

UVOĐENJE BRT – STUDIJA SLUČAJA ZA GRAD SKOPLJE

Olivera Petrovska, Univerzitet Majka Tereza, Skopje, Fakultet tehničkih nauka, olivera.petrovska@unt.edu.mk

Jovan Hristoski, Univerzitet Majka Tereza, Skopje, Fakultet tehničkih nauka, jani.hristoski@unt.edu.mk

Daniel Pavleski, Univerzitet Majka Tereza, Skopje, Fakultet tehničkih nauka, daniel.pavleski@unt.edu.mk

Andon Petrovski, 24 ING dooel Bitola, 24ingbt@gmail.com

Darko Spasenovski, 24 ING dooel Bitola, 24ingbt@gmail.com

Rezime: Skoplje, kao glavni grad, ne razlikuje se mnogo po problemima u saobraćaju od ostalih gradova koji koriste transportni sistem koji se prvenstveno oslanja na automobile. Iako je reč o gradu sa više od pola miliona stanovnika, danjašni sistem javnog prevoza obuhvata samo avtobuski sistem. Mreža linija se oslanja na koncept direktnih linija, gradski autobusi nemaju nikakvu vrstu prioriteta, dodajući gubitak vremena putovanja zbog saobraćajnih gužvi, relativno nisku frekvenciju u pouzdanost usluge. U oblasti ulaganja za unapređenje sistema javnog prevoza u Skoplju i uviđanje potrebe za uvođenjem brzog, kvalitetnog, ekološki prifatljivog i atraktivnog prevoza, Grad Skoplje je odlučio da uvede sistem brzog autobusnog prevoza – BRT. Vrsta sistema masovnog javnog prevoza koji pruža mnogo viši nivo transportne usluge u veći kapacitet u odnosu na klasičan gradski autobuski prevoz. U ovom radu sumirani su rezultati studije BRT za Grad Skoplje za implementaciju Linije br. 1, duga 12.81 km u jednom pravcu, servis frekvencije u vršnom satu na svaka 3 – 4 minuta, izbor novog CNG hibridnog autobusnog vozila (do 24 m dužine), fizičko razdvajanje autobuskih linija, nova strategija prioriteta BRT-a za 54 signalizovane raskrsnice sa realnim simulacijama vremena, smanjenje vremena transporta za više od 50%, novi dizajn sadržaja za dva terminala depoa i novi dizajn 21 autobuske stanice sa sistemom prilaza metrou.

Ključne reči: BRT, saobraćaj, simulacija

1. УВОД

Главни град Македоније, Скопље, не разликује се много по проблемима у саобраћају од других градова који имају систем превоза који се првенствено ослања на аутомобиле. Загушења у саобраћају, изгубљено време, недостатак паркинг места и повећано загађење животне средине проблеми су са којима се свакодневно суочавају становници града. Захтеви за решавањем ових проблема у последње време су постали још јачи, посебно због озбиљних проблема загађења ваздуха.

Одговор на ове проблеме, данас у свету, али и у граду Скопљу, тражи се у решењима која подржавају одрживу мобилност. Ова решења подразумевају дестимулисање коришћења аутомобила као превозног средства у граду, које захтева превише простора и значајног загађивача животне средине, и подстицање коришћења других видова превоза. То подстицање се врши обезбеђивањем квалитетне алтернативе – адекватне инфраструктуре, пројектовања саобраћајних елемената који подржавају друге видове транспорта, пружања квалитетне

транспортне услуге и економских, регулаторних и других мера које подстичу одрживе видове транспорта.

Иако је реч о граду са више од пола милиона становника, данашњи систем јавног градског превоза обухвата само аутобуски систем. Мрежа линија се ослања на концепт директних линија, али како није усклађена са урбанистичким развојем града, јавља се изузетно велики број путника који се преседају, што је у супротности са концептом директних путовања. Аутобуси градског превоза немају никакав приоритет и подложни су додатном губитку времена због гужви, посебно у вршним сатима. Као резултат тога, брзине услуге у вршним сатима на неким линијама су испод 14 км/ч, што резултира дугим транзитним временом. Изненађује податак да је јавни градски превоз у Скопљу 1989. године, када је био мали град, превозио око 150.000.000 путника годишње, а данас је та цифра испод 50.000.000 годишње.

