



УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“ – БИТОЛА
ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ – БИТОЛА



Сообраќајно-транспортно инженерство

ПРИМЕНАТА НА СОФТВЕРСКИТЕ АЛАТКИ ВО СООБРАЌАЈНОТО
ИНЖЕНЕРСТВО
докторски проект

Кандидат: м-р Марија Стојаноска, д. с. и.
број на индекс 39

Ментор: ред. проф. д-р Васка Атанасова

СОДРЖИНА

Апстракт.....	
1. Вовед.....	3
1.1. Предмет на истражувањето	5
1.2. Цел на истражувањето	5
2. Преглед на литературата.....	5
3. Методи и материјали.....	10
3.1. Постапка за планирање и прогноза на приватниот превоз на територијата на градот Битола со PTV VISION VISUM	10
3.2. Постапка за планирање и прогноза на јавниот превоз на територијата на градот Битола со PTV VISION VISUM	13
3.3. Постапка за симулација на учесниците во сообраќајот со софтверската алатка PTV VISION VISSIM	15
3.4. Постапка за симулација на учесниците во сообраќајот со софтверската алатка AnyLogic	16
4. Резултати и дискусија	17
5. Заклучок.....	23
Користена литература.....	24

ПРИМЕНАТА НА СОФТВЕРСКИТЕ АЛАТКИ ВО СООБРАЌАЈНОТО ИНЖЕНЕРСТВО

м-р Марија Стојаноска

Универзитет „Св. Климент Охридски“ – Битола
Република Северна Македонија
0009-0001-5733-543X
marija.stojanoska2@uklo.edu.mk

ред. проф. д-р Васка Атанасова

Универзитет „Св. Климент Охридски“ – Битола
Република Северна Македонија
0009-0000-6790-0845
vaska.atanasova@uklo.edu.mk

Апстракт

Во глобалните истражувања и примената на софтверите во сообраќајното инженерство, софтверот PTV VISION служи како водечки светски софтвер. Тој се користи за анализа, прогнозирање и управување со податоците во транспортот и за создавање модели за долгорочно планирање и краткорочни операции. Истражувачите ги користат неговите софистицирани можности за да ја предвидат побарувачката на сообраќај, да ја евалуираат транспортната инфраструктура, да го планираат јавниот превоз и да го проценат влијанието на сообраќајот врз животната средина, како што се загадувањето и бучавата, што го прави клучна алатка во справувањето со глобалните урбани предизвици. Целта на овој проект е да се согледаат важноста и зголемената потреба од примената на светските водечки софтвери во сообраќајното инженерство. Ќе бидат разгледани софтвери од областа на планирањето, проектирањето и прогнозата на сообраќајот во градот Битола. За да може еден софтвер да работи, потребно е да биде нахранет со податоци. Собирањето податоци за големина на сообраќајниот и пешачкиот тек, линиите на желби за патување, бројот на превезени патници со јавниот градски превоз, возниот ред, структурата на сообраќајната мрежа, атрибутите за бројот на жители и вработените во различни сектори се само дел од потребните податоци. Резултатите од примената на софтверите се изразени преку модалски и прогнозирани големини кои се клучни за согледување на постојната и идна транспортна побарувачка. Исто така, важни се симулацијата на движењето на пешаците, јавниот градски превоз и останатите учесници во сообраќајот. За понатамошна употреба на софтверите во сообраќајното инженерство, препораките вклучуваат искористување на машинското учење и вештачката интелигенција за предвидливо моделирање и оптимизирање на сообраќајните текови.

Клучни зборови: Софтвери, сообраќај, примена, анализа, симулација.

1. Вовед

Зголеменото влијание на информатичката технологија, еволуцијата на софтверското инженерство и развојот на интелигентните транспортни системи овозможува симулацијата на сообраќајот да стане водечки пристап за анализа на сообраќајот и за поддршка на работата и поставката на сообраќајните системи. Моделите за симулација претставуваат ефективни алатки коишто овозможуваат проценка на различни сообраќајни ситуации. Тие се од огромна помош за анализа на

постојната состојба, за оцена на проблемите кои се јавуваат и за предлагање поефикасни решенија. Симулацијата на сообраќајот поддржува планирање на транспортот и управување со сообраќајот. Новите решенија и мерки може ефикасно да се тестираат во околина на „виртуелна реалност“, без попречување на сообраќајот на самиот терен. Ефикасното управување на сообраќајот и стратегијата за контрола се резултат на потврдени (верифицирани) и оценети (валидирани) излезни показатели на ефикасноста од симулацијата. Во последните години, сообраќајната симулација, односно микроскопската сообраќајна симулација, премина од академскиот во професионалниот свет. Голема е понудата на софтвери за симулација на сообраќајот, а голема е и нивната примена од истражувачи, проектантски друштва и инженери од областа на сообраќајот. Софтверските алатки и пакети го олеснуваат работењето на сообраќајните инженери и им нудат можности за виртуелно создавање различни сценарија, нивна симулација, развивање различни решенија и анализа на постојните состојби во функционирањето на сообраќајот и транспортот посебно во градовите. Софтверските алатки се применуваат во следните области: патното инженерство и менаџментот, безбедноста и анализата на незгодите, урбано-сообраќајното планирање, планирањето на јавниот градски превоз, дизајнирањето на уличната инфраструктура и сл. Поимот симулација е дефиниран како динамична претстава на некој дел од реалниот свет постигната со градење компјутерски модел и негово поместување низ времето. Компјутерските модели се широко користени во анализата на сообраќајот и транспортниот систем. Употребата на компјутерската симулација започна кога Д. Л. Герлоу ја објави својата дисертација: „Симулација на сообраќајот на автопат со дискретни варијабли на компјутери за општа намена“ на Универзитетот во Калифорнија, Лос Анџелес, во 1955 година (Калберг, 1971). Од тоа време, компјутерската симулација стана широко користена алатка во инженерството за транспорт со различни апликации, од научни истражувања до планирање, обука и демонстрирање. Петте движечки сили зад овој развој се напредокот во теоријата на сообраќајот, во технологијата на компјутерскиот хардвер и во програмските алатки, развојот на општата инфраструктура за информации и побарувачката на општеството за подетална анализа на последиците од сообраќајните мерки и планови. Сообраќајните модели и алатките за симулација сè повеќе се користат за управување со сообраќајот на широки патни мрежи, со користење податоци во реално време. Овие системи беа развиени за моделирање на сообраќајот, планирање и споредување на различните стратегии за контрола на сообраќајот во вистинско време. Моделирањето и симулациите на сообраќајот имаат незаменливо место во планирањето на транспортната инфраструктура. Дизајнот на патните мрежи и раскрсници, анализата на состојбите во сообраќајот за отстранување на метежот, намалувањето на употребата на возилата и подобрувањето на безбедноста на патиштата се предмет на многу истражувања. Повеќето од нив се засноваат на создавање и анализа на микроскопски модели.

Има голем број софтверски пакети за анализа на изолирани крстосници и сигнални планови: HCS – софтвер за анализа на капацитетот и нивото на услугата; SIDRA – сигнализирани крстосници, кој служи за определување на работата на сигналите, фазите, бројот и должината на лентите; софтвер за анализа во однос на кружните крстосници, крстосници контролирани со знакот СТОП – HCS(TWSC/AWSC); VISSIM – софтвер за одредување како функционира крстосницата, преку кој со симулација, може да се увидат начинот на кој се движат возилата, проблемите што настануваат и начинот на кој тие може да се решат, без да се излезе на терен. Потоа, има софтвери за оперативна анализа на крстосниците, улиците, сообраќајниците и мрежата и софтвери за оперативна анализа на вонградските

сообраќајници и рампите за влевање/излевање на возила. Со помош на овие софтвери, може да се определат капацитетот на сообраќајницата, нивото на услуга, брзината, времето потребно за патување, трошоците, застојот, потрошувачката на гориво, емисиите и сл.

Акцентот ќе биде ставен на следните софтверски алатки: софтверот за планирање и прогноза на сообраќајот, како што е PTV VISION VISUM, софтверот за симулација на движењата PTV VISION VISSIM, алатката ANYLOGIC за симулација на движењето на пешаците и останатите учесници во сообраќајот.

1.1. Предмет на истражувањето

Уште одамна иднината на човекот претставувала голем предизвик. Во современото општество, интересот за иднината добива нова димензија и ново значење. Според дефиницијата, планирањето на сообраќајот е процес во кој се определуваат соодветни активности кои во иднина доведуваат до претходно посакуваните цели. Ова планирање се спроведува во општествено-политички заедници, претпријатија, па и во одделни семејства. Со планирањето, се предвидуваат потребните мерки со кои би се сочувале оние елементи од системот со кои сме задоволни или, пак, би се промениле елементите со кои во сегашната состојба не сме задоволни. Планирањето е специфичен процес во кој се утврдуваат потребните капацитети за задоволување на потребите од превозот во иднина на даден планиран простор. Процесот на прогнозирање на патувањата е во срцето на планирањето на урбаниот транспорт.

Со развојот на информатичката и компјутерска технологија, доаѓа до пресврт во начините на планирање и прогноза. Во денешно време, се употребуваат голем број софтверски алатки и пакети кои овозможуваат брзо, квалитетно и точно предвидување на сообраќајот на макро-, микро- и мезониво, како и симулација на учесниците во сообраќајот.

Оттука, предмет на ова истражување ќе бидат токму софтверските алатки коишто ги применуваме во сообраќајното инженерство.

1.2. Цел на истражувањето

Улогата на софтверите за транспортно моделирање е да им овозможи на планерите да развијат дигитални копии на транспортниот систем што ќе ги користат како алатка за анализа и донесување одлуки. Таквиот софтвер достапен „на полица“ нуди многу придобивки, како пониски трошоци и побрз развој на моделот, транспарентност и доследност во споделувањето на резултатите, преносливост на вештините во заедниците на корисници, поддршка од професионален тим за одржување и обука, постојан иден развој и многу повеќе. Оттука, целта на ова истражување е да се прикажат можностите на светски водечките софтвери за планирање, прогноза и симулација на сообраќајот, но и нивната применливост, на пример, за градот Битола.

2. Преглед на литературата

Софтверите за сообраќајно инженерство се клучен за анализа, симулирање и оптимизирање на протокот на сообраќај во транспортните системи. Овие алатки им помагаат на инженерите да ги дизајнираат, оценуваат и подобруваат патните мрежи и да ги контролираат сообраќајната сигнализација и целокупната ефикасност на транспортот. Тие користат модели и симулации засновани на податоци за да го предвидат однесувањето на сообраќајот, да препознаат тесни грла и да го проценат влијанието на различни сценарија и стратегии врз протокот на сообраќај, безбедноста и одржливоста.

