

## 1. ВОВЕД

### 1.1. Предговор

Одвивањето на сообраќајот вдоль патните јазли-крстосници како функционални елементи на урбаните сообраќајници, во голема мерка е одраз на начинот на креирање на целокупната мрежа на сообраќајници, во градот и надвор од него. Во таа насока, моделите и симулациите на одвивањето на сообраќајните токови, на било кој дел од сообраќајницата/мрежата на сообраќајници, имаат суштинска улога во препознавањето на проблемите, како на пример, заситен сообраќаен ток, односно состојба при која група на возила се движат во збиена формација, со мала брзина и непријатност предизвикана од големиот период на чекање. Додека, доколку станува збор за сообраќаен метеж, истиот, во најлош случај, може да се објасни како феномен на создавање на линија/ред на чекање, којашто се издолжува од една до друга соседна крстосница и го блокира протокот на сообраќај во одреден временски период.

Во токот на досегашните истражувања на разни аналитички инженерски техники, голем број на алатки за симулација се покажале како можни средства за решавање на проблемите во сообраќајот. Во таа насока, кога станува збор за управувањето и контролата на сообраќајот на крстосниците, (семафоризирани или несемафоризирани), развиени се соодветни и адекватни техники за анализа, идентификација и решавање на разни сообраќајни ситуации и проблеми. Овие техники на симулација се развиваат паралелно со развојот на различните модели за одвивање на сообраќајот, класифицирани најчесто како макроскопски и микроскопски модели. [1].

Согласно референтната литература, микроскопските модели ги анализираат обележјата на сообраќајниот тек на ниво на поединечни елементи или возила и даваат експлицитен модел на интеракцијата помеѓу нив, додека макроскопските модели го претставуваат сообраќајот како континуиран проток во дадено место и време. Првиот макроскопски модел беше поставен од *Lighthill u Whitham* во 1955 и *Richards* во 1956, познат како моделот *LWR* [2], [3].

Освен споменатиот модел, постојат и други модели на сообраќаен ток. Во последните две декади, во рамките на дискретните модели, СТМ моделот (cell transmission model), има мошне широка примена.

Цел на оваа дисертација е развој на напреден СТМ модел којшто ќе може да го симулира одвивањето на сообраќајните токови вдоль урбаните сообраќајници при слободен ток и при метеж. Daganzo е првиот кој го осмисли СТМ моделот во 1994 год [4],[5], и оттогаш, заради едноставноста во изразувањето на сообраќајните параметри, моделот се здоби со популарност кај истражувачите кои се занимаваат со моделирање на сообраќајните токови. Имено, авторот пронашол нов начин за надминување на проблемите со парцијално диференцирање, со тоа што го поделил патот на сегменти и го прифатил фундаменталниот дијаграм на проток и густина. Следствено на тоа, моделите кои произлегуваат од првиот општ СТМ модел претставуваат мошне применливи алатки за решавање на проблемите со сообраќајот, иако, за воља на вистината, постојат елементи на моделите на кои сèуште треба да се работи, а со цел за зголемување на нивната употребливост во различни реални услови на одвивање на сообраќајот.

## 1.2. Организација на докторската дисертација

Одделните глави на оваа дисертација се поредени како што следи:

Глава 2 дава преглед на литературата која се однесува на досега развиените СТМ модели и нивната употреба при изнаоѓање решенија на разни проблеми во сообраќајот. Разгледани се бројни модели, со посебен акцент на нивниот делокруг на примена. Дополнително, посебно внимание е посветено на моделирањето на сообраќајот на патните јазли и поедини видови на сообраќајници. Правилата на првобитниот СТМ модел се дадени во склоп на описот на правила во точката 2.3. Крајот на оваа глава дава приказ на ограничувањата на СТМ моделите и потребата за нов пристап, особено за деловите каде јазлите се спојуваат, согласно истражувачката цел на оваа дисертација.

Глава 3 ги содржи правилата на моделирање во рамките на СТМ моделите, додека четвртата глава 4 е посветена на студија на случај, направена со цел да се оцени ефикасноста на првобитниот СТМ модел, како и да се предложи нов СТМ модел, пред се кога станува збор за проценување на поедини обележја на сообраќајните токови. При тоа,

во дисертацијата е анализирана урбаната мрежа на Приштина, главниот град на Косово, односно сегментот на булеварот „Бил Клинтон“, како продолжување на автопатот М9 „Реја League“. Во рамките на [глава 5](#) е извршена функционализација и тестирање на предлог моделот. Иницијализацијата, како процес претходник беше извршена пред да се изведе експериментот, а сè со цел да се процени начинот на кој ќе се одвива сообраќајот низ анализираната артерија, со почеток од „нулта точка“. Со цел да се акцентира значењето и различноста на предлог СТМ и првобитниот СТМ модел, се врши тест на хипотеза на резултатите. Во [глава 6](#) се разгледани можностите што новиот СТМ модел ги има за ажурирање на брзините на движење, со помош на разни модели на релациите помеѓу брзината и густината, додека во [глава 7](#) е дадена агрегатна анализа на протокот и брзината. Аналогијата на протоците помеѓу пресеците добиена од единствената вредност на брзината и протоците како функција на брзината може да се направи на, пред се, добро формулиран СТМ модел. Но, пред да се изведе оваа аналогија, потребно е да се изврши анализа на фундаменталниот, (од постоечкиот СТМ модел), дијаграм и дијаграмот на менливата брзина. Во [глава 8](#) се разгледани интеграцијата на повторлив естиматор, познат како Kalman filter, (Калманов филтер - КФ), резултира во нов, подобрен СТМ модел, а со цел за добивање на предвидувања на густината на сообраќајниот ток. КФ функционира на тој начин што ги споредува проценетите со измерените вредности. Коваријантната грешка се пресметува заедно со претпоставката.

