

## INVESTIGATING THE POSSIBILITY OF IMPROVING INTERSECTION CAPACITY THROUGH ROAD TRAFFIC MICROSIMULATION <sup>21</sup>

**Assist. Prof. Pavel Stoyanov, PhD**

Department of Transport,  
“Angel Kanchev” Univesity of Ruse  
Tel.: 082 888 515  
E-mail: [pstoyanov@uni-ruse.bg](mailto:pstoyanov@uni-ruse.bg)

**Prof. Ivan Beloev, PhD**

Department of Transport,  
“Angel Kanchev” Univesity of Ruse  
Tel.: 082 888 515  
E-mail: [ibeloev@uni-ruse.bg](mailto:ibeloev@uni-ruse.bg)

**Abstract:** *The article examines the possibility of improving the throughput capacity of the car flow at an intersection between the parking lots of two commercial establishments in the city of Ruse. At the intersection, the organization of traffic changes. A traffic light system is applied from an intersection governed by right-of-way rules. This study is required due to the increased traffic at the intersection during the morning and evening peak periods. The research is conducted using the VISSIM simulation software of the PTV company. The study used an unmanned aerial vehicle to measure traffic intensity at the intersection. The simulation results prove that intersections with traffic lights do not always have better throughput.*

**Keywords:** *simulation, queues, congestion, traffic light, traffic jam, simulation models, vissim, data from sky.*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Увеличаването на ръста на населението в големите градове води до увеличаване на автомобилния поток по основните улици и булеварди. Нарастване на автомобилния поток се свързва пряко и с проблемите на уличното движение в градовете. Кръстовищата са ключовите места, където са необходими различни мерки и нива на регулиране на движението, за да се поддържа ефективно движение по градските пътища. В зоната на кръстовищата се образуват транспортни задръжки, както и загуба на време за пътуване, предпоставки за ПТП и отделяне на вредни емисии в околната среда. Много автори предлагат няколко подобрения за увеличаване на пропускателната способност на кръстовищата и намаляване на задръстванията, като поставяне на светофарна уредба или оптимизирането на светофарния цикъл (Saliev, D., Mladenov, G., Madajarski, E., Tsanov, R. (2013); Trendafilov, Z. (2017)). За кръстовища регулирани с пътни знаци относно предимството, движението на ляв завой е основен фактор, който влияе върху ефективността и безопасността на кръстовищата (Mihailov, R., Valkanov, V., Hristov, H., (2022)). Един от методите за подобряване на пропускателната способност и безопасността на кръстовищата е чрез моделиране на автомобилното движение (Boroiu, A-A., Neagu, E., Boroiu, A., Pârlac, S.(2019)). Един от тези методи на моделиране може да са симулационните модели. Използването на симулационен софтуер (Boneva, Y., (2018) има предимството, че не се налагат реални промени в движението при изпробването на различни варианти на организацията на движението или при промяна на светофарните циклограми (Stoilov, T., Bachova, B., Boneva, Y., Paunova, E., (2015)).

<sup>21</sup> Докладът е представен на пленарната сесия на 25 октомври 2024 с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ ВЪЗМОЖНОСТТА ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА ПРОПУСКАТЕЛНАТА СПОСОБНОСТ НА КРЪСТОВИЩА ЧРЕЗ МИКРОСИМУЛАЦИЯ НА ПЪТНИЯ ТРАФИК

## ИЗЛОЖЕНИЕ

### Методи за изследване на автомобилното движение

Съществуват много методи за изследване на пътното движение, като се започне от най-простия, в който участва само един човек, без да бъде снабден с апаратура, и се достигне до най-сложния, при който вземат участие повече хора, снабдени със специална апаратура. Големият брой методи може да се обясни с многобройните и сложни задачи, които трябва да се решават при пътното движение. Освен това върху тези изследвания голямо влияние оказва съвременната апаратура, която непрекъснато се изменя и подобрява. Така например много изменения в методите на изследванията внесоха апаратурата основана на компютърните системи.

### Метод и средства за измерване на автомобилното движение

Заснемането от въздуха се използва в различни области, като география, картиране, недвижими имоти, филмова индустрия, спортни събития и други, където снимките и видеото от високо могат да предоставят уникална перспектива и информация. Заснемането от въздуха се осъществява с помощта на различни видове въздушни превозни средства и снимкови техники.

При заснемане от въздуха може да се получи информация за редица показатели на пътнотранспортното движение:

- разпределение на кореспонденциите между входовете и изходите на изследваните пътни артерии;
- плътност на транспортните потоци;
- интервали на движение на транспортните потоци;
- време за преминаване през изследваното кръстовище;
- състав на транспортните потоци;
- интензивност на транспортните потоци;
- скорост на превозните средства и други.

Тези показатели обхващат изследване на автомобилите, участващи в движението, на пешеходните зони, велосипедистите и велоалеите. По този начин се натрупва голяма експериментална база данни, която да даде възможност за оптимизация на пътнотранспортната мрежа.

При изследването е използван БЛА DJI Air 2S, който е мощен и високотехнологичен дрон, който предлага високо качество на снимките и видеото, както и разнообразие от функции и възможности за заснемане. Той е подходящ за изследвания, при които се търси преносим, но високопроизводителен дрон за въздушна фотография (фиг. 1).