У оквиру настојања да се унапреди систем јавног градског превоза у Скопљу и увиђања потребе за увођењем брзог, квалитетног, еколошког и атрактивног вида превоза, одлучено је да се уведе систем брзог аутобуског система - БАС (у енглеском говорном подручју- Bus Rapid Transit – BRT).

2. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ БРЗОГ АУТОБУСКОГ СИСТЕМА

Иако систем брзих аутобуса – БАС укључује аутобусе као превозно средство, овај систем је НОВА ВРСТА јавног градског превоза који пружа много виши ниво услуге превоза и већи капацитет у поређењу са класичним аутобуским градским превозом.

Основни елементи дизајна и карактеристике БАС-а подређени су циљу постизања већих транспортних брзина, већег капацитета линије, веће поузданости услуге, а тиме и веће атрактивности и вишег нивоа услуге. Ово се постиже са:

- Обезбеђивање физички одвојене трасе од остатка саобраћаја како би се елиминисао губитак времена услед загушења саобраћаја;
- Раскрснице су у нивоу, али су решене светлосном сигнализацијом, при чему је приоритет за возила БАС-а;
- БАС станице су затвореног типа, односно преузимање, валидација или провера карте се врши на станици, а не у возилу. Тиме се минимизира време уласка и изласка путника, односно време задржавања возила на станицама;
- Обично се користе савремени зглобни аутобуси, а одавно и двозглобни аутобуси, како би се обезбедио већи капацитет;
- Избор погона аутобуса је у правцу обезбеђивања високих еколошких стандарда;
- БАС обухвата коришћење нових технологија и информационих решења, пре свега у области информисања путника у реалном времену (АВЛ, информациони систем у реалном времену, плаћање паметним картицама или мобилним телефоном итд.)

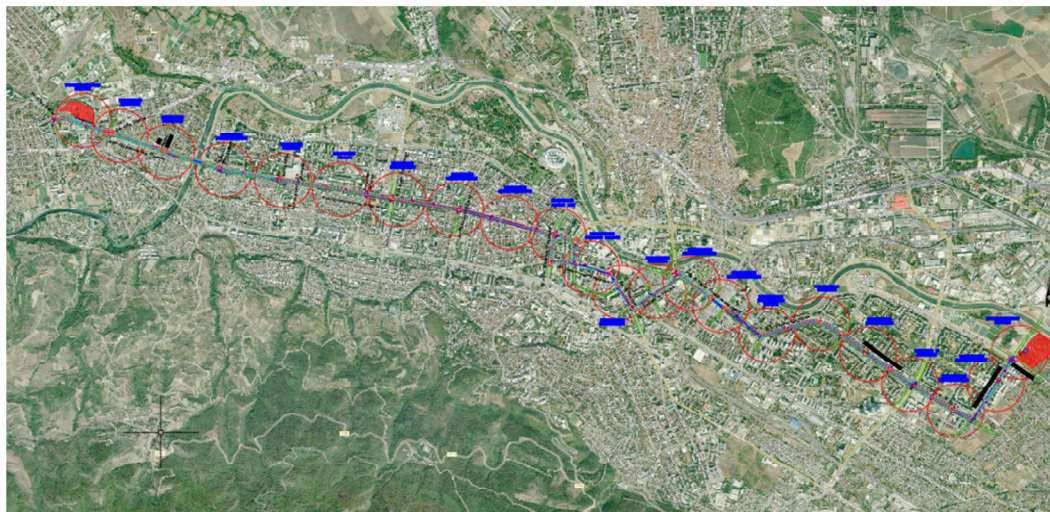
3. ИСТРАЖИВАЊА

3.1. Област истраживања

Предмет овог рада је имплементација брзог аутобуског система – БАС у граду Скопљу, односно изградња линије 1 са трасом од Ђорче Петрова до Новог Лисиче у дужини од 12,81 км у једном правцу и са 21 станица и два терминала. Циљ је смањење саобраћајних гужви, смањење времена путовања, смањење загађења животне средине као и обезбеђење брзог, високог капацитета, поузданог,

еколошког и атрактивног јавног градског превоза проналажењем оптималног решења за БАС линију 1, део брзог аутобуског система који је планиран за град Скопље.

