да се определя оптималното подреждане и вид на фазите в цикъла на регулиране и се намали чакането за преминаването на транспортните потоци.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Антоф Ас., Транспортно моделиране 101, Практическо ръководство, „Прента – Ин“ ЕООД, 2017, ISBN: 978-619-90849-0-8 (печатна), ISBN: 978-619-188-109-3 (PDF)
- [2] Левашев А.Г. Михайлов А.Ю. Головных И.М. Проектирование регулируемых пересечений: Учеб. пособие – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. 208 с.

- [3] Маджарски Е., Салиев Д., Младенов Г., Маркова В., Определяне продължителността на цикъла и времената на фазите при работа на светофарната уредба през летния сезон, Научна конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии Бул Транс-2009 - сборник доклади. Созопол, Септември 2009 г., стр. 208-211.
- [4] Метод бърстрой оценки свойств регулируемых перекрестков, <http://www.arterylite.ru/highway-capacity-manual-glava-10-prilozhenie-a-metod-byistroy-otsenki-svoystv-reguliruemyyih-perekrestkov/>
- [5] Тодорова М., Усъвършенстване на нормативна база с цел подобряване на управление на движението в градовете, Научно електронно списание, „Механика Транспорт Комуникации” ISSN:1312-3823, бр.3/2016, статия ID 1308, София
- [6] Babicheva T.S., Babichev S.L., Conception of effective number of lanes as basis of traffic optimization, Procedia Computer Science 91 (2016) 94 – 100
- [7] Erik Ruehr, The 2010 Highway Capacity Manual, VRPA Technologies, Inc.ITE San Diego Section, June 2, 2011
- [8] Highway Capacity Manual 2000, Transportation Research Board, Washington, 2000, https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway_capacity_manual.pdf
- [9] Saliev D., “Calculation algorithm for cycle length of signalized intersection”, Machines, Technologies, Materials – International Scientific Journal, ISSN Print: 1313-0226, ISSN Web: 1314-507X, Year XI, Issue 1, 2017, p. 33-34.
- [10] Sever Dr., Traffic engineering Highway Capacity Manual 2010, Interrupted traffic flow, 16.4.2015, University of Maribor

DETERMINATION OF NUMBER AND TYPE OF PHASES ACCORDING TO “METHOD OF SUM OF CRITICAL RATIOS FOR SIGNAL CYCLE”

Mirena Todorova
mirena_todorova@abv.bg

Todor Kablechkov University of Transport, Sofia
BULGARIA

Key words: *traffic control and management, traffic lights, signal cycle, phase*

Abstract: *The continuous increase of vehicle fleet and corresponding traffic flows along the urban street network leads to congestions and increased stay of vehicles in the intersection area. To reduce ecological problems and the problem of increased travel time, it is important that the traffic lights are adequate to the current transport flows by directions. In order to optimize traffic control with regard to traffic lights, it is necessary to define the number of phases and their type in the traffic regulation cycle. A new “Method of Sum of Critical Ratios for Signal Cycle” has been proposed to determine the type and number of phases for a single set of traffic lights based on the geometry of junction, the magnitude of traffic flows by directions and the number of lanes as well as considering the critical points and magnitude of flows turning to left. The algorithm steps are described and applied to a four-way intersection.*