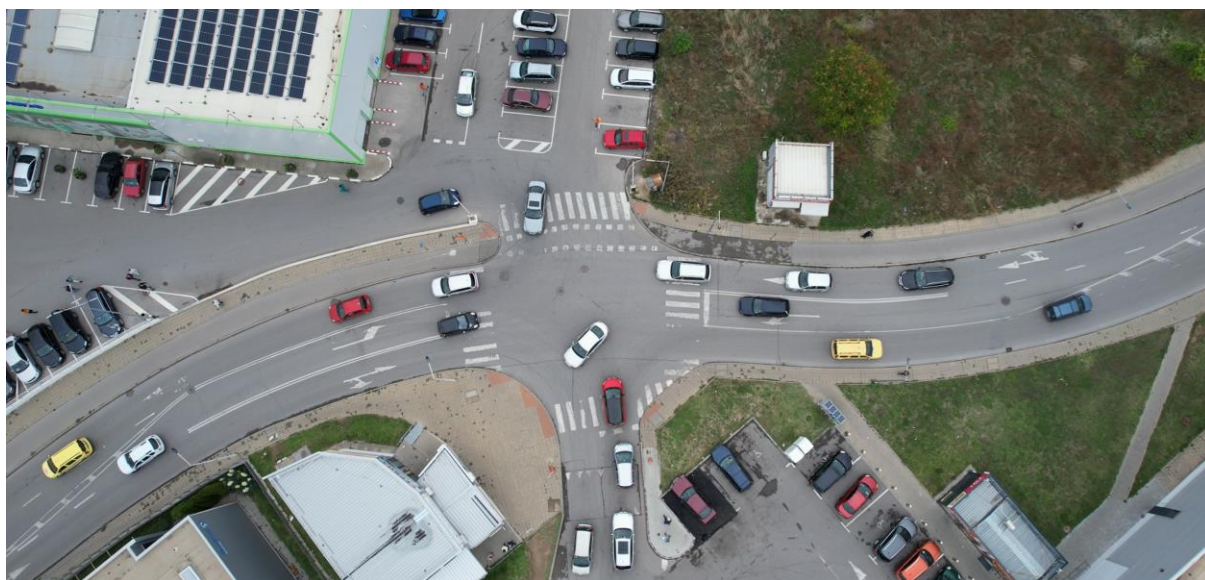
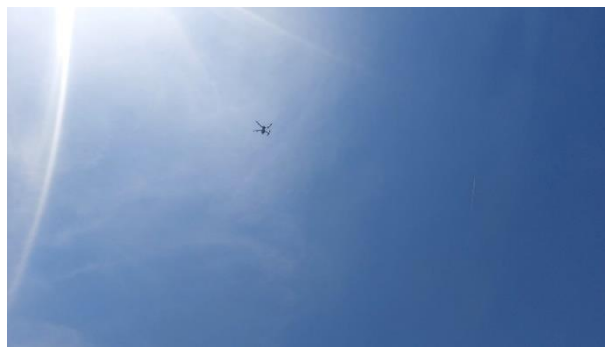


Фиг.1 БЛА DJI Air 2S

DJI Air 2S е безпилотен дрон, произведен от компанията DJI, която е една от водещите марки в областта на БЛА и въздушната фотография. Air 2S е наследник на предишния модел DJI Mavic Air 2 и е предназначен да предложи по-напреднали функции и по-добро качество на снимките и видеото.

При изследването(фиг. 1) на транспортните потоци на кръстовища с БЛА се използва следната методика:

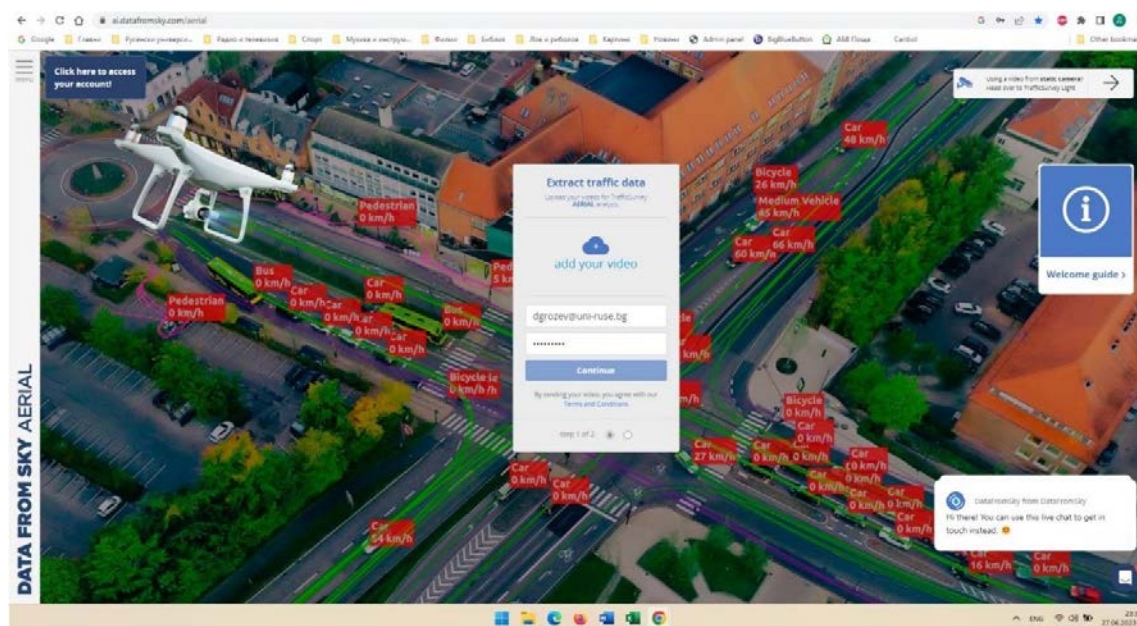
- Подготовка и планиране: Започват с планиране на маршрута на БЛА, който ще следва при заснемането. Това включва определение на обхвата на изследването, местата за старт и кацане на БЛА и точките за заснемане.
- Полет и заснемане: БЛА излита от предварително определената точка до кръстовището, което ще изследваме. Използва се камерата, за да се заснеме видео или да се направят снимки на транспортните потоци и движението на превозните средства на кръстовището. Оптималната височина и ъгъл на снимане може да варират в зависимост от целите на изследването, но обикновено по-висока височина може да предостави по-широк обхват на изображението.
- Анализ и обработка на данните: След като се приключи със заснемането, данните се прехвърлят от БЛА на компютър за детайлен анализ. Използва се софтуер за обработка на изображения или видео, за да се анализира и визуализират данните от заснемането. Това може да включва измерване на потоците на трафика, броене на превозните средства, анализ на шаблони на движение и други параметри, свързани с транспортната натовареност на кръстовището.
- Интерпретация и представяне на резултатите: Определят се тенденциите, проблемните зони или възможности за оптимизиране на транспортните потоци на кръстовището.



