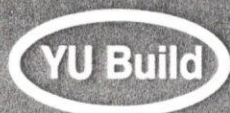


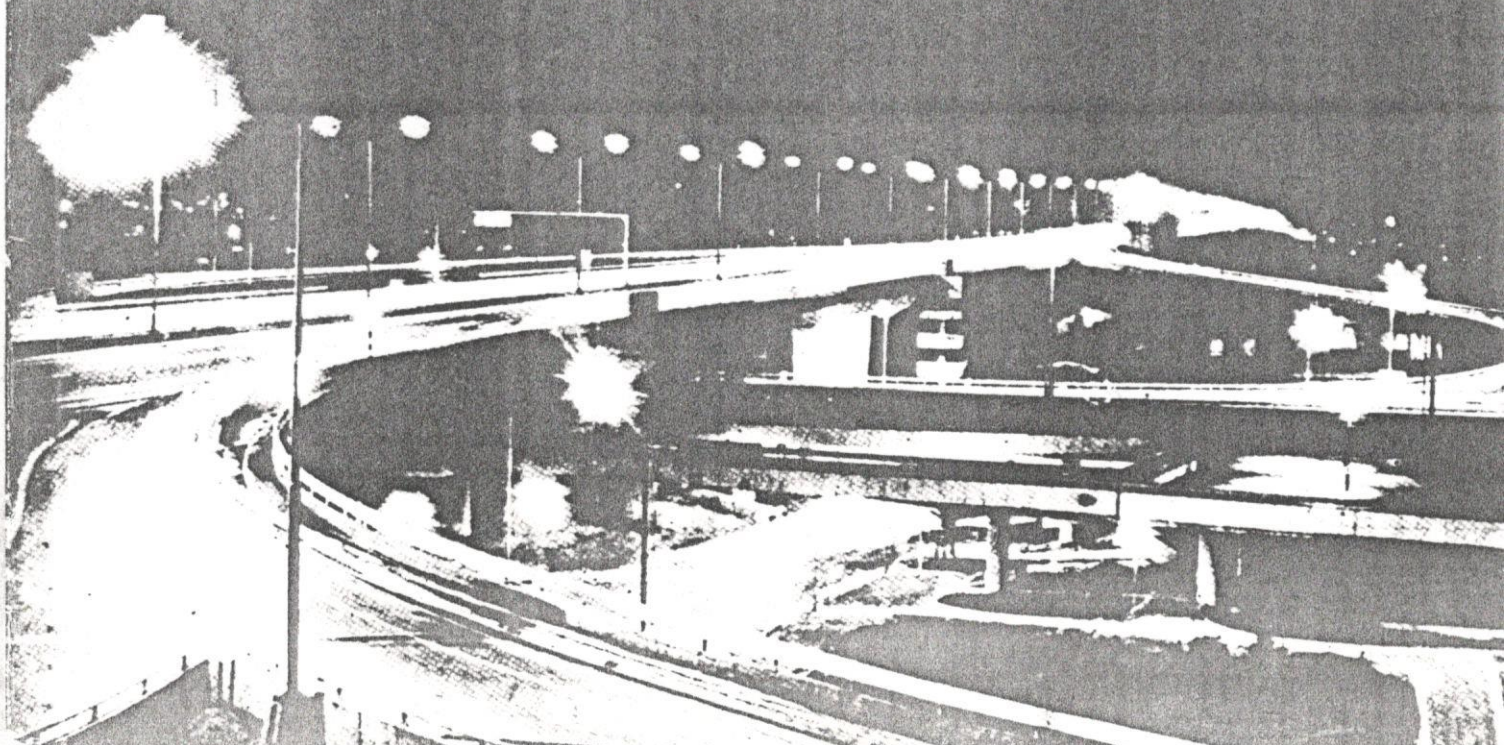


Пут и саобраћај

Бр. 2 • 2005 • АПРИЛ - ЈУНИ • Год. LII



<http://www.YU-Build.co.yu>



Уређивачки одбор:

др Војо Анђус, дипл.инж.
др Љубиша Кузовић, дипл.инж.
др Петар Митровић, дипл.инж.
др Ђорђе Узелац, дипл.инж.
др Слободан Цмиљанић, дипл.инж.
др Боровоје Алексић, дипл.инж.
Рајко Вуксановић, дипл.инж.
Славољуб Тубић, дипл.инж.
Драган Чубрило, дипл.инж.
др Бранка Јаковљевић, дипл.инж.
др Владета Вујанић, дипл.инж.
др Јовица Липовац, дипл.инж.
Миленко Гвозденчевић, дипл.инж.
Војислав Вајда, дипл.инж.
Вићентије Капларевић, дипл.инж.
Видан Гашић, дипл.економист.

Главни и одговорни уредник:

др Петар Митровић, дипл.инж.граф.,
академик ЈИНА
Тел. 011/2493-402, факс: 011/2439-322

Адреса редакције:

Савез друштава за путеве Србије и
Црне Горе, Друштво за путеве Србије,
Друштво за путеве Црне Горе
11000 Београд, Кумодрашка 257.
Тел./факс: 011/2493-134.
Текући рачун: 355-1002423-53.