### 1.3 Цел на истражувањето во докторската дисертација

Оваа дисертација предлага подобрен СТМ модел, којшто е анализиран и оценет преку студија на случај, каде пак, е даден детален преглед од аспект на операциите на влевање и излевање на сообраќајните токови на урбаните артерии. Како што е очигледно од прегледот на литературата до сега, СТМ бил главно користен за моделирање на сообраќајот вдолж еднонасочни сообраќајници, како на пример вдолж одсеци на автопатишта, одвоени со или без рампи. Дополнително, неодамна е развиен и модел за анализа на сообраќајници со двонасочен сообраќај.

Деталната анализа на постојните СТМ модели упатува на заклучокот дека истите имаат, (паралелно со забележаните предности), и ограничувања во примената, но и недостатоци.

Прво, проблем-прашањето на крстосниците се разликува од оној кај автопатиштата поради различните вредности на капацитет и заситен ток со возила во истата лента, во близина на влез на крстосница (кој се моделира како излевање). Прашањето е уште повеќе потенцирано кога пресеците со различен пристап треба да се спојат во еден ред заради излезот кој се приближува, којшто, пак, може да се моделира како *спој*. Доколку станува збор за недостатоците, акцентот се става на протокот помеѓу пресеците на различните сообраќајни ленти. Имено, протокот помеѓу пресеците (бројот на возила кој може да се движи од еден до друг пресек во даден временски интервал), мора да има минимум три вредности, и тоа: *побарувачка за дотур* (број на возила во првиот одсек), *капацитет* и *побарувачка за прием* (потенцијали за слободно место за прием на возило од вториот пресек). Кога станува збор за дефинирање на овие атрибути при спој и излевање на возила на одсеци кај било каква крстосница, треба да се има во предвид дека постојат различни видови на конфигурации на крстосниците. Имено, постојат сообраќајни ленти кои можат да служат за движење право и вртење, без разлика дали постои сигнална контрола или не. Во таа насока, треба да се напомене дека оваа дисертација детално го разгледува потенцијалниот капацитет заради дефиниција на протокот помеѓу пресеците на сообраќајните ленти наменети за движење право и за вртење. Дополнително, даден е осврт на управувањето на сообраќајот со помош на светлосни сигнали, а со цел да се земат во предвид прекинатите (црвен сигнал) и непрекинатите (зелен сигнал) меѓутокови, иако треба да се потенцира дека оваа дисертација нема за цел да ја анализира, разработи и развие сигналната контрола на сообраќајот. Активностите потребни за одредување на капацитетот во одредени специјални случаи се во согласност со препораките на *HCM* (Highway Capacity Manual – Прирачник за капацитет на патиштата). Исто така, капацитетот на сообраќајните ленти за вртење во лево најчесто се пресметува со претпоставката за експоненцијално распределено просторно растојание помеѓу возилата според распределбата по Пуасон (Poisson distribution).

Со цел правилно да се симулира одвивањето на сообраќајот вдолж мрежата на градски сообраќајници/урбани артерии, треба да се земе во предвид и индикацијата за сообраќајни сигнали во даден временски интервал, што понатаму значи дека црвениот и зелениот интервал имаат клучна улога во одредувањето на континуитетот или дисконтинуитетот на сообраќајот, како обележје кое задолжително мора да се вклучи во

развојот на СТМ моделот. Низ целата теза намерно се споменуваат само зелената и црвената фаза, бидејќи другите преодни интервали, како жолтиот и сите црвени интервали не може да се вклучат во СТМ моделот. Од тие причини, во тезата се споменати само ефективните зелени и црвени интервали како главни индикатори за развој на СТМ моделот.

Предложениот и формулиран модел ќе се користи преку алгоритам на СТМ моделот со цел да се моделира една делница од артерија во градот Приштина (составена од збир на сигнализирани крстосници). Експерименталното опкружување е поставено за функционалните потреби и тестирање на предлог моделот. Истото е компатибилно со алгоритмот креиран во C#средина.

Главната цел на оваа дисертација е да се нагласат разликите помеѓу резултатите добиени со првобитниот СТМ и со предлог СТМ моделот, при што ќе се дадат и докази дека предлог моделот е подобар од првобитниот. Резултатите од новиот СТМ модел ќе се анализираат во склад со ефектот на новата побарувачка на функција. Одливот на возила од *SBC*, (СТОП линија), директно влијае врз застојот кај истите. Резултатите се подложуваат на тест за хипотези со цел да се потенцираат значењето и разликите помеѓу предлог СТМ и првобитниот СТМ модел.

Освен веќе наведената цел, дисертацијата прави и дополнителен чекор напред, насочен кон употреба на СТМ моделот за предвидување на состојбата на сообраќајот. Исто така, овој модел којшто е адаптиран за моделирање и препишување сообраќајни состојби, овозможува поставки на параметри од краткорочен временски аспект и аспект на раздалеченост, што е предност која треба да се искористи во однос на управувањето со сообраќајот. Имено, контролата на сообраќајот во реални временски услови со помош на напредни технологии за детекција на сообраќајот бара информации за менливата ситуација на сообраќајот. Во случај на контрола на сообраќајот во реални временски услови, споменатите технологии користат податоци за густината, а со цел да се пресметаат параметрите на одговор на сигналните планови, како што е, на пример, должината на зелениот сигнал. Оттаму, техниката на Калмановиот филтер (КФ) [58] е интегрирана во СТМ моделот, а со цел да се предвидат густините само со мерење на протокот.