Подручје покривања је дефинисано у следећим границама: од депоа Ђорче Петров до депоа Ново Лисиче у Скопљу са укупном дужином трасе од 12.800,00 метара, као и покривеност прилаза раскрсницама, приказаним на слици 1.



Слика 1: Област истраживања

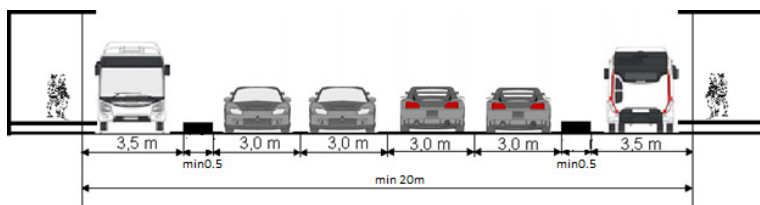
3.2. Анализа и избор алтернативних решења

Постављање БАС трасе може се извести на више различитих начина, а свако од тих решења има своје предности и мане. Основни начини постављања и покретања БАС руте су:

- Постављање трасе у крајњој десној саобраћајној траци
- Постављање БАС трасе у централном делу коловоза
- Једна централна БАС станица, возила са левим вратима БАС линија 1 у Скопљу
- Одвојене бочне БАС станице, возила са десним вратима, БАС линија 1 у Скопљу
- Једна централна БАС станица, возила са десним вратима, БАС траке у супротном смеру од остатка саобраћаја, БАС линија 1 у Скопљу
- Једна централна БАС станица, возила са десним вратима, прелазак БАС трака са приступом перону станице лево пре и после БАС станице

У складу са анализираним алтернативним решењима за изглед трасе БАС-а, у погледу избора најбољег, може се закључити да:

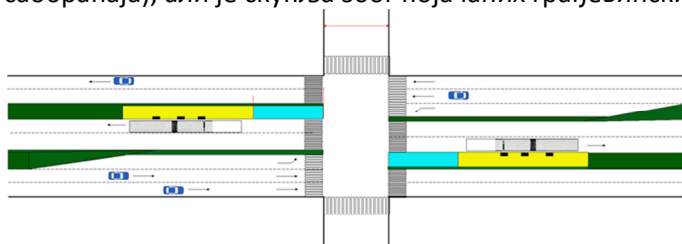
Варијанта А, односно постављање БАС трака на крајњу десну страну путева, одбија се од даљег разматрања, због карактеристика које су у супротности са циљевима, а то су брзина превоза, поузданост услуге и повећани трошкови за БАС станице.



Слика 2: Варијанта А

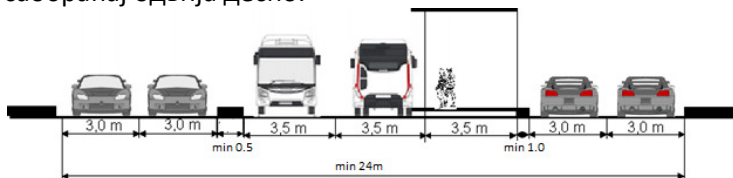
Варијанта Б1 са централном БАС станицом за оба смера кретања и са возилима са левим вратима, омогућава реализацију са најнижим трошковима изградње и најмање грађевинских интервенција на постојећим саобраћајницама. Увођење БАС-а као новог јавног градског превоза велике брзине и великог капацитета у Скопљу значи потпуну реорганизацију мреже линија јавног градског превоза. Од концепта директних (аутобусних) линија прелазимо на концепт основних линија и напојних водова. Имајући у виду постојећу саобраћајну мрежу града Скопља и недостатак кључних веза, алтернатива са возилима са левим вратима би довела до онемогућавања трака за лево скретање за друга возила, посебно на Бул. Герилски одреди. Ово произилази из чињенице да централна БАС станица мора бити у зони раскрснице за потребе трансфера путника са доводних линија. Смањење броја саобраћајних трака за остатак саобраћаја и изостанак трака за лево скретање допринеће значајној деградацији услова остатка саобраћаја.

Варијанта Б2, ова алтернатива елиминисе проблеме везане за варијанту са возилима са левим вратима (омогућава јединствен возни парк са десним вратима, боља решења на сигналисаним раскрсницама обезбеђивањем леве траке за остатак саобраћаја), али је скупља због појачаних грађевинских радова.