Фиг. 2 Част от етапите от методиката при изследването на транспортните потоци – подготовка и планиране, полет и заснемане

При анализа на изследването е използвана web платформата на компанията Data From Sky, с която Русенски университет е сключил договор за сътрудничество. Приложенията на компанията са специализирани в анализа на данни от въздуха, особено по отношение на транспортните системи и движението на превозните средства. Те използват смесени данни от

БЛА, сателити и други източници, за да предоставят подробни анализи и решения за трафика и инфраструктурата (фиг. 3).



Фиг. 3 Изглед на web приложението на компанията Data From Sky

Основните функции, които предлага приложението на компанията Data From Sky са:

- Анализ на трафика: Data From Sky предоставя анализи на движението на превозните средства и трафика в реално време. Използват се техники за обработка на изображения и видео, които позволяват броене на превозните средства, измерване на скоростта и следене на движението на пътнически и товарни превозни средства.
- Анализ на кръстовища и пътища: Приложението предлага анализ на кръстовища и пътища, включително измерване на капацитета, оценка на натовареността и изпълнение на пътната мрежа. Това може да бъде полезно за планиране на инфраструктурни проекти и оптимизиране на трафика.
- Предвиждане на риска и безопасност: Data From Sky може да помогне в определянето на рисковете и безопасността на пътя. Може да се идентифицират зони с висок риск, проблемни места или нарушения на правилата на движение.
- Изследвания и консултации: Приложението предоставя изследвания, консултации и съвети, свързани с транспортните системи. Тези анализи и данни могат да бъдат полезни за градски и регионални органи, инженери, планиращи и други за вземане на решения.

Софтуерът на Data From Sky работи с широк набор от клиенти в областта на инфраструктурата, транспорта и управлението на трафика. Компанията продължава да развиват и иновира своите технологии и аналитични методи, за да се предоставят нови възможности, което е важно за развитието на анализа на изследванията.

На фиг. 4 е представено изображение направено при анализа на изследването на кръстовището в град Русе.



Фиг. 4 Изследване на пътните потоци на кръстовище с Data From Sky

### Обект на изследване

Кръстовището на ул. “Лозен планина” се намира между паркингите на търговските вериги “Практикер” и “Кауфланд”. Кръстовището се регулира с пътни знаци от група “Б”. Улицата е двупосочна с по една лента в посока, като в зоната на кръстовището има допълнителна лента за завиващите на ляво. Широчината на лентите е 3 m. В близост до кръстовището има още едно кръстовище, което пресича ул. “Лозен планина” с бул. “Липник”.



Фиг. 5. Обзор на изследваното кръстовище

### Софтуер за компютърна симулация на транспортни процеси

За провеждане на симулациите е използван софтуерния продукт VISSIM.

Използваният софтуер е програмен продукт специализиран в изграждането на детайлизирани симулационни модели. Детайлността ѝ позволява голяма прецизност в

разчертаването на транспортната мрежа, както и многобройни функции за изграждане на напълно реалистична симулация на транспортния процес.

Софтуера може да анализира транспортни операции, като конфигурация на лентите, брой от превозни средства, светофарно управление и предимства на движение, спирки на градския пътнически транспорт и други, като по този начин тя е работещ инструмент за оценка на различни алтернативи базирани на транспортното инженерство и повишаване на ефективността. Съответно могат да се моделират и пешеходни потоци както самостоятелно така и комбинирано с частния и/или публичния транспорт.