Од направениот преглед на светската литература поврзана со темата на истражувањето, би ги издвоиле: ПРИРАЧНИК PTV Visum 2023, ПРИРАЧНИК PTV VISSIM 2024, Хореа Џорџ Крисан (Horea George Crisan), Николае Филип (Nicolae Filip), (2016) „Аспекти на моделирање на сообраќајот со користење на софтверот Visum и ефекти врз оптимизацијата на сообраќајот“ (**„Traffic Modeling Aspects Using Visum Software and Effects on the Traffic Optimization“**), во кои се претставуваат конкретните ситуации во врска со моделирањето на сообраќајот во виртуелна средина, плановите за урбана мобилност, оптимизирањето на сообраќајот и др. Може да се заклучи дека унапредувањето и постојаното воведување нови верзии од софтверите со вклучени прирачници за помош, се доволен доказ дека нивната употреба е во голема мера и во светски рамки.

Состојбата кај нас е ограничена на неколку библиографски единици, и тоа: ПРИРАЧНИК PTV Vision VISUM (2012) од ред. проф. д-р Васка Атанасова, д. г. и., Симон Детелбах и д. с. и. Лидија Марковиќ. Треба да се споменат и магистерските трудови на дипл. сообр. инж. Кристина Хаципеткова (2015), „Креирање на макроскопски модел за транспортна побарувачка на град и регион“, на дипл. сообр. инж. Марија Стојаноска (2023) „Планирање на ЈПП во мали градови со примена на PTV Vision VISUM софтвер“ и на дипл. сообр. инж. Илија Огненоски (2022), „Дефинирање на методологија за вршење на калибрација и валидација на сообраќаен микроскопски симулационен модел – студија на случај за координиран сигнален систем на улицата „Војвода Васил Чакаларов“ во Скопје“. Авторите Златановска Б., Стојковиќ Н., Коцалева М., Стојанова А., Лазарова Л. и Гобубовски Р. го користат софтверот AnyLogic и го објавуваат трудот „Modeling of Some Chaotic Systems with AnyLogic Software“.

Има голем број софтвери од различни полиња на сообраќајното инженерство. Во овој истражувачки проект, акцентот е ставен на софтверската алатка PTV VISION VISUM, PTV VISION VISSIM и на софтверот за симулација на пешачките текови AnyLogic.

2.1. Софтверската алатка PTV VISION VISUM

Неколку истражувачи од Технолошкиот институт Карлсруе ја основаа групата PTV пред 40 години. Со текот на годините, тимот на PTV Group создаде неверојатни софтверски алатки и технологија што денес ги користат транспортните планери и инженери кои се занимаваат со моделирање на транспортната побарувачка ширум светот. Портфолиото на софтверот PTV е претставено во овој директориум, но секој софтвер има своја приказна за раскажување.

PTV Group е водечка глобална софтверска компанија за планирање, симулација и управување со сообраќајот во реално време. Компанијата со седиште во Германија обезбедува софтверски производи засновани на сопствени алгоритми кои се движат од микроскопско и макроскопско моделирање и симулација на сообраќајот до управување со сообраќајот во реално време, од што имаат корист повеќе од 2 500 градови и општини.

Сообраќајниот софтвер PTV Vision ги содржи следните софтверски пакети:

- PTV Visum (макроскопско моделирање на побарувачката за патување).
- PTV Vissim (микроскопска симулација на сообраќајот).
- PTV Viswalk (микроскопска симулација на пешаците).
- PTV Vistro (сообраќаен инженеринг).
- PTV Optima (управување со сообраќајот во реално време).
- PTV Visum Publisher.
- PTV Model2Go.

- PTV Flows.
- PTV Lines.
- PTV Access.

Макроскопските сообраќајни модели за создавање транспортна побарувачка имаат широка примена во сообраќајното и транспортното инженерство, и тоа за анализа и оцена на проектираниот транспортен систем, сообраќајните операции, изборот на алтернативни решенија, прогнозите на транспортната побарувачка итн. Тие се поедноставни за примена, поевтини, поефикасни и побрзи, во споредба со анализите и тестирањето кои се изведуваат директно на терен.

Со помош на софтверот PTV VISION VISUM, може да се моделираат сите постојни видови транспорт. Со оглед на тоа дека има широк опфат на корисници, групацијата не застанува и постојано ја обновува и унапредува софтверската алатка. Последна верзија е PTV VISION VISUM 2025 година со неколку клучни предности, првенствено насочени кон подобрена функционалност и интеграција во рамките на пакетот PTV Mobility Tech. Тие вклучуваат подобро планирање на јавниот превоз, автоматизиран дизајн на мрежата и можност за пресметување на емисиите од патниот транспорт директно во рамките на моделот, со користење на методологијата COPERT. Понатаму, Visum 2025 нуди беспрекорна интеграција со PTV Hub за соработка заснована на облак и управување со сценарија, а вклучува и „четбот“ со вештачка интелигенција, Companion, за поддршка на корисниците.

PTV Vision VISUM се користи во голем број сообраќајни студии во речиси сите градови во светот. Овде би ги издвоиле најпознатите сообраќајни студии за Стокхолм, Крањ, Гросупле, Менгеш, Кочевје, Портланд – Орегон, Рига, Минхен – Германија, Брежице, Јута, Колумбија и Мозирје во Република Словенија.

Како пионерски зафат, PTV Vision VISUM за првпат е користен и во Р Македонија, во сообраќајната студија за прогноза на транспортната побарувачка за градот Битола (2010). Оваа софтверска алатка е користена и за голем број проекти, анализи и истражувања во следните општини, градови и држави: Минхен, Сингапур, Колумбија, Каунти Хамилтон, Охајо, Богота, Машхад – Иран, Мадрид – Шпанија, Мумбаи, Кина, Стокхолм, Пекинг. Треба да се спомене и оптимизацијата на патната мрежа во Лоѓ, Полска. Полска го користеше VISUM за моделирање на сообраќајот на главната рута до автопатот S14 и симулираше сценарија за проширување на патиштата и за создавање нови врски за справување со застојот. Софтверот е користен за моделирање на економскиот коридор Лао Каи – Ханој – Хаи Фонг – Куанг Нин во Виетнам, го проценуваше влијанието на различните сценарија за развој и ја оценуваше ефикасноста на клучните проекти.

Исто така, софтверската алатка PTV VISION VISUM беше употребена во изработката на докторски и на неколку магистерски трудови одбранети на Техничкиот факултет во Битола, меѓу кои и магистерскиот труд на докторантката м-р Марија Стојаноска во 2023 година, со наслов „Планирање на ЈПП во мали градови со примена на PTV Vision VISUM софтвер“. Во него, беше направена прогноза на транспортната побарувачка на градот Битола, за индивидуални и патувања со јавниот градски превоз, со примена на софтверската алатка PTV VISION VISUM и беше даден приказ на одредени модули кои ги има оваа алатка. Со реализација на ова истражување, се отвораат насоки за нови понатамошни истражувања во врска со примената на овој софтвер, како за градови со поголем број жители со интензивно сообраќајно оптоварување така и за разгледување на друг вид транспортна побарувачка.

Со помош на примената на оваа алатка, се изработени и објавени голем број трудови во референтни публикации.

2.2. Софтверската алатка PTV VISION VISSIM

PTV Vissim е микроскопски мултимодален софтверски пакет за симулација на сообраќајниот тек развиен од PTV Planung Transport Verkehr AG во Карлсруе, Германија, во 1992 година. Опсегот на примена се протега од различни прашања од сообраќајното инженерство (транспортното инженерство, планирањето на транспортот, временското мерење на сигналот), јавниот превоз, урбанистичкото планирање преку противпожарната заштита (симулација на евакуација) до 3Д визуализацијата (компјутерската анимација, архитектонската анимација) за илустративна намена и комуникација со пошироката јавност. Основниот сообраќаен модел што го регулира движењето на возилата е развиен од Рајнер Видеман во 1974 година на Универзитетот во Карлсруе. Во овој софтвер, може да се симулираат и меѓусебно да комуницираат следните учесници во сообраќајот: автомобилите, автобусите, камионите, трамваите, велосипедите, мотоциклите, пешаците и останатите учесници. Најновата верзија, Vissim 2025, воведува функции за автоматско однесување при возењето, виртуелно тестирање на возила и подобро справување со сложени сценарија, како што се влегување на автопат со двојна лента.

Родриго Дагуано и други истражувачи (2023) во својот објавен труд во списание предлагаат методологија што го олеснува процесот на калибрација, при што вештачката невронска мрежа (ANN) е тренирана да го научи однесувањето на транспортната мрежа од интерес. Користената ANN е повеќеслоен перцептрон (MLP), тренирана со методи за обратна пропација. Врз основа на оваа постапка за учење, невронската мрежа може да ги избере оптимизирани вредности на параметрите на симулацијата што најдобро ги имитираат сообраќајните услови од интерес. Експериментите разгледаа два микроскопски модели на сообраќај и два психофизички модели (Wiedemann 74 и Wiedemann 99). Микроскопските модели на сообраќај се наоѓаат во метрополитенскиот регион Сао Паоло, Бразил. Предноста од користењето на ANN за автоматска калибрација на параметрите на симулацијата е тоа што им овозможува на сообраќајните инженери да спроведат сеопфатни студии за голем број идни сценарија, во различни периоди од денот, во различни денови од неделата и во различни месеци од годината.

Во својот објавен труд „Дизајн на моделот за симулација на градска логистика со користење на софтверот PTV VISSIM“ (**„Design of the City Logistics Simulation Model Using PTV VISSIM Software“** Transportation Research Procedia), Томаш Кучера и Јан Чохолача (2021) го употребуваат софтверот за управување со логистичкото планирање кој е соодветен за постигнување одржлива градска логистика. Тие создаваат симулациски модел, со користење на софтверот PTV VISSIM, во контекст на планирање на сообраќајната инфраструктура на една значајна раскрсница во градот Пардубице во Чешка, а се осврнуваат и на можните влијанија од реконструкцијата на раскрсницата.

Во трудот „Студија на чекори во софтверот VISUM за креирање на макроскопски модел за јавен превоз на пример за град Прилеп“ (**„Study of steps in the VISUM software for creating a macroscopic model for public transport, for example for the city of Prilep“**), Deutsche Internationale Zeitschrift für zeitgenössische wissenschaft, LXVII issue, ISSN 2701-8377, JF4962, Satteldorf, Germany 1.11.2023), Вачка Атанасова и Марија Стојаноска (2023) зборуваат за планирањето на одржлив градски транспортен систем, во овој случај, на јавниот превоз на градот Прилеп, со помош на софтверската алатка PTV VISION VISUM. Во трудот, се разгледуваат чекорите што мора да се преземат за да се добијат големините, како создавање оператор, вид јавен превоз, координативна група, поставување стојалишта, линии на јавниот превоз, матрици, употреба, препишување и слично. Покрај софтверската алатка VISUM, во трудот, е

прикажана и алатката VISSIM, со чија помош се врши симулирање на движењето на јавниот градски превоз во градот Прилеп.