Технички уредник:

Милан Мирковић

Лектура, коректура и слог:

др Душан Игњатић, дипл.инж.граф.

Издавачи:

Друштво за путеве Србије и Црне Горе,
Друштво за путеве Србије и
Друштво за путеве Црне Горе

Претплата за часопис:

Претплату за часопис уплатити на те-
кући рачун Друштва за путеве Србије
355-1002423-53, а огласе и остало
слати на Друштво за путеве Србије,
Београд, Кумодрашка 257, поштански
фах 4831, Тел. 2493-134.

Годишња претплата за 2005:

За радне организације 50.000 динара,
за остале претплатнике 2.500 динара,
за иностранство 19.000 динара. Прет-
плата се плаћа унапред на текући ра-
чун Друштва за путеве Србије.

Појединачни примерци:

За радне организације 500 динара, за
појединце 300 динара у продаји.

Колективна чланарина одређује се
сразмерно величини и значају радне
организације и не може бити нижа од
10.000 динара. Уплатом чланарине ко-
лективни чланови добијају одређени
број примерака часописа бесплатно.

Ослобођено плаћања општег пореза
на промет на основу мишљења Ми-
нистарства за науку, технологију и
развој Републике Србије бр. 413-00-
421/2001-01 од 7.09.2001. године.

Резимеи и део текстова који се објав-
љују у нашем часопису могу се читати
и претраживати и на Интернету. Они
се налазе на сајту YU Build, адреса:
<http://www.YU-Build.co.yu>

Тираж: 400 примерака

Штампа: Studio PLUS, Београд,
Тел. 011/301-66-24, bozic@infosky.net

Пут и саобраћај

ЧАСОПИС ДРУШТВА ЗА ПУТЕВЕ СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ,
ДРУШТВА ЗА ПУТЕВЕ СРБИЈЕ И
ДРУШТВА ЗА ПУТЕВЕ ЦРНЕ ГОРЕ

Број 2 • Април - Јун 2005. • Година LII

Годишња Скупштина Друштва за путеве Србије
одржаће се 17 маја 2005. године на Фрушкој Гори
у Научно-образовном центру Електро-Војводине
(НОРЦЕВ)

Домаћин Скупштине СРЕМ ПУТ - РУМА

ДНЕВНИ РЕД СКУПШТИНЕ:

ОПШТИ ДЕО:

1. Отварање Скупштине.
2. Избор радног председништва, верификационе комисије,
комисије за закључке.
3. Поздрави Скупштини.
4. Извештај о раду ДПС у периоду између две Скупштине.
5. Финансијски извештај о пословању у 2004. години.
6. Програм рада ДПС у 2005. години.
7. Избор Председника ДПС.
8. Разматрање предлога Главног одбора о оснивању
околичних друштва за путеве, секција.
9. Дискусија о раду ДПС.
10. Додела награде из Фонда "Радојица Јакуковић".
11. Завршетак рада Скупштине.

СТРУЧНИ ДЕО:

Тема 1:

"Пројекат рехабилитације магистралног пута М-21
Иришки Венац-Рума"

Извештај: представник Завода за коловозне конструкције
Института за путеве АД из Београда.

Тема 2:

"Идејно решење тунела испод Иришког Венаца"

Извештај: Богдан Ђурђевић, дипл.инж.граф.

VIA – VITA !



Овај број часописа "ПУТ И САОБРАЋАЈ" изашао је захваљујући
донацији следећих радних организација: РЕПУБЛИКА СРБИЈА -
РЕПУБЛИЧКА ДИРЕКЦИЈА ЗА ПУТЕВЕ; "Војводинапут", Панчево;
ПЗП "Зајечар", Зајечар; "Геопут", Београд; "Viaprojekt", Београд;
"Урбиспројект", Нови Сад; "Шидпројект", Шид; "Енергопројект",
Београд; Институт "М. Пупин", Београд; "Сремпут", Рума; ПЗП
"Крагујевац", Крагујевац; ГП "Планум", Београд; Институт за пу-
теве а.д., Београд; Компанија "Voj - put", Суботица; а.д. "Боја", Су-
ботица; д.о.о. "Ратко Митровић - Нискоградња", Београд; ПЗП
"Београд", Београд.

МОДЕЛ МИКРО-СИМУЛАЦИЈЕ КРЕТАЊА ВОЗИЛА НА ПУТЕ- ВИМА СА ДВЕ САОБРАЋАЈНЕ ТРАКЕ ЗА ОБА СМЕРА

Др ЦВЕТКО МИТРОВСКИ, дипл.инж.електротехнике, ванредни професор

Др МАРИЈА МАЛЕНКОВСКА ТОДОРОВА, дипл.инж.саобраћаја, доцент

ЈАСМИНА БУНЕВСКА, дипл.инж.саобраћаја, асистент

Технички факултет Битола, Македонија

Стручни рад

Резиме:

У раду је приказан детерминистички динамички модел микро-симулације кретања возила на путевима са две саобраћајне траке за оба смера у реалним путним, саобраћајним и амбијенталним условима. Моделира се генерисање возила, њихово кретање на посматраној деоници пута као и регистравање проласка кроз одређене контролне тачке. Приликом генерисања сваком се возилу додељују одређени параметри и почетна стања која се мењају током времена. Напредовање сваког возила зависи од његових параметара кретања (средња брзина кретања, максимално убрзање и максимална брзина) и од тренутног положаја у односу на остала возила. При томе треба нагласити да параметри кретања возила зависе од карактеристика уздужног профила и климатских услова, а њихов тренутни положај у односу на остала возила условљен је структуром и неравномерношћу токова генерисаних возила по смеровима. Даље усавршавање биће усмерено на стварање недетерминистичког модела увођењем fuzzy логике.