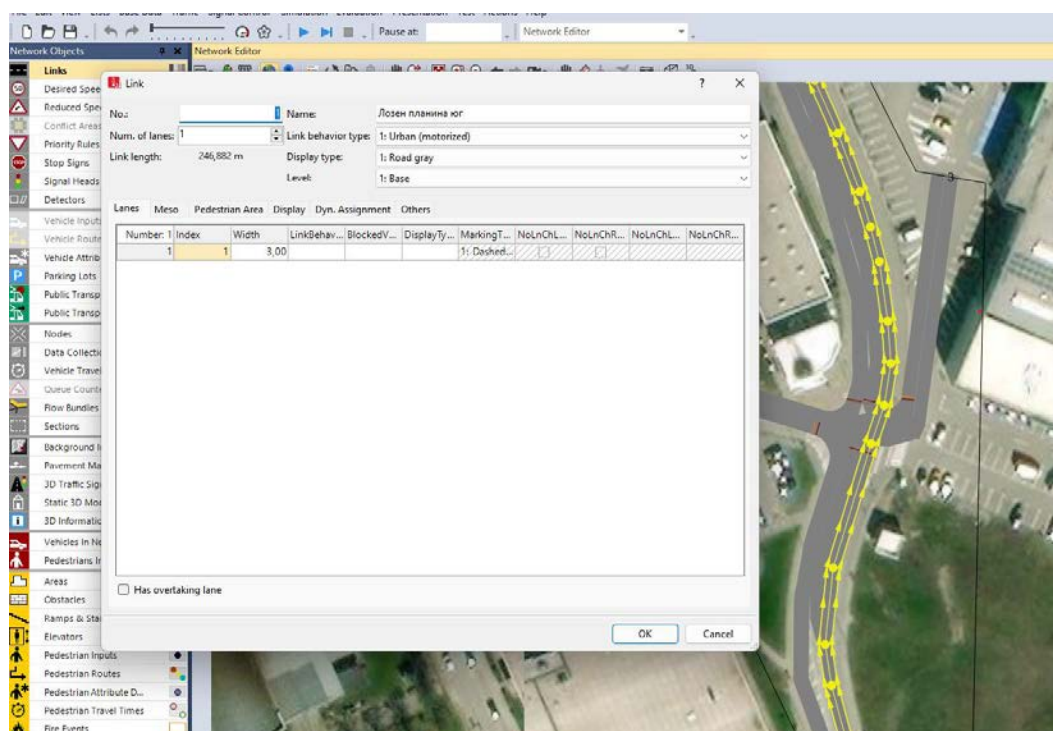
VISSIM може да бъде използван като работещ инструмент при разрешаването на различни казуси в сферата на транспорта:

- Оценка и оптимизация на транспортни операции в пътна мрежа с разнообразен тип организация на движението изградена от саморегулиращи се и такива със светофарна организация на движението.
- Приложимост и изследване на възможността за сблъсък между трамвай и пътни превозни средства в градска среда.
- Анализ на движението на превозни средства и вливания на транспортни потоци при движение с ниска скорост.
- Сравняване на алтернативни инфраструктурни решения включително за регулирани и нерегулирани кръстовища, кръгово движение и други.
- Капацитет на работа и анализ на извършената услуга от сложно планирани спирки на трамвайните и автобусни градски линии.
- Симулиране на решения за подобряване на движението на автобусите от градския пътнически транспорт (например разширения на платна за движение, изграждане на автобусни ленти и др.).
- Със своят вграден потенциал за моделиране на динамична среда, VISSIM може да отговаря на въпроси като подбора на маршрут от превозните средства или възможности за пренасочване на пътните потоци през кварталната пътна мрежа.
- Моделиране и симулиране на потоци от пешеходци – с това приложение софтуерът придобива възможност за работа със смесени потоци и може да симулира и визуализира взаимодействието между транспортните потоци и пешеходните.

Освен със своята детайлност при моделиране, VISSIM впечатлява и с възможностите си като генератор на данни за състоянието на транспортните потоци, оптимизираност на светофарното управление и други параметри на изградения транспортен модел. Точността на симулацията на транспортните потоци главно разчита на качеството на моделирането на превозните средства или по – точно на методологията на движение на превозните средства по мрежата.

#### **Изграждане на платната за движение**

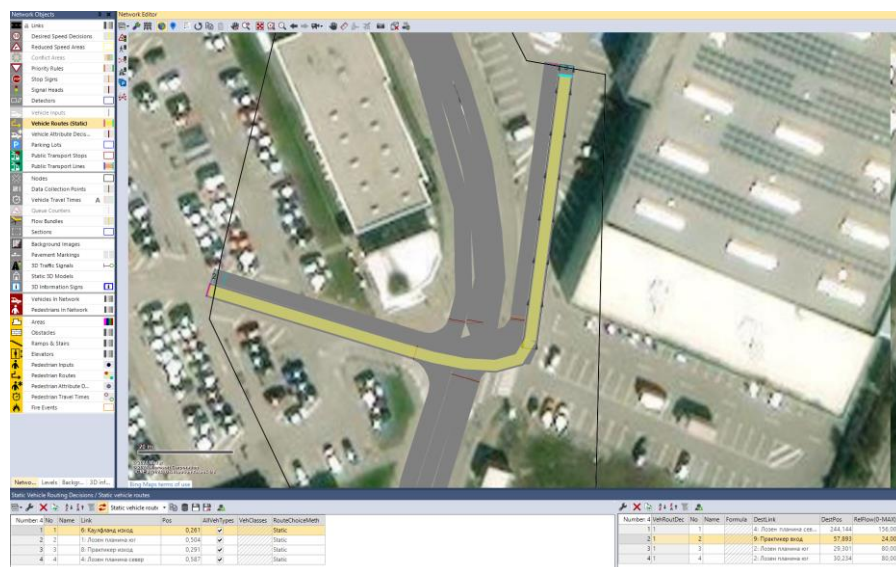
При започване на нов проект, е нужно да се осигури правилното първоначално оразмеряване. Това става чрез използването на заден план (фон, снимка на пътната мрежа), на който знаем реалните размери на обектите. За симулацията бяха използвани сателитни снимки на избраните за изследване и симулация възлови кръстовища. За правилното оразмеряване на пътната мрежа са използвани данни за реалните размери на кръстовищата.