Трудот на Даниела Колтовска-Нечоска, Даниел Павлески и Едуар Ивањко (2018), „Креирање инфраструктура за урбана мобилност: студија на случај за град Скопје“, (**„Creating Infrastructure for Urban Mobility: Case Study of Skopje“, Promet – Traffic & Transportation**, Vol. 30, 2018, No. 4, 429–443), се заснова на микроскопски сообраќајни симулации за постојната и прогнозираната сообраќајна побарувачка и на длабинска анализа на сообраќајниот тек на најпроблематичниот булевар во Скопје. Податоците за сообраќајните текови се собрани и користени за калибрација и валидација на микроскопскиот симулациски модел. Предложени се три можни решенија на новата инфраструктура за урбана мобилност и е направен избор на најдоброто решение, врз основа на соодветно определените критериуми. Предложените решенија беа оценети, од аспект на сообраќајните перформанси, идната сообраќајна побарувачка и емисиите на возилата. Добиените резултати ја докажуваат ефективността на претставената методологија за намалување на доцнењето, емисиите на возилата и значителното подобрување на нивото на услугата.

2.3. Софтверската алатка AnyLogic

Моделите за симулација на AnyLogic им овозможуваат на аналитичарите, инженерите и менаџерите да добијат подлабок увид и да ги оптимизираат сложените системи и процеси во широк опсег на индустриски сектори, како логистика, производство, транспорт, воздушна одбрана и рударство. Симулациското моделирање на AnyLogic обезбедува библиотека за патен сообраќај и овозможува симулација на протокот на сообраќај со моќ да испорача најефикасно инженерство и дизајн на патниот сообраќај. Јасните визуализации брзо помагаат во развојот, со мапи на густина што ги истакнуваат застоите и со анимации што ги покажуваат протокот на сообраќај и тесните грла. Може да се симулираат патничките возила, пешаците, железничкиот сообраќај и сл.

Во објавениот труд „Истражување за симулација и оптимизација на протокот на патниот сообраќај базиран на Anylogic“, (**„Research on simulation and optimization of road traffic flow based on Anylogic“** E3S Web of Conferences 360), со користење на софтверот за симулација Anylogic, Yang Liu и Yunxue Song (2022) го проучуваат влијанието на поставувањето на времетраењето на сообраќајниот сигнал врз микрокарактеристиките на Законот за ширење на застојот и го анализираат просечното најкратко време на движење на возилата во сообраќајниот систем.

Во трудот „Динамичка визуелизација на податоци за симулација на пешаци“ (**„Dynamic Visualization of Pedestrian Simulation Data“**, Chair of Computational Modeling and Simulation), Оливер Х., Јулиан А. и останатите автори комбинираат моќни алатки за симулација, како што е Anylogic, во кои резултатите од симулацијата се запишуваат во обична текстуална датотека (се опишуваат позициите на пешаците за секој временски чекор, точната големина, позиција и ротација на сите геометриски објекти што ги има на сцената итн.). Во врска со моторот за игри Unity, излезот од симулацијата заснован на текст потоа се трансформира во 3Д поствизуализирана сцена.

Во „Студија за симулација и оптимизација на протокот на пешаци во метро-станиците врз основа на Anylogic“ (**„Study on the Simulation and Optimization of Pedestrian Flow in Metro Stations Based on Anylog“**, Advances in Computer, Signals and Systems), врз основа на примерот на станицата Јужа Роуд на линијата 8 на метрото во Пекинг, Тингли Ван (2023) ги анализира карактеристиките на протокот на патници во станицата, со користење на Anylogic за симулирање на однесувањето на пешаците и возовите во и надвор од метро-станиците. Податоците за безбедносните редови и

просечната брзина на пешаците се пресметани за да се анализира рационалноста на дизајнот на метро-станиците и да се предложи оптимизација на бројот и брзината на безбедносните редови, како и да се провери ефектот на оптимизација, преку моделирање и статистика на податоци за да се обезбеди референција за управување со работењето на метро-станиците и да се избегне застој на пешаците.

3. Методи и материјали

3.1. Постапка за планирање и прогноза на приватниот превоз на територијата на градот Битола со PTV VISION VISUM

Градот е средина во која луѓето живеат, работат, се едуцираат, се дружат, се рекреираат, користат разни услуги. Проблемот настанува кога автомобилот е доминантно средство за превоз во градот. Автомобилот бара премногу драгоцен урбан простор, како за движење така и за мирување (паркирање). Одговорот за разрешување на овој конфликт денес, ширум светот, е градење политика на „одржлив урбан транспортен систем“ или во поново време, повеќе се употребува терминот „одржлива урбана мобилност“. Оттука, јасно произлегуваат улогата и значењето на јавниот градски превоз (ЈГП) . Доколку нуди квалитетна услуга, со многу мало побарување на површините за движење и застанување, тој може да превезе огромен број патници, односно да обезбеди висока мобилност на населението и достапност на градските функции. Ова резултира со можност градот да се претвори во простор пријатен за живеење, со повеќе површини наменети за зеленило, станови, културни објекти, спортски терени, производни капацитети. ЈГП е воведен во Прилеп, Охрид, Кавадарци, Тетово, Кочани, Куманово, Велес, Стумица, Штип, а во тек се иницијативи за воведување на ЈГП и во останати помали градови. Јавен градски превоз има и во Битола, градот на чиј пример ќе биде изработен моделот во истражувачкиот проект.

За примена на овој софтвер, потребно е да се располага со широк опфат податоци. Потребни се: квалитетна подлога од подрачјето кое се разгледува, прецизен податок за димензијата на одредена сообраќајница или на друг објект за поставување размер, податоци за типот на контролата на крстосниците, бројот на сообраќајни ленти, капацитетот, дозволените транспортни системи, брзината на движење, потоа податоци за атрибути на зоните (број на жители по зона, вработени по зона и во секторите образование, администрација, здравство, индустрија, угостителство, шопинг, рекреација, туризам, шумарство, сточарство и земјоделство, од зона, во зона), реален податок за најголемата побарувачка на патување меѓу зоните и транспортната мрежа, податоци од кордонското броење за транзитни товарни и индивидуални патувања, матрици за патување меѓу зоните за различни намени (дом – работа, дом – училиште и сл.), фактори на атракција и продукција на патувањето, фактори за создавање и дистрибуција, назив и број на превозници на јавниот градски превоз, број на стојалишта и нивната поставеност, број на линии и поставеност на сообраќајната мрежа и матрица за бројот на превезените патници на јавниот градски превоз меѓу зоните.

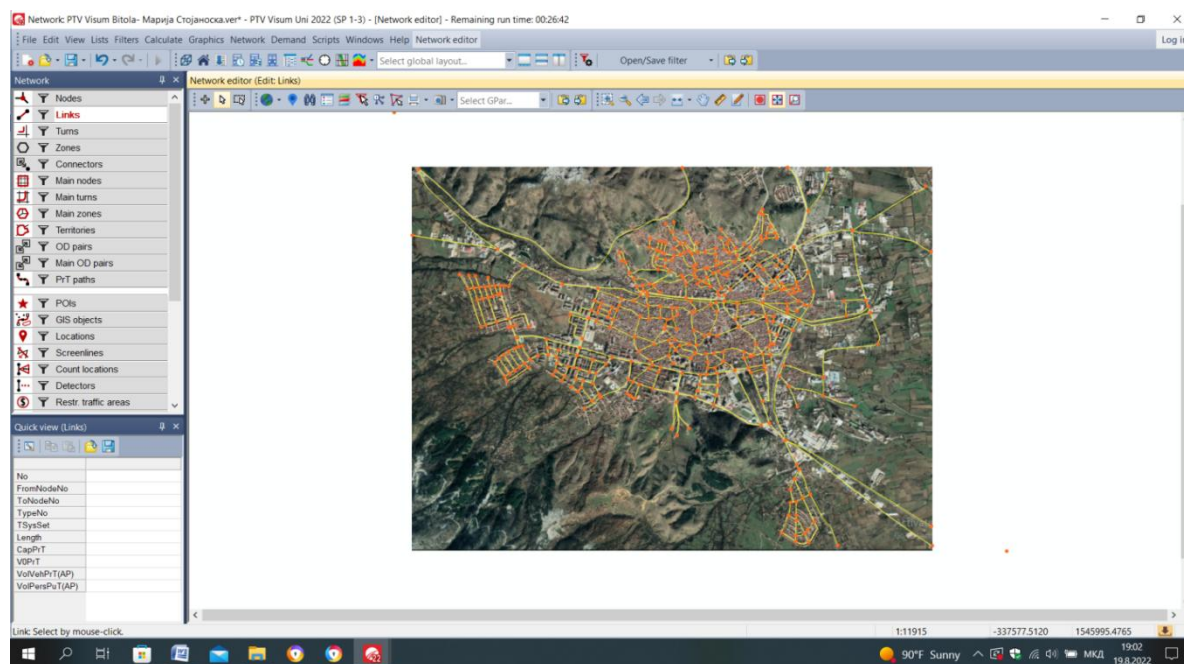
Создавањето на макроскопските модели се темели на претходно утврдена методологија за создавање модел за јавен и индивидуален превоз, која се заснова на четиристепениот стандарден модел (создавање, дистрибуција, видови на распределба и препишување на патувањето). Препишувањето на патувањата, односно доделување сообраќај, има за цел да го поттикне изборот на рута, преку дефинирана транспортна мрежа.

Битола е најголемиот градски центар во плодната и најголемата македонска котлина Пелагонија и втор град по големина во Република Македонија. Врз основа на резултатите добиени од пописот во 2021 година, во општината живеат 85 164 жители,

со 30 154 домаќинства и 43 724 станови. Битола е град кој има со патна и железничка мрежа.

На почетокот, откако ќе ја инсталираме софтверската алатка PTV VISION VISUM, ќе ја подготвиме подлогата на која ќе работиме во посебна алатка за уредување, а потоа, таа се внесува во софтверот. Бидејќи внесената подлога не е во размер, вршиме мерење на некоја одредена сообраќајница и истата големина ја внесуваме во софтверот, со тоа што подлогата е веќе во посакуваниот размер.