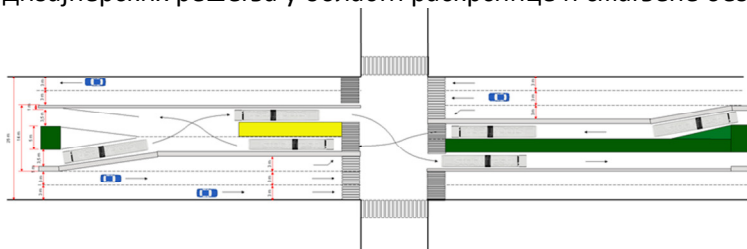
Слика 3: Варијанта Б2

Варијанта Б3, једна централна БАС станица за оба смера, возила са десним вратима, али БАС траке постављене у супротном смеру (contraflow), тј. на левој страни БАС руте, комбинује многе позитивне карактеристике алтернатива Б1 и Б2. Али постоји забринутост за безбедност пешака и негативна реакција јавности због одступања од уобичајених саобраћајних правила, као земље у којој се моторизовани саобраћај одвија десно.



Слика 4: Варијанта Б3

Варијанта Б4, једна централна БАС станица за оба смера, возила са десним вратима, раскрсница БАС трака у зони пре и после БАС станице. Ова алтернатива може довести до значајног смањења брзине транспорта, компликованих дизајнерских решења у области раскрснице и смањене безбедности.



Слика 5: Варијанта Б4

3.3. RUN TIME модел

Према предложеним варијантама развијен је Run Time модел (просторно-временски модел кретања БАС-а за прорачун времена путовања, који се примењује у раним фазама планирања, односно пројектовања система за брзи превоз путника). модел је заснован на прорачуну времена потребног за прелазак сваке деонице или сегмента на траси система за брзи превоз путника. Сваки сегмент је дефинисан следећим елементима:

- Дужина у метрима
- Брзина на почетку сегмента у км/час
- Максимална брзина сегмента у км/час и
- Брзина на крају сегмента у км/час

На основу наведених елемената и просечног убрзања и успоравања одређује се време војње сегмента, узимајући у обзир следеће фазе кретања:

- Убрзање
- Војња унапред дефинисаном максималном брзином за сегмент и
- Кочење (успоравање)

Резултати свих Run Time модела су сумирани у следећим табелама модели се сумирани у наредној табели:

Табела 1: Резултати Run time модела за правац од Ново Лисиче до Ђорџе Петрова

Run time model	Priority	Section length (m)	Driving Time (s)	Dwell time (s)	Extra delays (s)	Total travel Time (s)	Total travel Time (min)	Travel speed (km/h)
Left doors	High priority	12116	1356,3	450	20	1826,8	30,4	23,9
Right doors	High priority	11804	1341,8	450	30	1821,8	30,4	23,3
Right doors (Mirche Acev)	High priority	11771	1358,6	450	40	1848,6	30,8	22,9

Табела 2: Резултати Run time модела за правац од Ђорџе Петрова до Ново Лисиче

Run time model	Priority	Section length (m)	Driving Time (s)	Dwell time (s)	Extra delays (s)	Total travel Time (s)	Total travel Time (min)	Travel speed (km/h)
Left doors	High priority	11887	1335,4	450	20	1805,4	30,1	23,7
Right doors	High priority	12059	1372,5	450	30	1852,5	30,9	23,4
Right doors (Mirche Acev)	High priority	12059	1358,5	450	20	1828,5	30,5	23,7

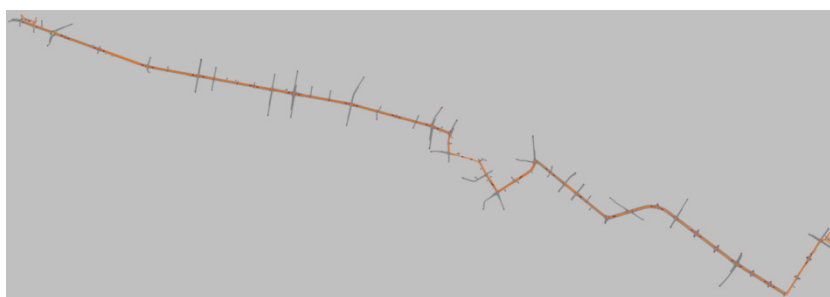
4. МИКРОСКОПСКА ДИНАМИЧКА СИМУЛАЦИЈА

За креирање микроскопске динамичке симулације, односно за развој микросимулационог модела, коришћен је алат за микросимулационо моделовање „VISSIM“. Примарни циљ микросимулационог модела је да изврши визуелни приказ оптималног БАС решења и његовог утицаја у просторном обиму.