Фиг. 6. Фонова снимка на кръстовище

### Определяне на пътят на движение на транспортните средства.

Пътят (маршрута на движение) представлява фиксирана последователност от пътни участъци и пътни връзки за движението на подвижния състав от навлизането му в рамки на изградената пътна мрежа до излизането от нея. Началото на пътят се поставя с червен маркер, а края със зелен. Всяко начало на маршрут може да има по няколко края образувайки дърво с множество разклонения. Пътят на движение може да има дължина по избор – от завой в просто кръстовище до цял маршрут пресичащ голяма част от изградената пътна мрежа. Маршрутите са в сила само за превозните средства за които са активирани и нямат друг въведен маршрут на движение.



Фиг. 7. Управление на транспортни маршрути в изградената транспортна мрежа

### Определяне на конфликтните точки и предимства

Под понятието конфликтни точки се разбира онези точки, които възпрепятстват пътното движение и са източник на произшествия. В тях потоците влизат във взаимен конфликт. Наличието на конфликтни точки се обуславя от различни фактори: особеност на

- точки на отделяне на потоците;
- точки на сливане на потоците;
- точки на пресичане на потоците.

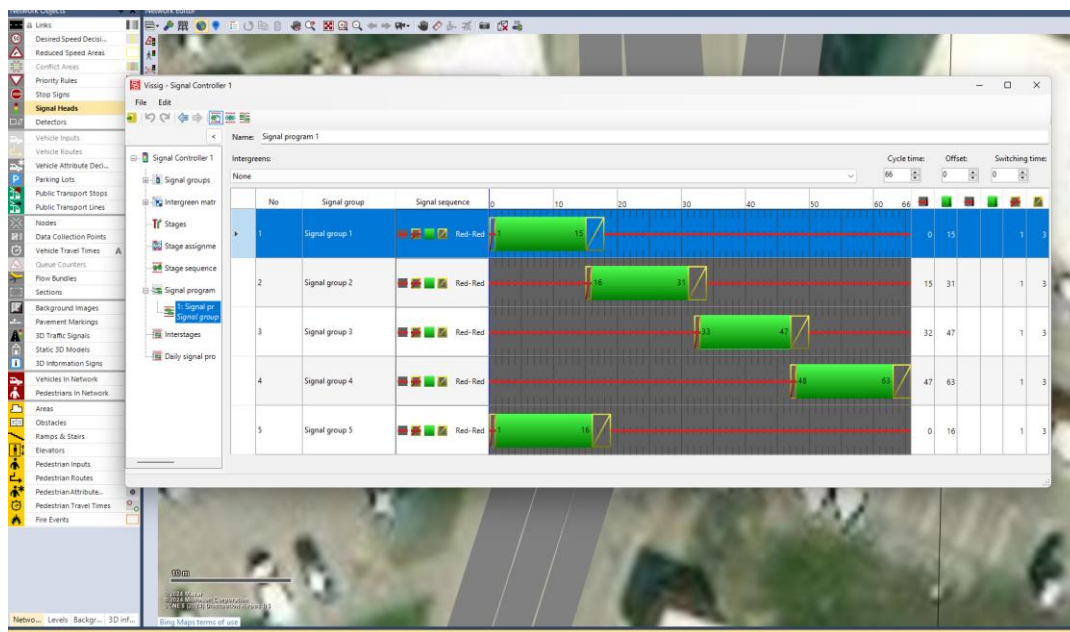
The screenshot displays the VISSIM software interface. On the left is a vertical toolbar with icons for various simulation elements like lanes, speed limits, and vehicle types. The main window shows a 3D aerial view of a road intersection with a yellow and red traffic light system. Two specific points, 'A' and 'B', are highlighted on the road. Below the 3D view is a data table titled 'Static Vehicle Routing Decision / Signal vehicle'. The table has columns for 'Number', 'File', 'Name', 'Link', 'VissLink#', 'Status', 'FrontGapDef', 'RearGapDef', 'MinGapDefOnDef', 'MaxCueDef', 'SatDefOnDef', 'AddStopDef', 'ChokeLink', 'Anticstop', and 'AvoidChokeMinor'. The table lists 32 different vehicle routing scenarios, each with its own set of parameters and status indicators.