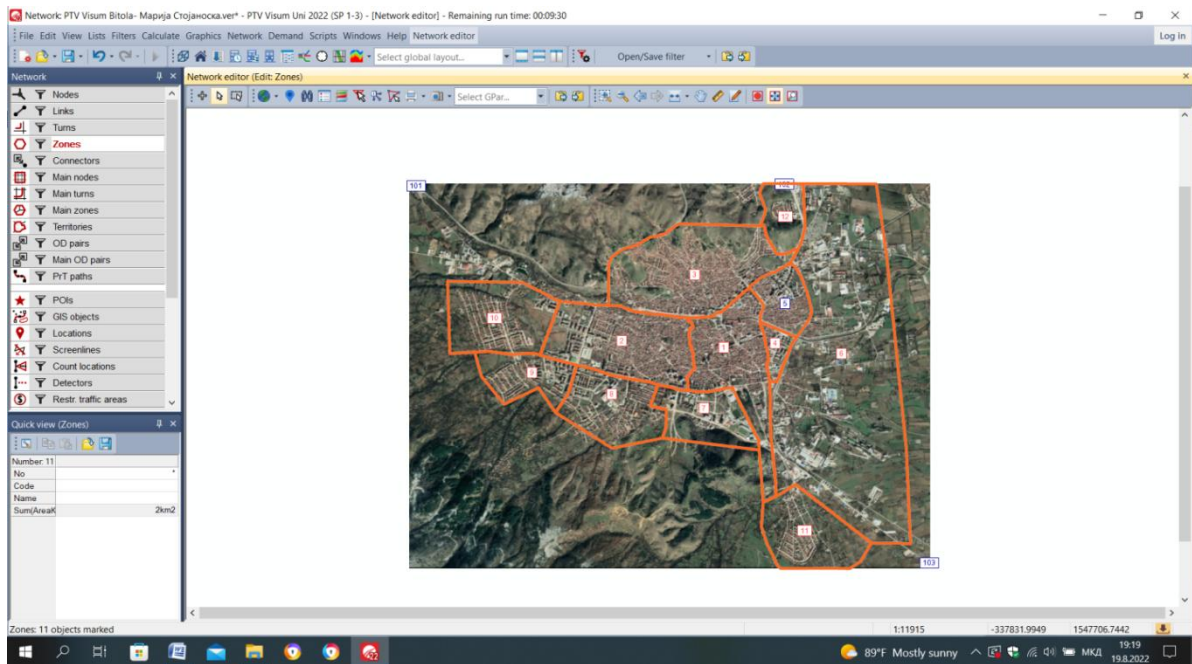
Следен чекор е исцртување на сообраќајната мрежа. Таа се состои од крстосници и сообраќајници, односно во софтверот, тоа се јазли и линкови. За секоја крстосница, внесуваме на каков начин е регулирана, а за линковите, внесуваме кои транспортни системи се дозволени да се движат и со која брзина. На слика 1, е прикажана исцртаната сообраќајна мрежа во самиот софтвер.



Слика бр. 1: Исцртана сообраќајна мрежа на градот Битола во софтверската алатка PTV VISUM

Следна постапка е зонирањето. Зоните се објекти кои опишуваат област со посебна намена на земјиштето и нејзина локација во мрежата. Градот Битола беше поделен на 12 сообраќајни зони кои заедно се однесуваат и дејствуваат како едно јадро наречено град Битола. Најважна постапка кај зонирањето се атрибутите, односно клучните елементи за создавање на моделот. За градот, беа дефинирани шеснаесет атрибути (жители, вработени, угостителство, туризам, рекреација, шопинг, администрација, здравство, образование, индустрија, сточарство, шумарство, земјоделство, сите работни места, од зона, во зона). За да ги добиеме овие атрибути, беше направено макотрпно собирање податоци од различни електронски сајтови, телефонски броеви, анкетирање, а во собирањето, беа вклучени студентите од осми семестар од сообраќајниот отсек.

Поврзувањето на зоните и транспортната мрежа се прави со поставување конектори. Тие се насочувачи на патувањето. Има внатрешни и надворешни конектори. На слика 2, е прикажано извршеното зонирање на градот Битола.



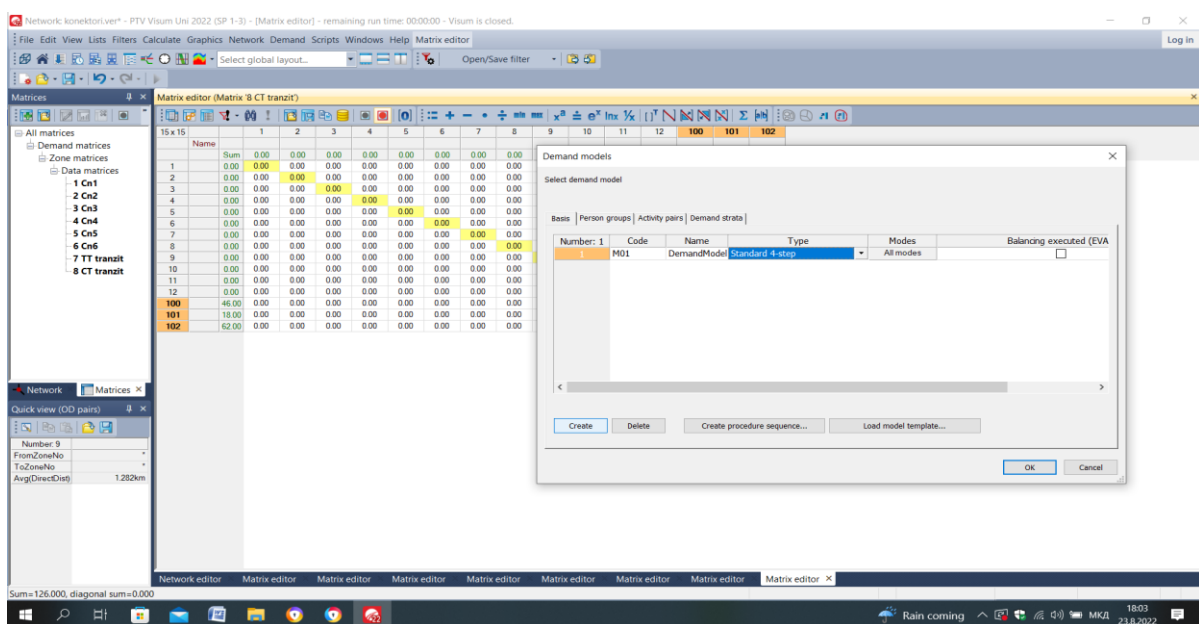
Слика бр. 2: Извршено зонирање на градот Битола во софтверската алатка PTV VISUM

Во постапката за создавање модел, прв чекор е внесување на сите транспортни системи кои ќе ги анализираме.

Во однос на дефинирање на намената на зоните, дефинираме шест намени (дом – работа, дом – училиште, дом – службен пат, дом – шопинг, дом – останато, не е дом) и плус две намени за транзитен товарен и индивидуален сообраќај.

За сите намени, создаваме матрици во кои ги внесуваме податоците кои сме ги добиле преку броење на возилата за патување од зона во зона.

Периодот во кој се прави анализирањето е врвниот час од 14:00 до 15:00 часот и во овој случај, го анализираме само приватниот сообраќај. Се избира стандардниот четиристепен модел (продукција – дистрибуција – распределба – препишување на патувањата).



Слика бр. 3: Избор на стандардниот четиристепен модел
За потребите на оваа софтверска алатка, беше извршено кордонско броење на

територијата на градот Битола на три локации, односно на три влезно-излезни правци. Целта на истражувањето е да се даде проценка на бројот и структурата на возилата кои транзитираат преку територијата на градот Битола, и тоа: Прилеп – Битола, Охрид – Битола, Грција – Охрид и обратно.

Пресметката на модалските големини е од големо значење бидејќи во тој дел, се создаваат шест генерации патувања, дистрибуции, ским матрицата и препишување на патувањата. За оваа цел, се користеа посебни фактори, а за матрицата, беше избрана намената дом – работа бидејќи тие патувања се најбројни.

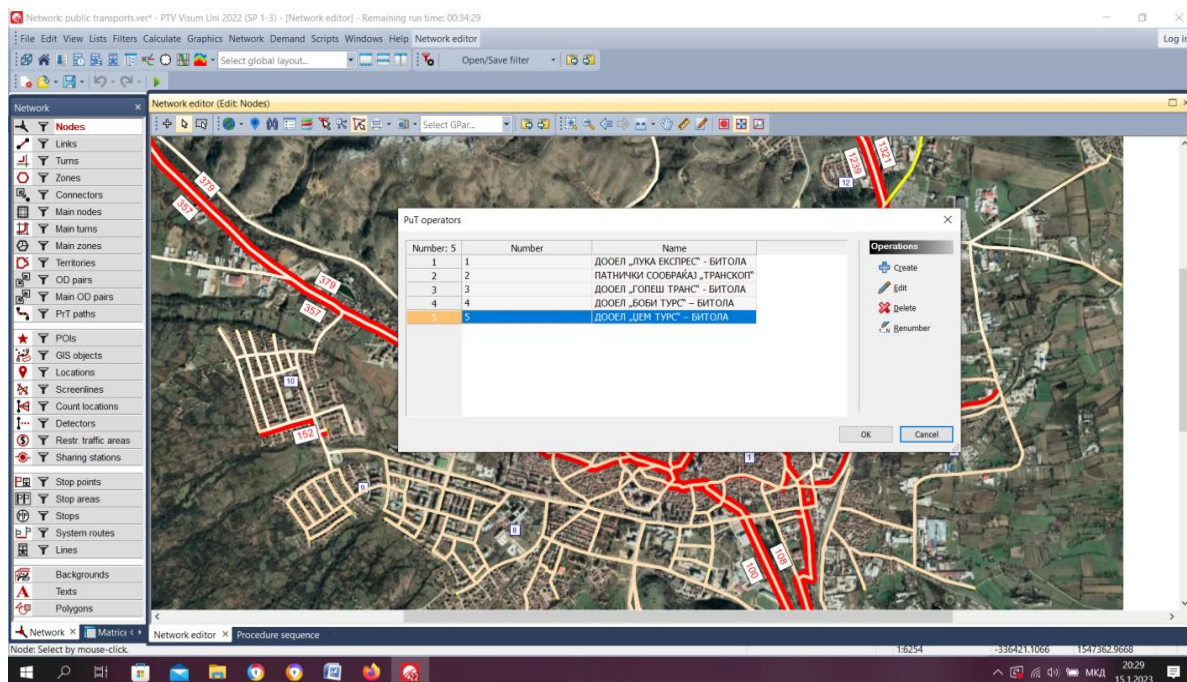
Слика бр. 4: Изглед на ским матрицата

Последен чекор од извршување на зададената цел е прогнозата на транспортната побарувачка. За да ја направиме прогнозата, ја користиме матрицата дом – работа и неа ја помножуваме со одреден фактор на пораст, во зависност од тоа дали ќе имаме зголемување или намалување на патувањата во периодот на прогноза.