Процес развоја модела у VISSIM у основи укључује:

- Моделирање путне мреже
- Уношење података о саобраћају и
- Калибрација и валидација модела
- Процена будуће саобраћајне потражње

Структуру путне мреже у VISSIM-у чини низ веза повезаних конекторима. За сваку везу се дефинише број трака и ширина сваке саобраћајне траке. Мрежа путева у просторном обиму заснована је на оптималном решењу за БАС и приказана је на слици 6.



Слика 6: Мрежа путева у VISSIM

Приликом моделирања путне мреже посебна пажња је посвећена пројектовању сигнализације за сигнализоване раскрснице. Из добијених података о светлосним сигнаlima којима управља UTOPIA адаптивна сигнална контрола, одређена је просечна дужина зелених времена и циклус раскрсница у обиму и они су били полазна тачка за израду сигналних планова за раскрснице у моделу. . Фиксна дужина циклуса од 120 секунди и фиксна зелена времена за сваку фазу циклуса

примењени су на све раскрснице у моделу. За симулацију приоритета БАС возила, примењен је пасивни приоритет померањем зеленог сигнала из фазе у којој се БАС возила опслужују.

Табела 3: Поређење времена путовања од Run time и VISSIM модел

Насока	Run time	VISSIM
Исток - Запад	1821,8	1803,84*
Запад - Исток	1852,5	1860,79*

Примарни циљ микросимулационог модела био је да се изврши визуелни приказ оптималног БАС решења и његовог утицаја на просторни обухват. Резултати симулације су такође коришћени за кориговање почетних решења на одвојеним раскрсницама где су долазили до већих временских губитака. У недостатку макроскопског модела, немогуће је у потпуности проценити утицај БАС-а на уличну мрежу у просторном обиму, односно микроскопски модел не одражава утицај промена у избору руте путовања (атрибуција саобраћаја на мрежу) као резултат изградње БАС-а и других инфраструктурних промена на мрежи. Резултати тестирања сценарија ће се третирати као прелиминарни резултати.

Из прелиминарних резултата саобраћајних анализа за мере ефикасности на нивоу раскрснице, може се закључити да оптимално решење резултира прихватљивим утицајем на уличну мрежу у просторном обухвату у свим сценаријима. Може се очекивати да ће се овај утицај смањити применом додатних инфраструктурних, оперативних и организационих мера за подстицање одрживе урбане мобилности, односно применом одрживих видова транспорта.

Добијени прелиминарни резултати за оптимално решење могу се сматрати и прелиминарним резултатима за варијанту са централном трасом и централно постављеним станицама за возила са левим вратима под условима просторних и временских ограничења, односно саобраћајно решење за остало саобраћај да остане исти (мења се само распоред трасе и станица у централном делу).

5. ЗАКЉУЧАК

На основу приказане анализе расположивих варијантних решења за возњу БАС трасе на линији 1 у Скопљу, изабране су две алтернативе које су изводљиве и имају најмање негативних карактеристика с обзиром на инфраструктурне и социјалне специфичности у Скопљу, и то:

- Централна траса, возила са десним вратима, одвојене бочне станице. Због специфичних околности у Саобраћајном центру, булеварима Кочо Рацина и Кузмана Јосифовског Питу и Улици Октомври 11, као изузетак примењују се централне станице и укрштање БАС трака пре и после станице (варијанта Б2).
- Централна траса, возила са левим вратима, једна централна станица (варијанта Б1).

У табели 3 дат је преглед карактеристика две алтернативе, при чему су у првом делу табеле приказане карактеристике које важе за обе варијанте решења, а у другом делу предности и недостаци две алтернативе Б1 и Б2.