| Number  | File  | Name                 | Link        | VissLink#   | Status                   | FrontGapDef | RearGapDef | MinGapDefOnDef | MaxCueDef | SatDefOnDef | AddStopDef | ChokeLink                | Anticstop | AvoidChokeMinor |
|---------|-------|----------------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|------------|----------------|-----------|-------------|------------|--------------------------|-----------|-----------------|
| 204     |       | Flower rossonava csw | 100-0-10007 | 100-0-10007 | 100-0 A has right of way | 0,5         | 0,5        | 3,0            | 3,5       | 1,5         | 0,0        | <input type="checkbox"/> | 0,0%      | 100,0%          |
| 217     |       | Kaplanova street     | 100-0-10007 | 100-0-10007 | 100-0-10007              | 0,5         | 0,5        | 3,0            | 3,5       | 1,5         | 0,0        | <input type="checkbox"/> | 0,0%      | 100,0%          |
| 224     |       | Flower rossonava csw | 100-0-10007 | 100-0-10007 | 100-0-10007              | 0,5         | 0,5        | 3,0            | 3,5       | 1,5         | 0,0        | <input type="checkbox"/> | 0,0%      | 100,0%          |
| 2310003 |       | 100-0-10007          | 100-0-10007 | 100-0-10007 | 100-0-10007              | 0,5         | 0,5        | 3,0            | 3,5       | 1,5         | 0,0        | <input type="checkbox"/> | 0,0%      | 100,0%          |
| 24      | 10004 | 100-0-10007          | 100-0-10007 | 100-0-10007 | 100-0-10007              | 0,5         | 0,5        | 3,0            | 3,5       | 1,5         | 0,0        | <input type="checkbox"/> | 0,0%      | 100,0%          |
| 25      | 10005 | 100-0-10007          | 100-0-10007 | 100-0-10007 | 100-0-10007              | 0,5         | 0,5        | 3,0            | 3,5       | 1,5         | 0,0        | <input type="checkbox"/> | 0,0%      | 100,0%          |
| 26      | 10006 | 100-0-10007          | 100-0-10007 | 100-0-10007 | 100-0-10007              | 0,5         | 0,5        | 3,0            | 3,5       | 1,5         | 0,0        | <input type="checkbox"/> | 0,0%      | 100,0%          |
| 27      |       | Flower rossonava ror | 100-0-10008 | 100-0-10008 | 100-0-10008              | 0,5         | 0,5        | 3,0            | 3,5       | 1,5         | 0,0        | <input type="checkbox"/> | 0,0%      | 100,0%          |
| 28      |       | Flower rossonava ror | 100-0-10008 | 100-0-10008 | 100-0-10008              | 0,5         | 0,5        | 3,0            | 3,5       | 1,5         | 0,0        | <input type="checkbox"/> | 0,0%      | 100,0%          |
| 29      |       | Flower rossonava csw | 100-0-10008 | 100-0-10008 | 100-0 A has right of way | 0,5         | 0,5        | 3,0            | 3,5       | 1,5         | 0,0        | <input type="checkbox"/> | 0,0%      | 100,0%          |
| 30      |       | Flower rossonava csw | 100-0-10008 | 100-0-10008 | 100-0 Undetermined       | 0,5         | 0,5        | 3,0            | 3,5       | 1,5         | 0,0        | <input type="checkbox"/> | 0,0%      | 100,0%          |
| 31      | 10004 | 100-0-10008          | 100-0-10008 | 100-0-10008 | 100-0-10008              | 0,5         | 0,5        | 3,0            | 3,5       | 1,5         | 0,0        | <input type="checkbox"/> | 0,0%      | 100,0%          |
| 32      | 10005 | 100-0-10008          | 100-0-10008 | 100-0-10008 | 100-0-10008              | 0,5         | 0,5        | 3,0            | 3,5       | 1,5         | 0,0        | <input type="checkbox"/> | 0,0%      | 100,0%          |

На фиг. 8 са показани част от конфликтните точки на кръстовище с четири направления и дефинирани правила за приоритет на движение. Селектираната конфликтна точка е точка на вливане.

Във VISSIM всеки светофарен контролер е представяван от свой идентификационен номер и сигнални групи (фази) като най – малка контролна единица. В зависимост от избраната логика на управление, VISSIM може да симулира до 125 фази за всеки светофарен контролер. Превозните средства спират на приблизително 0.5 метра от светофар с активна червена светлина. Превозните средства приближаващи жълт сигнал ще продължат движението си ако нямат възможност за безопасно спиране преди стоп линията.

- 139 -



Фиг. 9. Циклограма на светофарното управление за кръстовище

Светофарната програма е представена от 4 светофарни фази с обща продължителност 66 секунди. Първи през кръстовището преминават приближаващите по ул. „Лозен планина“ от посока ул. „Чипровци“. превозни средства. Разрешаващият сигнал за тях е с продължителност 15 секунди, а забранителния 51 секунди.

Следващата светофарна фаза позволява движението през кръстовището на транспортния поток от бул. „Липник“. Зеленият сигнал е 16 секунди, а червеният 50 секунди.

### Провеждане на симулацията

Софтуерът дава възможност за проследяване на движението на всяко превозно средство. В тази опция освен проследявайки отблизо движението на превозното средство ни се дава възможност за проследяване на постоянно актуализираща се таблица с информация за самото превозно средство. Таблицата дава информация за: Типа на превозното средство, Моментен пътен участък на движение, Координати от началото на изградената пътна мрежа, Моментна скорост на движение, Желана скорост на движение, Разстояние до крайната дестинация и други.



Фиг. 10. 3D изглед на симулация на кръстовище

### Извеждане на данните от симулацията

Извеждането на данни става след протичане на пълна симулация. В случая разглежданият период е от 17:00 до 18:00 часа, затова са важни данните за целия този период. При приключване на симулацията данните преминават през софтуер за база данни, а след това автоматично се генерира файл с таблици. Броят и пълнотата на таблиците зависят от детайлността на изградения модел и избраните преди симулацията желани параметри за слеждане.