3.2. Постапка за планирање и прогноза на јавниот превоз на територијата на градот Битола со PTV VISION VISUM

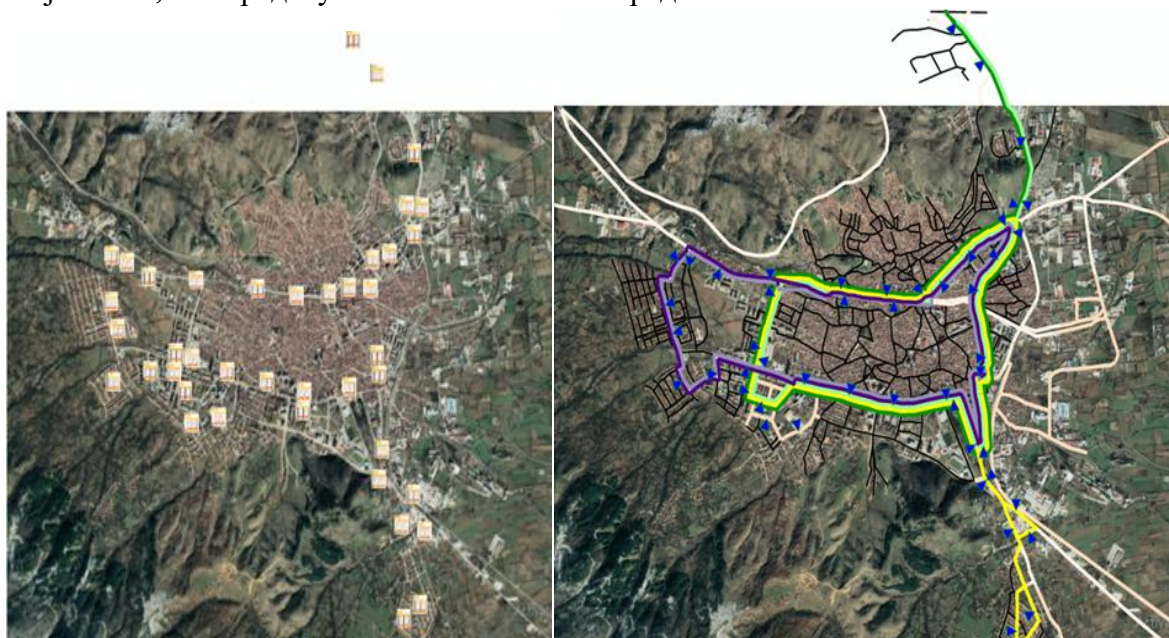
Јавниот превоз во Битола го вршат 5 лиценцирани приватни оператори. Сегашната услуга на јавниот превоз во градското подрачје на градот е претставена со 5 урбани линии. Јавниот превоз во Битола се врши само со кружни линии. Како последица на тоа, сегашната состојба се карактеризира со нестабилна услуга на јавниот превоз. Имено, користејќи само кружна мрежа, честа услуга е обезбедена само во еден дел или, во овој случај, само во централното подрачје на градот. На општинско ниво, има вкупно 19 линии, но ќе бидат разгледани само оние линии кои го опслужуваат подрачјето на градот Битола, односно линијата бр. 1 во двете насоки, линијата бр. 4 во двете насоки и линија број 5 во едната насока.

Постапката за планирање и прогноза на јавниот превоз во софтверската алатка PTV VISUM е слична на приватниот превоз. На почетокот, се оди со создавање на операторите кои го вршат превозот, и тоа име, број, трошоци на операторот и сл. Исто така, се определува и видот на јавниот превоз, односно дали превозот се врши со автобуси или е комбиниран, како и координациската група.



Слика бр. 5: Определени пет лиценцирани оператори на јавниот превоз во Битола

За сервисирање на градскиот автобуски превоз во Битола, има 2 двонасочни автобуски линии и една еднонасочна линија на кои се поставени 65 стојалишта кои рамномерно се распоредени низ целата територија на градот. Од поставените 65 автобуски стојалишта, 44 се единечни (составени од два модули), 11 се двојни (составени од 4 модули), 7 се единечни со киоск и 3 се двојни со киоск. По поставените стојалишта, се определуваат линиите кои се предмет на анализа.



Слика бр. 6: Поставени стојалишта и исцртани линии на јавниот градски превоз во Битола

За јавниот градски превоз, потребно е да ги дефинираме возниот ред на движење на возилата, нивната фреквенција и интервалот на следење.

семафори, изработуваме сигнален план и поставуваме сигнални глави, а на останатие крстосници, ги дефинираме конфликтните точки, односно кој има првенство на минување на самата крстосница. Потоа поставуваме пешачки премин, сигнални глави 3Д, стојалишта, пешаци, објекти и сл.

3.4. Постапка за симулација на учесниците во сообраќајот со софтверската алатка AnyLogic

На територијата на градот Битола, беше извршено собирање податоци за однесувањето на пешаците и велосипедистите при премин на пешачки премин, за чија цел беа одбрани 7 (седум) главни локации.

Меѓу овие локации беше и пешачката улица „Широк сокак“, позната и како „Битолско корзо“ – најпрометна и најпозната улица во центарот на Битола, со бројни продавници и локали. Денес е строго пешачка улица, а некогаш по неа, се движеле и автомобили. На „Широк сокак“, се наоѓаат најголемите продавници, ресторани, театарот, галерии и многу кафулиња и клубови. Тука се сретнуваат најстарите архитектонски дела и градби на Балканот, коишто го красат градот уште од турско време.

На оваа улица, беше извршено броење на две точки, односно на места на кои имаме вкрстување со моторизираниот сообраќај. Собирањето податоци се изврши на 17.5.2024 година во петок, пазарен ден, во рамките на тричасовно броење, односно од 11:00 до 14:00 часот.

Со помош на оваа софтверска алатка, ќе направиме симулација на движењето на пешаците на пешачкиот премин на улицата „Солунска“ и на пешачката улица „Широк сокак“.

За употреба на оваа софтверска алатка, потребни се: добра подлога, размер, број на сообраќајните ленти и нивната ширина, ширината на пешачки премин, податоци за бројот на возилата, структура и податоци за бројот на пешаците кои вршат премин на оваа анализирана локација.

Откако ќе се инсталира софтверот, се отвора и се создава нов модел и го запишуваме името на анализираното подрачје. Откако ќе се отвори софтверот, имаме три главни делови на корисничкиот интерфејс, и тоа: лево – палета со алатки и проекти, средишен дел – работен простор и десно – внес на потребните податоци за секоја алатка.

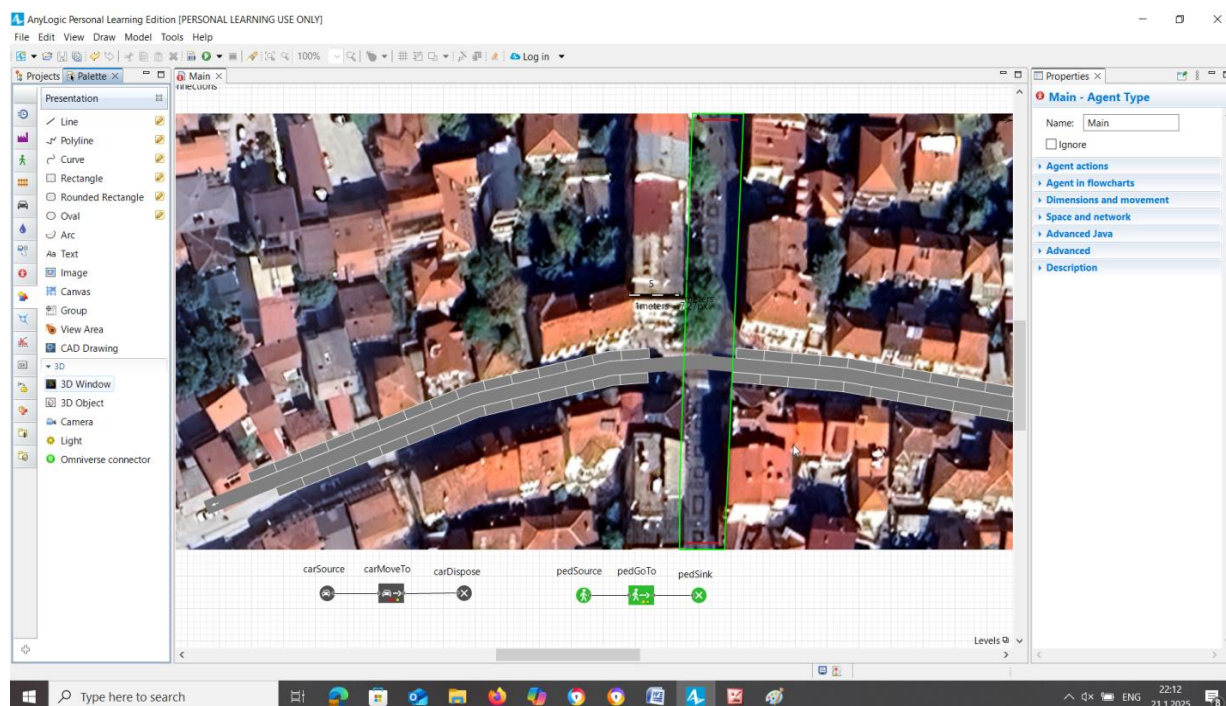
Подлогата ја уредуваме и ја внесуваме, а потоа се внесува и потребниот размер.

Ја исцртуваме сообраќајната мрежа на улицата, со помош на библиотеката за патен сообраќај. Станува збор за еднонасочна улица, со паралелно паркирање вдолж лентата од двете страни. Поставуваме стоп-линија, како и лента за паркирање на која дефинираме број на паркинг-места, должина и ширина на паркинг-местото.

За да се реализира патниот сообраќај, се поставува синцир на три блока: извор на автомобилот, движење на автомобилот и негово отстранување. За секој блок, се дефинира од каде почнува движењето, по која улица се движат возилата и каде завршува нивното движење, а се определуваат и бојата на возилата, брзината, структурата и сл.

За исцртување на површина за движење на пешаците, треба да ни биде активна библиотеката за пешаци. Се исцртува по должината на „Широк сокак“, се дефинираат

почетната и крајната цел на движење на пешаците, се внесува бројот на пешаци и се создава синџирот од три блока за пешачките текови.



Слика бр. 8: Приказ на создадените елементи за улицата „Солунска“ и „Широк сокак“ во софтверската алатка AnyLogic

4. Резултати и дискусија

Во продолжение на ова истражување, ќе бидат прикажани резултатите од спроведените истражувања и користењето на софтверските алатки.

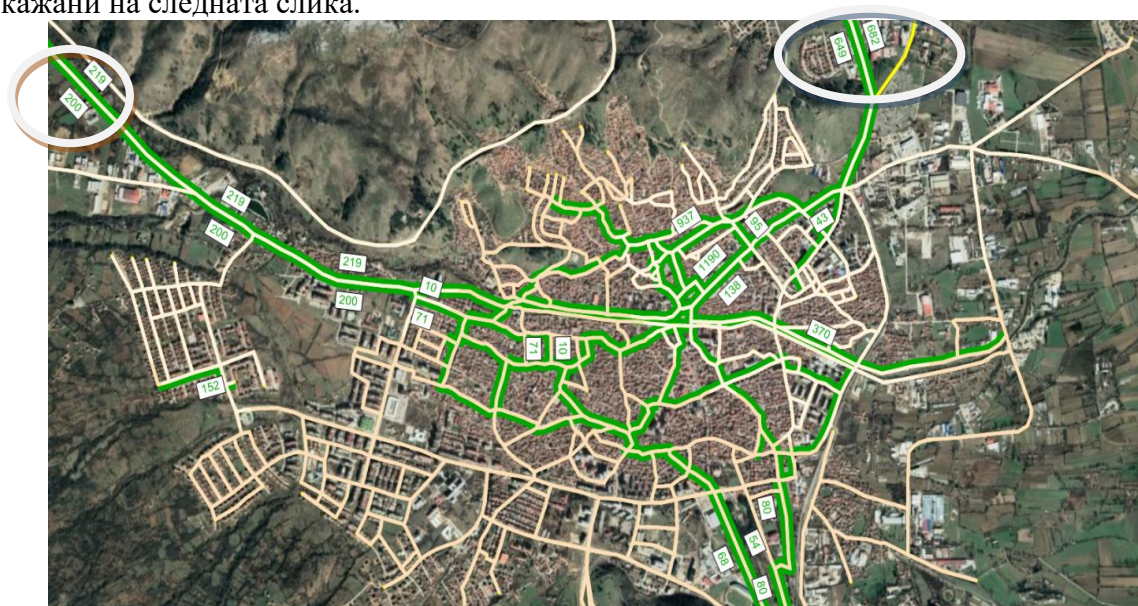
Како што беше погоре напоменето, за потребите на VISUM, се спроведе кордонско броење, а бројот на возилата и структурата по насоки на движење, се дадени во следната табела.