Критериум	Алтернатива Б1	Алтернатива Б2
ЗАЈЕДНИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ		
Физички одвојена рута намењена само за БАС	ДА	ДА
Централно постављена рута (предности повезане са овом рутом)	ДА	ДА
Комерцијална брзина	Безначајна међусобна разлика	Безначајна међусобна разлика
Наплата/валидација карата ван возила (Станице затвореног типа)	ДА	ДА
Приоритетни третман на раскрсницама	ДА	ДА
Ниво платформе станица у нивоу пода возила (возила са ниским подом)	ДА	ДА
АВЛ систем Информације у реалном времену	ДА	ДА
Траса једног од најпрометнијих коридора града	ДА	ДА
Сати рада учесталост услуге	иста	иста
Возила – Стандарди за емисију издувних гасова	исти	исти
Удаљености између БАС станица	Према стандардима за БАС линије Безначајна разлика између две варијанте	Према стандардима за БАС линије Безначајна разлика између две варијанте
Безбедни и соодветно димензионирани станице	ДА	ДА
Број врата на аутобусима	Исти аутобуси	Исти аутобуси
Лизгачки врати на станиците	ДА	ДА
Приступачност за особе са посебним потребама	ДА	ДА
Интеграција са другим јавним градским превозом	иста	иста
Безбедан паркинг за бицикле	ДА	ДА

Према систему који је успоставио Институт за саобраћајну и развојну политику (Institute for Transportation and Development Policy), а прихваћен у свету, БАС системи се сврставају у једну од четири класе: основни, бронзани, сребрни и златни. Према добијеној коначној оцени од 72 бода на БАС систему – линија 1 испуњава услове сребрног стандарда.

ЗАХВАЛНИЦА

Посебно се захвањуемо фирми 24 ИНГ Битола за несебичну сарадњу и доступност податка из саобраћајног пројекта коју су ни били потребни за припрему овог рада.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Прирачник за капацитет на саобраћајници – Highway Capacity Manual (Одбор за транспортни истражувања при национална академијата на науки на САД, 2010)
- [2] Прирачник за проектирање на патишта и мостови – Design Manual for roads and bridges (Министерство за транспорт на Велика Британија, 2015);
- [3] Прирачник за мерки за смирување на саобраќајот – Traffic calming (Министерство за транспорт на Велика Британија, 2007); [3] Правилник за саобраќајните знаци, опрема и сигнализација на патот на РСМ
- [4] Прирачник за примена и проектирање на кружни крстосници – Roundabout manual – application and design (Royal Haskoning DNV B.V., 2009);
- [5] Прирачник за проектирање на велосипедски саобраќај – Design manual for bicycle traffic (CROW, 2007);
- [6] Прирачник за безбедност во саобраќајот на патиштата – Road safety manual (CROW, 2009);
- [7] Водич на светлосни сигнали – Guidelines for traffic signals (FGSV, 2003);
- [8] Практикум за планирање на саобраќајот во градовите (Сообраќаен факултет – Белград, 1996);
- [9] Прирачник за капацитет на саобраћајници, издаден од Одборот за истражување на транспортот при Националната академија на науки (САД)
- [10] Идеен проект за изградба на брз автобуски систем (автобуско метро) во Градот Скопје, за трасата Ѓорче Петров – Ново Лисиче (Запад – Исток), изработен од 24 ИНГ Битола, 2020

SUMMARY

Introducing BRT - a case study for the City of Skopje

Abstract: The capital of Macedonia, Skopje, does not differ much in terms of traffic problems from the other cities that use transport system that primarily relies on the car. Although it is a city with more than half a million inhabitants, today's public transport system includes only a bus system. The network of lines relies on the concept of direct lines, but because it is not in line with the urban development of the city, there is an extremely high number of passengers who sit, which is contrary to the concept of direct travel. In the area of making efforts for improving the public transport system in Skopje and realizing the need for introducing a fast, high-capacity, ecological and attractive transport, the City of Skopje based on several previous studies decided to introduce a system of rapid bus system - BRT (in the English speaking world Bus Rapid Transit - BRT). A type of mass public transport system that provides a much higher level of pre-sport service in a higher quality than classic city bus transport. This paper summarizes the results of the BRT study for the City of Skopje for the implementation of Line no. 1, 12.81 km long in one direction, peak hour frequency service every 3-4 minutes, selection of a new CNG hybrid bus vehicle (up to 24 m long), physical separation of bus lines, new BRT priority strategy for 54 signalized intersections with realistic weather simulation, reduction of transport time by more than 50%, new content design for two terminal depots and new design of 21 bus stations with subway access system.

Key words: BRT, traffic, simulation