| Queue Results |                    |         |              |       |         |        |
|---------------|--------------------|---------|--------------|-------|---------|--------|
| Number: 66    | SimRun             | TimeInt | QueueCounter | QLen  | QLenMax | QStops |
| 45            | Average            | 0-3600  | 3            | 40,34 | 59,89   | 239    |
| 46            | Average            | 0-3600  | 4            | 4,64  | 64,87   | 60     |
| 47            | Average            | 0-3600  | 5            | 33,91 | 247,20  | 444    |
| 48            | Average            | 0-3600  | 6            | 10,00 | 48,09   | 134    |
| 49            | Standard deviation | 0-3600  | 1            | 3,19  | 0,01    | 44     |
| 50            | Standard deviation | 0-3600  | 2            | 0,35  | 1,43    | 2      |
| 51            | Standard deviation | 0-3600  | 3            | 0,91  | 0,00    | 35     |
| 52            | Standard deviation | 0-3600  | 4            | 1,26  | 25,75   | 22     |
| 53            | Standard deviation | 0-3600  | 5            | 16,28 | 2,45    | 92     |
| 54            | Standard deviation | 0-3600  | 6            | 0,21  | 6,71    | 11     |
| 55            | Minimum            | 0-3600  | 1            | 8,68  | 50,22   | 155    |
| 56            | Minimum            | 0-3600  | 2            | 0,16  | 6,40    | 10     |
| 57            | Minimum            | 0-3600  | 3            | 38,54 | 59,89   | 168    |
| 58            | Minimum            | 0-3600  | 4            | 2,75  | 27,18   | 25     |
| 59            | Minimum            | 0-3600  | 5            | 24,93 | 241,64  | 315    |
| 60            | Minimum            | 0-3600  | 6            | 9,90  | 38,27   | 109    |
| 61            | Maximum            | 0-3600  | 1            | 15,75 | 50,25   | 266    |
| 62            | Maximum            | 0-3600  | 2            | 0,91  | 11,31   | 14     |
| 63            | Maximum            | 0-3600  | 3            | 41,62 | 59,89   | 258    |
| 64            | Maximum            | 0-3600  | 4            | 5,38  | 79,95   | 73     |
| 65            | Maximum            | 0-3600  | 5            | 70,71 | 248,13  | 627    |
| 66            | Maximum            | 0-3600  | 6            | 10,46 | 52,02   | 139    |

Фиг. 11. Дължина на транспортната задръжка по ленти след проведена симулация

Табл. 1. Резултати от направената симулация без светофарна уредба

| TIMEINT | MOVEMENT                                          | QLEN | QLEN<br>MAX | VEHS(ALL) | LOS(ALL) |
|---------|---------------------------------------------------|------|-------------|-----------|----------|
| 0-3600  | Лозен планина юг вход-Лозен планина изход север 1 | 0    | 0           | 152       | LOS_D    |
| 0-3600  | Лозен планина юг вход-Лозен планина изход север 2 | 0    | 0           | 129       | LOS_C    |
| 0-3600  | Лозен планина юг вход-Практикер изход             | 0    | 0           | 93        | LOS_A    |
| 0-3600  | Лозен планина юг вход-Кауфланд изход              | 0    | 0           | 65        | LOS_A    |
| 0-3600  | Лозен планина север вход - Лозен планина юг изход | 0    | 0           | 229       | LOS_A    |
| 0-3600  | Лозен планина север вход - Практикер изход        | 0    | 0           | 142       | LOS_A    |
| 0-3600  | Лозен планина север вход - Кауфланд изход         | 0    | 0           | 14        | LOS_A    |
| 0-3600  | Кауфланд вход - Лозен планина изход север 1       | 0,05 | 11,03       | 39        | LOS_D    |
| 0-3600  | Кауфланд вход - Лозен планина изход север 2       | 0,05 | 11,03       | 35        | LOS_C    |
| 0-3600  | Кауфланд вход - Лозен планина изход юг            | 1,06 | 34,47       | 147       | LOS_A    |
| 0-3600  | Кауфланд вход - Практикер изход                   | 1,04 | 34,84       | 27        | LOS_A    |
| 0-3600  | Практикер вход - Лозен планина изход север 1      | 6,66 | 59,52       | 77        | LOS_D    |
| 0-3600  | Практикер вход - Лозен планина изход север 2      | 6,66 | 59,52       | 76        | LOS_E    |
| 0-3600  | Практикер вход - Лозен планина изход юг           | 7,03 | 63,82       | 32        | LOS_B    |
| 0-3600  | Практикер вход - Кауфланд изход                   | 7,96 | 66,41       | 13        | LOS_A    |

Табл.2. Резултати от направената симулация със светофарна уредба

| TIMEINT | MOVEMENT                                          | QLEN  | QLEN<br>MAX | VEHS(ALL) | LOS(ALL) |
|---------|---------------------------------------------------|-------|-------------|-----------|----------|
| 0-3600  | Лозен планина юг вход-Лозен планина изход север 1 | 96,95 | 137,95      | 143       | LOS F    |
| 0-3600  | Лозен планина юг вход-Лозен планина изход север 2 | 96,95 | 137,95      | 119       | LOS F    |
| 0-3600  | Лозен планина юг вход-Практикер изход             | 4,73  | 29,22       | 65        | LOS F    |
| 0-3600  | Лозен планина юг вход-Кауфланд изход              | 96,95 | 137,95      | 74        | LOS F    |
| 0-3600  | Лозен планина север вход - Лозен планина юг изход | 69,26 | 104,21      | 213       | LOS F    |
| 0-3600  | Лозен планина север вход - Практикер изход        | 69,26 | 104,21      | 122       | LOS F    |
| 0-3600  | Лозен планина север вход - Кауфланд изход         | 0,72  | 12,51       | 14        | LOS D    |
| 0-3600  | Кауфланд вход - Лозен планина изход север 1       | 10,95 | 51,72       | 121       | LOS A    |
| 0-3600  | Кауфланд вход - Лозен планина изход север 2       | 10,95 | 51,72       | 122       | LOS D    |
| 0-3600  | Кауфланд вход - Лозен планина изход юг            | 13,25 | 56,31       | 112       | LOS B    |
| 0-3600  | Кауфланд вход - Практикер изход                   | 12,36 | 56,68       | 12        | LOS C    |
| 0-3600  | Практикер вход - Лозен планина изход север 1      | 42,13 | 60,45       | 102       | LOS A    |
| 0-3600  | Практикер вход - Лозен планина изход север 2      | 42,13 | 60,45       | 104       | LOS F    |
| 0-3600  | Практикер вход - Лозен планина изход юг           | 42,13 | 60,45       | 23        | LOS F    |
| 0-3600  | Практикер вход - Кауфланд изход                   | 42,13 | 60,45       | 22        | LOS F    |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направените симулации може да се направи следното заключение. За симулацията без светофарна уредба се забелязва транспортна задръжка предимно по направлението от ул. „Лозен планина юг в посока бул. „Липник“. В момента по това направление има светофарна уредба между булеварда и улицата. Също така от изхода на паркинга на „Практикер“ се забелязва по-голяма задръжка в посока бул. „Липник“. Като цяло нивото на обслужване (LOS – Level of service) на автомобилния поток е добро със сегашната организация на движение. Във вторият вариант със светофарна уредба се забелязва значително увеличаване на транспортните задръжки, което води и до по-малка пропускателна способност на кръстовището.