	Грција – Битола	Битола – Грција	Охрид – Битола	Битола – Охрид	Прилеп – Битола	Битола – Прилеп
Автомобил	534	491	141	143	613	586
Автобус	47	13	1	1	16	27
Тешки товарни возила	31	23	49	22	36	69

Табела 1: Резултати од спроведеното кордонско броење по насока на движење

Од добиените резултати, можеме да заклучиме дека најинтензивни текови има на правецот од и кон Прилеп – Битола, на кој се регистрирани околу 660 возила и во спротивна насока околу 680 возила, а на второ место по интензитет, е патниот правец од и кон Грција – Битола. Поголемо отстапување има на патниот правец од и кон Охрид – Битола на кој имаме регистрирано околу 190 возила. Најголем тек од тешки товарни возила се појавува на патниот правец Битола – Прилеп, а најмал тек на тешки товарни возила се јавува на патниот правец Битола – Охрид и на правецот Битола – Грција.

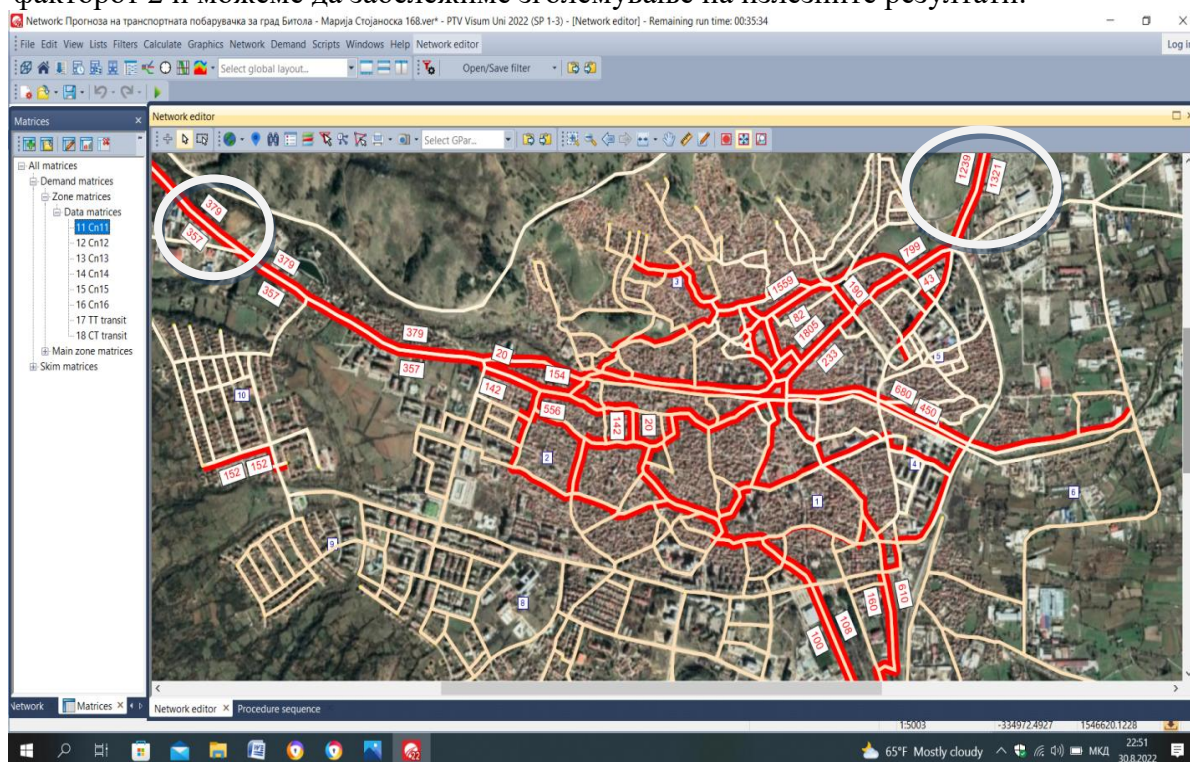
Модалската големина е, всушност, препишувањето на патувањата на одредени сообраќајници, односно распределбата на патувањата по сообраќајниците. Тие се прикажани на следната слика.



Слика бр. 9: Пресметани модалски големини

Од сликата, можеме да забележиме дека пресметаните модалски големини се значајна бројка бидејќи во целост одговараат со податоците кои беа собрани со кордонското броене.

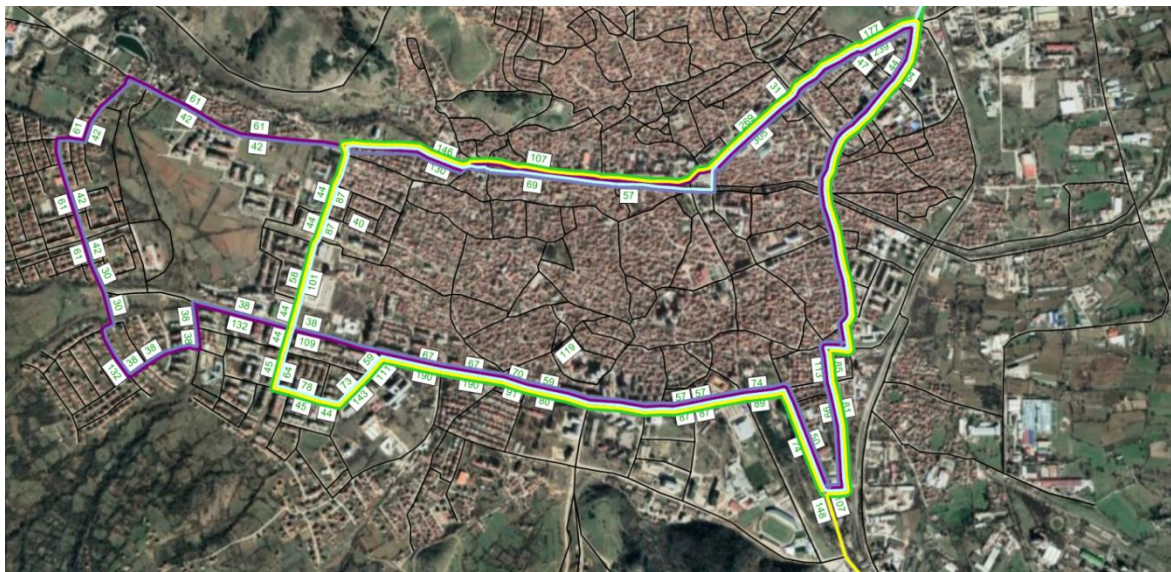
Прогнозата на транспортната побарувачка беше направена со пораст на факторот 2 и можеме да забележиме зголемување на излезните резултати.



Слика бр. 10: Прогнозирани големини за градот Битола

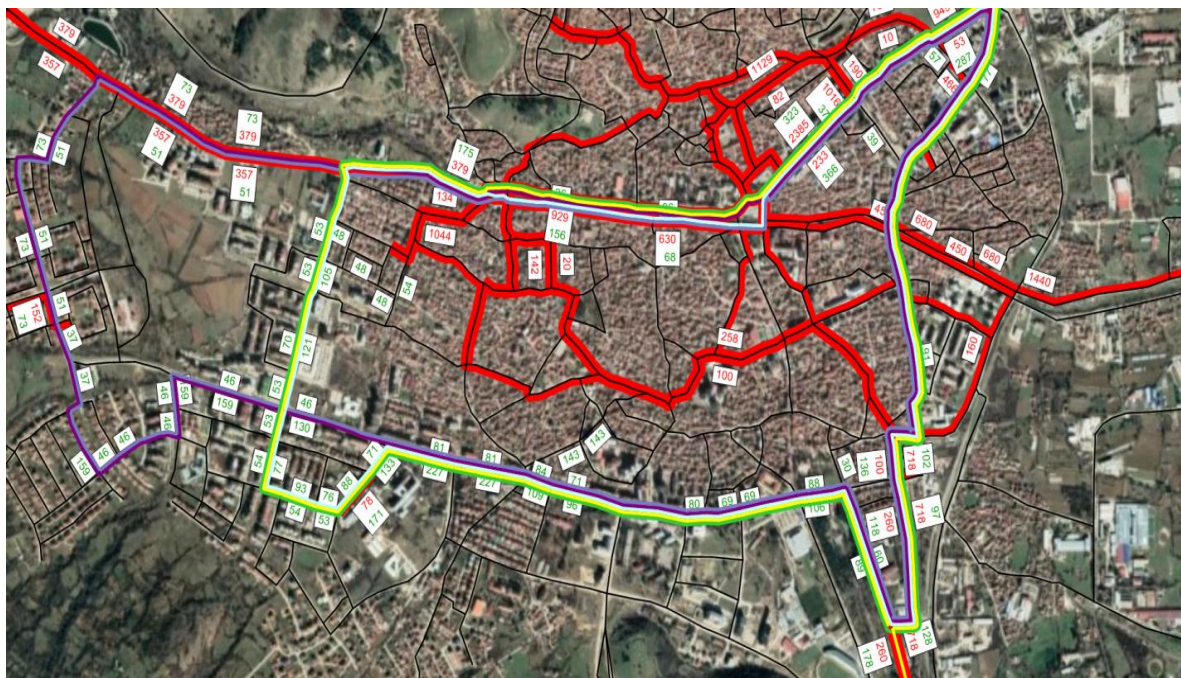
Како за приватниот така и за јавниот превоз, се направи пресметка на

модалските и прогнозираните големина, само што тука, препишувањето на патувањата беше направено по линиите на јавниот градски превоз, а не по линковите.