Това проучване подчертава значението на внимателното планиране и проектиране на светофарни уредби в кръстовища. Въпреки че светофарите могат да подобрят безопасността и да управляват трафика в определени ситуации, те може да не са най-добрият вариант за всички кръстовища. Важно е да се вземат предвид специфичните характеристики на кръстовището, моделите на движение и нуждите на потребителите, когато се оценява въздействието на светофара върху пропускателната способност на кръстовището.

В случая на кръстовището в град Русе, по-внимателният анализ и потенциално алтернативни решения, като например кръгово движение или интелигентни транспортни системи, биха могли да доведат до по-добри резултати по отношение на пропускливостта и безопасността. Бъдещите изследвания трябва да продължат да изследват тези алтернативи и

да оценяват тяхното въздействие върху различни видове кръстовища, за да се осигури оптимално управление на трафика в градските райони.

## REFERENCES

Saliev, D., Mladenov, G., Madajarski, E., Tsanov, R. (2013). *Optimization of the phases of junction with three entrances in the district "DARVENITSA"*. BulTrans Proceedings 16-18 October 2013 Sofia. (Оригинално заглавие: Салиев, Д., Младенов, Г., Маджарски, Е., Цанов, Р., 2013. Оптимизация на времената на фазите за триклонно кръстовище в жк. „ДЪРВЕНИЦА”. БулТранс-сборник 16-18 октомври 2013 г. София.)

Mihailov, R., Valkanov, V., Hristov, H., (2022). *Model of road junctions for traffic measurement*. International Scientific Conference „INFORMATICS, MATHEMATICS, EDUCATION AND THEIR APPLICATIONS“, 23-25 November 2022, Pamporovo, Bulgaria. (Оригинално заглавие: Михайлов, Р., Вълканов, В., Христов, Х., 2022. Моделиране на пътни възли за измерване на трафик. Международна научна конференция „ИНФОРМАТИКА, МАТЕМАТИКА, ОБРАЗОВАНИЕ И ТЕХНИТЕ ПРИЛОЖЕНИЯ“, 23-25 ноември 2022 г., Пампорово, България.)

Trendafilov, Z. (2017). *Analyses on the methods for estimating the phases of the traffic lights*. Scientific journal "MECHANICS TRANSPORT COMMUNICATIONS", Volume 15, Issue 3, 2017, article № 1446, ISSN 1312-3823. (Оригинално заглавие: Трендафилов, З., 2017. Анализ на методите за определяне на фазите на светофарните уредби. Научно списание „МЕХАНИКА ТРАНСПОРТ КОМУНИКАЦИИ”, том 15, брой 3, 2017 г., статия № 1446, ISSN 1312-3823.)

Stoilov, T., Bachova, B., Boneva, Y., Paunova, E., (2015) Optimization and intelligent management of car traffic - Traffic modelling. Scientific report on a project AComIn: Advanced Computing for Innovation”, (Оригинално заглавие: Стоилов Т., Вачова Б., Бонева Й., Паунова Е. Оптимизация и интелигентно управление на автомобилен трафик - Моделиране на трафик. Научен отчет по проект: „ AComIn: Advanced Computing for Innovation”, Институт по информационни и комуникационни технологии. БАН. 2015.)

Boneva, Y., (2018). Optimization of car traffic flow on intersections regulated by traffic lights through the simulation environment Aimsun. Scientific journal "MECHANICS TRANSPORT COMMUNICATIONS", Volume 16, Issue 2, 2018, article № 1663, ISSN 1312-3823. (Оригинално заглавие: Трендафилов, З., 2018. Оптимизация на автомобилен трафик на светлинно регулирани кръстовища посредством симулационна среда Aimsun. Научно списание „МЕХАНИКА ТРАНСПОРТ КОМУНИКАЦИИ”, том 16, брой 2, 2018 г., статия № 1663, ISSN 1312-3823.)

Boroiu, A-A., Neagu, E., Boroiu, A., Pârlac, S.(2019) - Study of the Possibilities to Improve the Service Level of Traffic Light Intersections by Road Traffic Microsimulation, Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Congress “Science and Management of Automotive and Transportation engineering“, SMAT 2019, ISBN: 978-3-030-32563-3, pp. 349-358, WOS:000528526600041 [https://doi.org/10.1007/978-3-030-32564-0\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32564-0_41)

Data From Sky - <https://datafromsky.com/>

PTV VISSIM manual 2024 - <https://www.ptvgroup.com/en/products/ptv-vissim>