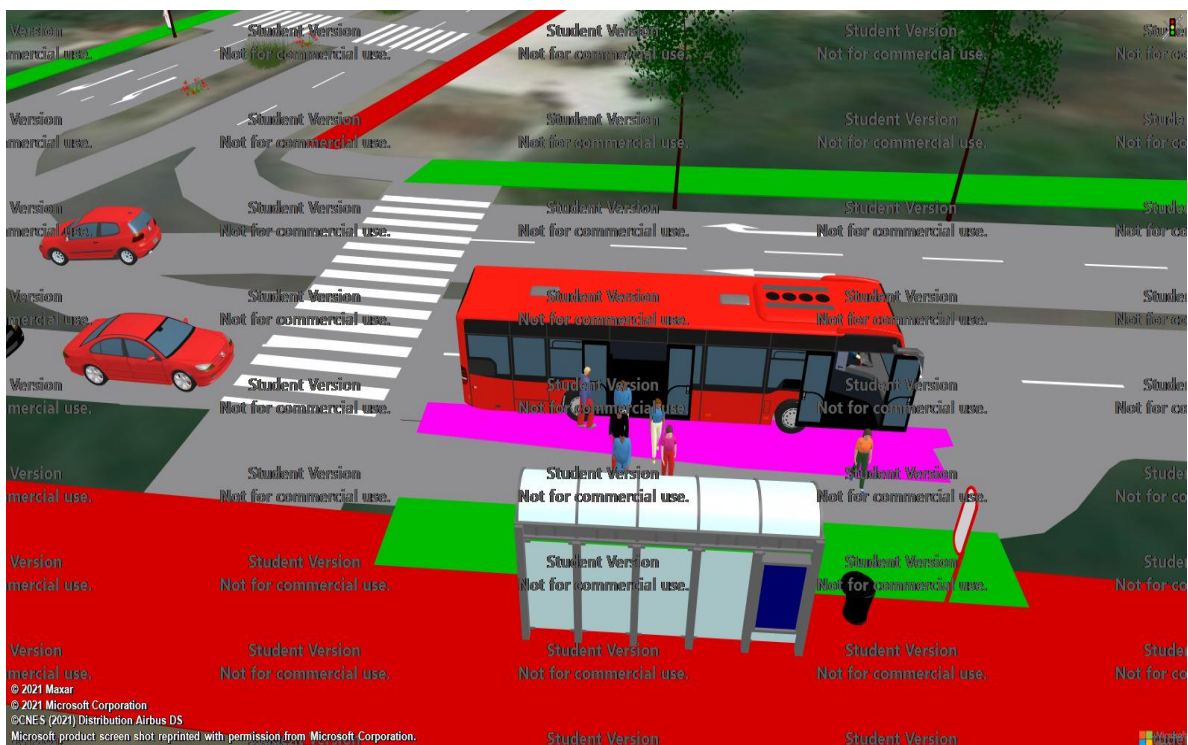
Слика бр. 11: Пресметани модалски големина за јавниот градски превоз во градот Битола

Прогнозата на транспортната побарувачка за јавниот градски превоз во Битола, се направи врз основа на матрицата за јавниот градски превоз, во која го дефиниравме факторот на пораст 1.2.



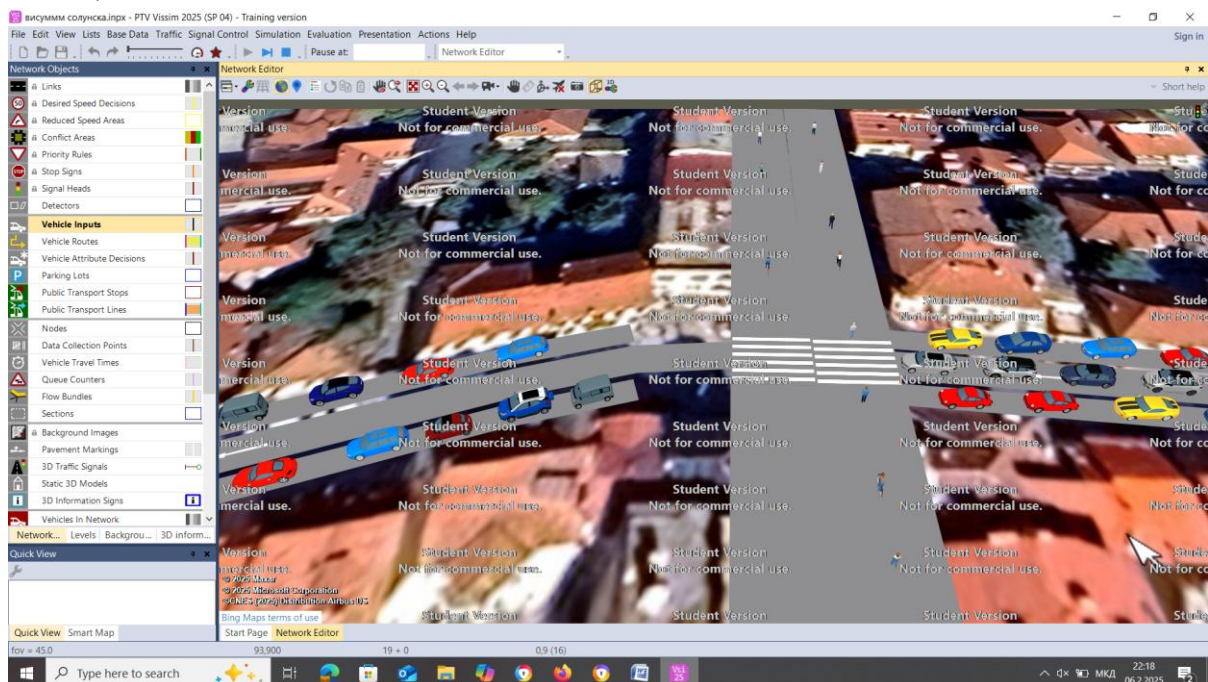
Слика бр. 12: Прогнозирани големина за јавниот градски превоз во градот Битола

Покрај PTV VISION VISUM, беше употребена и софтверската алатка PTV VISION VISSIM за симулација на движењето на возилата на јавниот градски превоз во градот Битола. На слика бр. 13, е прикажано возило на јавниот градски превоз застанато на стојалиште, а патниците извршуваат влез/излез од него.



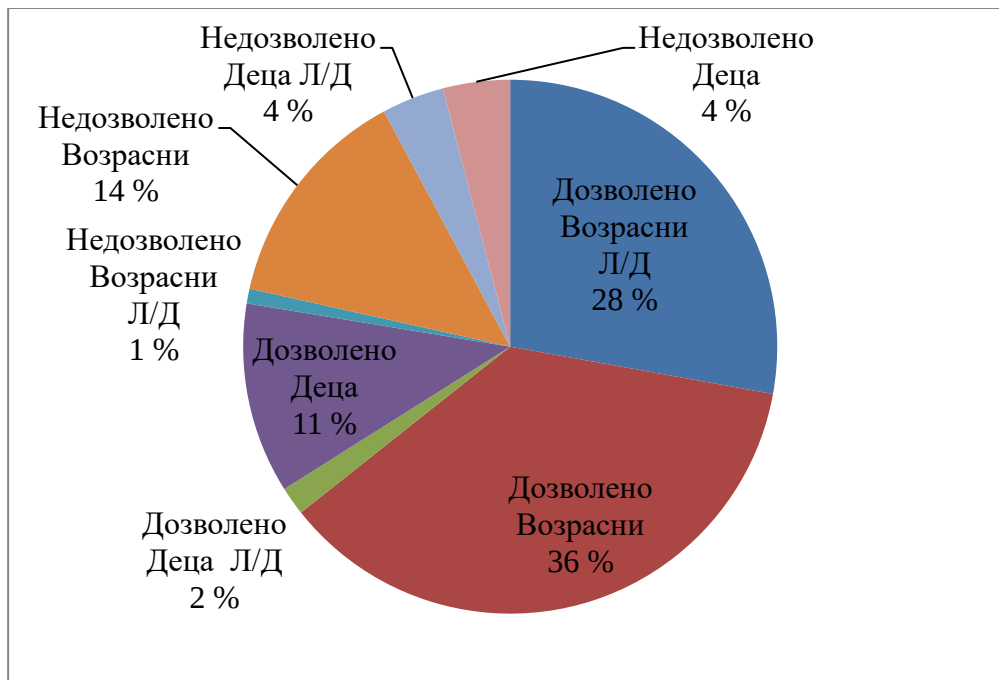
Слика бр. 13: Симулација на влез/излез на патниците од возилото на јавниот градски превоз во градот Битола со софтверската алатка PTV VISION VISSIM

Софтверската алатка PTV VISION VISSIM беше искористена за симулација на движењето на пешаците на пешачкиот премин на улицата „Солунска“ и „Широк сокак“.



Слика бр. 14: Симулација на пешачките текови на улицата „Солунска“ и „Широк сокак“

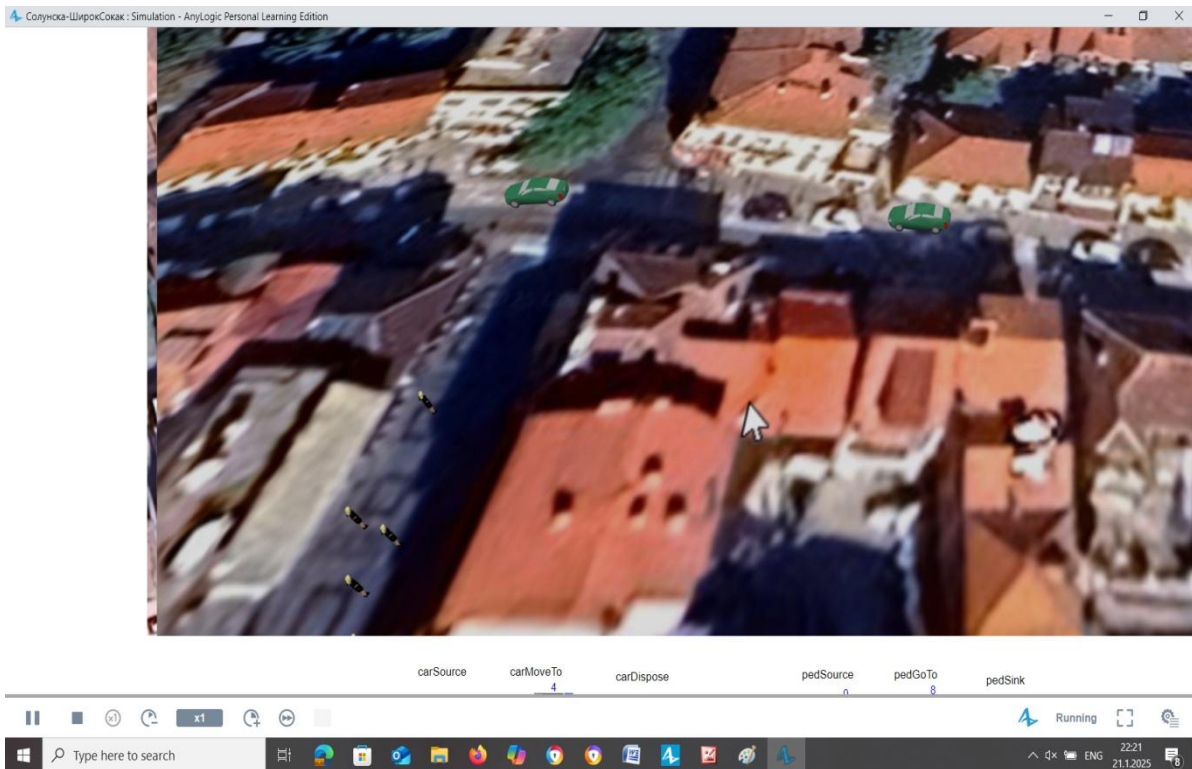
За потребите на софтверската алатка, беа собрани податоци за бројот на пешаци кои го преминуваат пешачкиот премин кај улицата „Солунска“ и „Широк сокак“. Анализата на податоците беше направена врз основа на тоа дали пешаците преминот го прават дозволено или недозволено, надвор од пешачкиот премин, дали при преминот погледнуваат лево или десно и дали станува збор за возрасни или, пак, за деца.



Графикон број 1: Приказ на бројот пешаци и на нивното однесување при премин на пешачки

Од графичкиот приказ, можеме да забележиме дека на обележаниот пешачки премин, на дозволен начин преминале 28 % возрасни и 2 % деца кои погледнале лево/десно при преминот, а 36 % возрасни и 11 % деца преминале на недозволен начин, но не погледнале лево/десно. Недозволено преминале 1 % возрасни и 4 % деца, но при преминот, погледнале лево/десно, 14 % возрасни и 4 % деца кои при преминот, не погледнале лево/десно.

Со софтверската алатка AnyLogic, беше направена симулација на движењето на пешаците и на индивидуалните возила на улицата „Солунска“ и „Широк сокак“.



Слика бр. 15: Симулација на движењето на пешаците по „Солунска“ и „Широк сокак“

Како излезни резултати од примената на софтверската алатка PTV VISUM, можеме да заклучиме дека употребата на индивидуалните возила во градот Битола е сè уште на високо ниво на пирамидата, а малата употреба на јавниот градски превоз се должи на голем број проблеми поврзани со возниот парк и со организацијата и спроведувањето на патувањата. Имајќи ја предвид целта на јавниот превоз, а тоа е лесната достапност, навременоста, комфорноста и ефикасноста на понудената услуга, покривајќи ја целата територија на градот, проблемите се двострани, и тоа проблеми со кои се соочуваат возачите и корисниците на услугите на јавниот градски превоз.

Со прогнозата за приватниот сообраќај, можеме да заклучиме дека и во наредните години, ќе се даде приоритет на индивидуалните автомобили и тие ќе бидат на врвот од пирамидата, а јавниот градски превоз ќе привлече повеќе корисници со решавање на проблемите кои се појавуваат од двата аспекти, понудата и побарувачката на услугата.

Со помош на софтверската алатка, може да се направат различни сценарија за предвидување на патувањата кои би се направиле со јавниот градски превоз, со користење различен фактор на пораст. Со оглед на проследените проблеми, како главен проблем се квалитетот на услугата, фреквенцијата, редовноста. Во согласност со политиката за одржлив транспорт, при подобрување на јавниот градски превоз, предвид треба да се земат наследената и ограничениата улична мрежа и релативно малиот број патници.

Овие проблеми може да се решат со примена на современата технологија за информирање на патниците за линиите на јавниот градски превоз. Знаењето кога ќе пристигне следниот автобус, ќе обезбеди подобро целокупно искуство за патниците, а истовремено ќе им ги даде информациите што им се потребни за подобро да го испланираат своето време пред да пристигне автобусот. Пренесувањето на тие информации може да се направи на различни начини, од кои секој обезбедува различно средство за патникот да разбере како може да го искористи времето на чекање, па дури

и да го минимизира тоа време на чекање. Ако патникот знае кога ќе пристигне следниот автобус, тој може подобро да го испланира своето патување до стојалиштето, подобро да го искористи своето време на стојалиштето или во близина на стојалиштето или да има доверба дека автобусот навистина доаѓа, со што се намалува вознемиреноста или здодевноста што се јавуваат при чекањето автобус.

Овој предлог за подобрување беше активен од 27 март 2025 г., со примена на апликацијата „Bitola City Bus“. Беа набавени 14 GPS-уреди и вградени во возилата, изработени беа апликација за мобилни телефони, веб-страница и веб-домен, 14 СИМ-картички и план за тековно одржување на ова решение. Резултатите од спроведеното решение ќе бидат основа за понатамошни истражувања, во однос на подобрувањето на јавниот градски превоз во градот Битола.

Секојдневните примери покажуваат дека пешаците ја поминуваат улицата на црвено светло на пешачкиот семафор, надвор од пешачкиот премин, без да погледнат лево и десно. Исто така, тие се движат меѓу двете коловозни ленти, го пресекуваат текот на сообраќајот кога ним им одговара и каде што им одговара, непотребно се задржуваат на коловозот, користат мобилни телефони, слушаат музика и не го следат сообраќајот и случувањата во него итн. Пешаците се жртви во сообраќајните незгоди, токму поради непочитувањето на правилата и прописите во сообраќајот, поради ниската сообраќајна култура и поради лошите навики на однесување во сообраќајот. Од анализата на софтверската алатка Anylogic, може да се каже дека станува збор за исклучително актуелна и користена алатка за анализа и симулација на движењето на возилата и во индустријата. Софтверската алатка нуди алатки и библитеки и може да се анализира и во наредни истражувања.

Овие истражувања претставуваат водечки акти во сообраќајното инженерство.

Можеме да заклучиме дека ниту еден сообраќаен инженер не би можел да ја замисли својата работа без употреба на софтверска алатка.

5. Заклучок

Примената на софтверските пакети и алатки е од големо значење за сообраќајните инженери и планери бидејќи преку нив, може да се симулира движењето на сообраќајните текови, да се утврдат сите недостатоци, да се планира и проектира на макро-, мезо- и микрониво.

Протоколот на сообраќај е сложена појава и реалното моделирање на вистинските текови бара значителна вештина и користење напредни софтвери. Напредните софтверски пакети се клуч за иднината кога станува збор за сообраќајното инженерство. Тие нудат можност за проектирање, прогнозирање, развивање на различни решенија со минимални трошоци и без никакви градежни, контролни и други видови зафати и пробни решенија на реален терен.

Симулациските модели направени со помош на софтверските пакети им овозможуваат на инженерите да ги предвидат резултатите и последиците од предложените промени во сообраќајната мрежа пред тие да бидат применети. Ова е многу важно, со оглед на влијанието што ваквите промени во сообраќајната мрежа може да го имаат врз околните заедници и врз локалните економии. Меѓутоа, за симулацискиот модел правилно да ги предвиди резултатите и последиците од предложените промени, прво мора да се покаже дека ја отсликува реалната постојна

состојба на сообраќајот. Постапката со која параметрите на моделот се приспособуваат така што симулираниот одговор се согласува со измерените услови на теренот е она што е познато како калибрација и валидација на моделот.

Од ова истражување, можеме да кажеме дека сообраќајното инженерство се состои од голем број софтверски алатки и пакети со фокус на светски водечките, со чија помош можеме да ги согледуваме однесувањата на учесниците во сообраќајот, да нудиме различни решенија и сценарија. Можноста да се користат овие софтверски алатки е од големо значење за нас истражувачите.

Секако, понатамошните истражувања продолжуваат и ќе останат во областа на планирањето и прогнозата на сообраќајот со надоградување на светски водечкиот софтвер PTV VISION VISUM, VISSIM, ANYLOGIC и со проширување на знаењата со нови софтвери од сообраќајното инженерство.

Користена литература

- Васка Атанасова (2012) ПРИРАЧНИК PTV Vision VISUM.
- Кристина Хадипеткова (2015) магистерски труд: „Креирање на макроскопски модел за транспортна побарувачка на град и регион“ – Битола.
- Марија Стојаноска (2023) магистерски труд: „Планирање на ЈПП во мали градови со примена на PTV Vision VISUM софтвер“, Технички факултет, Битола.
- Огненовски, И. (2022) магистерски труд: „Дефинирање на методологија за вршење на калибрација и валидација на сообраќаен микроскопски симулационен модел – студија на случај за координиран сигнален систем на улица „Војвода Васил Чакаларов“ во Скопје“, Универзитет „Мајка Тереза“ – Скопје, Факултет за технички науки.
- Atanasova Vaska, & Stojanoska Marija (2023) „Study of steps in the VISUM software for creating a macroscopic model for public transport, for example for the city of Prilep“, *German International Journal of Modern Science* №68, 51–54.
- Biljana Zlatanovska, Natasha Stojkovikj, Mirjana Kocaleva, Aleksandra Stojanova, Limonka Koceva Lazarova, & Roman Gobubovski, (2018) „Modeling of Some Chaotic Systems with AnyLogic Software“, *TEM Journal*. Volume 7, Issue 2, 465–470, ISSN 2217-8309, DOI: 10.18421/TEM72-31 May.
- Horea George Crisan, & Nicolae Filip (2016) „Traffic Modeling Aspects Using Visum Software and Effects on the Traffic Optimization“, *Proceedings of the European Automotive Congress EAEC-ESFA 2015*, 495–506.
- Koltovska-Nečoska D., Ivanjko E., & Pavleski D. (2018) „Creating Infrastructure for Urban Mobility: Case Study of Skopje“, *Promet – Traffic & Transportation*, Vol. 30, 2018, No. 4, 429–443.
- Oliver Handel, Ege Gümüş, Efthymios Papoutsis, & Julian Amann, „Dynamic Visualization of Pedestrian Simulation Data“, Chair of Computational Modeling and Simulation. Technical University of Munich, Arcisstr. 21 80333 München.
- Rodrigo F. Daguan, Leopoldo R. Yoshioka, Marcio L. Netto, Claudio L. Marte, Cassiano A. Isler, Max Mauro Dias Santos, João F. Justo (2023), „Automatic Calibration of Microscopic Traffic Simulation Models Using Artificial Neural Networks, Sensors“ 2023, 23(21), 8798; <https://doi.org/10.3390/s23218798>.
- Trung Anh Nguyen, Huy Vu Nguyen, Tuan Anh Pham, Duc Thang Do, Hoai Chung Pham, & Sy Sua Tu (2025) „Using visum traffic simulation model to evaluate the traffic network on the economic corridor: Lao Cai – Hanoi – Hai Phong – Quang Ninh“,

Transportation Research Procedia 85, 83–93.

Tomáš Kučeraa, & Jan Chocholáč (2021) „*Design of the City Logistics Simulation Model Using PTV VISSIM Software*“ *Transportation Research Procedia* 53, 258–265.

Tingli Wang (2023) „*Study on the Simulation and Optimization of Pedestrian Flow in Metro Stations Based on Anylog*“, *Advances in Computer, Signals and Systems* (2023) Clausius Scientific Press, Canada. DOI: 10.23977/acss.2023.070907 ISSN 2371-8838 Vol. 7 Num.

Yang Liu, & Yunxue Song, (2022) „*Research on simulation and optimization of road traffic flow based on Anylogic*“, *E3S Web of Conferences* 360, 01070 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202236001070>.

<https://www.anylogic.com/road-traffic/>.

https://en.wikipedia.org/wiki/PTV_Group.

<https://www.scribd.com/document/615292869/PTVVisum2023-Manual>.

<https://www.scribd.com/document/705998759/Vissim-2024-Manual>.