Кључне речи: симулациони модел, путеви са две саобраћајне траке за оба смера, услови пута и саобраћаја, амбијентални услови.

THE MICRO-SIMULATION MODEL OF VEHICLES MOTION ON THE ROADS WITH TWO TRAFFIC LANES FOR BOTH DIRECTIONS

Cvetko MITROVSKI, PhD, BSc EE,
Associate Professor

Marija MALENKOVSKA-TODOROVA,
PhD, BSc (Transp.Eng.), Assistant Professor

Jasmina BUNEVSKA, BSc (Transp.Eng.), Assistant

Bitola Technical Faculty, Macedonia

Professional paper

Summary

This paper is revealing the deterministic simulation of motion of vehicles on two-lane roads in actual roadway, traffic and ambience conditions. The model thereof provides for modelling the generation of vehicles, their motion on analyzed road section, as well as for the recording of their passing through established control points. During the generation process each vehicle is awarded with certain parameters and initial conditions which are changing in the course of time. The motion of each vehicle depends on its parameters (average speed, maximum acceleration, and maximum speed) and also from immediate position in relation to other vehicles. Moreover, one has to emphasize that the parameters of vehicles motion depend on the features of longitudinal profile and climate conditions, whereas their immediate position in relation to other vehicles is conditioned by the composition and non-uniform characteristics of flows as regards the generated vehicles as per respective directions. Further elaboration and improvement will be aimed at the creation of non-deterministic model by introducing the fuzzy logic.

Key words: simulation model, two-lane road, roadway & traffic conditions, ambience conditions.

УВОД

Један од начина за постизање оптималног развоја путне мреже у складу са саобраћајном потражњом је и анализа промене основних параметара саобраћајног тока у функцији свеукупних путних, саобраћајних и амбијенталних услова.

Предмет рада је креирање модела микро-симулације кретања возила на путевима са две саобраћајне траке за оба смера. Циљ рада је анализа зависности брзине и густине протока од карактеристика подужног нагиба пута, структуре тока и климатских услова.

Имајући у виду чињеницу да је кретање саобраћајних токова изразито сложен процес, посебно на путевима са само две саобраћајне траке за оба смера, поступак моделирања и модел симулације као његов резултат, представљају ефикасно средство за добијање јасне слике о облику и начину деловања одређених фактора на кретање возила.

Наиме, развијен је једноставан динамички модел који служи за моделирање кретања возила дуж посматране деонице у функцији карактеристика подужног профила пута, структуре тока и амбијенталних услова, као и од њих зависних параметара кретања возила (средње брзине

кретања, максималног убрзања и максималне брзине). Анализирани деонице се моделују као одсеци у низу дужином L_i , $i=1, \dots, n$, са различитим путним и саобраћајним карактеристикама, при чему је укупна дужина симулиране деонице L , $L=L_1+L_2+\dots+L_n$.

Сазнања добијена оваквом анализом су значајна за правилно усмеравање развоја путне мреже преко рационалног димензионисања по мери саобраћаја, као и за успешно оперативно управљање саобраћајним токовима.

Идеја за развијање једног оваквог модела је добијена на основу резултата бројних истраживања у светским размерама, пре свега CARSIM модела [1], као и сличних модела кретања возила у саобраћајним токовима [2].

Кретање возила на деоницама је окарактерисано променом њиховог стања (убрзања, брзине, позиције и одлуке за претицање). Параметри кретања возила зависе како од типа возила, тако и од уздужног профила и временских услова на деоницама на којима се возило налази.

Што се тиче стања модела (стања свих возила), она се могу поделити на случајна и детерминистичка. У случајна стања се могу сврстати одлуке за даље кретање возила и вредности њихових тренутних убрзања, док су брзине и позиције возила детерминистичка стања која зависе од убрзања.

Оваква подела је резултат анализе процеса доношења одлуке од стране возача како у реалним условима да настави кретање свога возила. При томе возач у сваком тренутку може да промени стратегију за даље кретање на основу путних, саобраћајних и амбијенталних услова у комбинацији са његовом концентрацијом, температуром и тренутним расположењем. Због свега тога, овај феномен захтева статистичко моделирање.

У реалним условима возач одређује стратегију за начин кретања његовог возила на основу информација о:

- стању његовог возила,
- стању возила испред и иза њега,
- стању првог возила које му долази у сусрет из супротног смера.

При томе возач тачно познаје стање свога возила, док стања осталих возила процењује. Због тога, у реалним условима, доношење стратегије за даље кретање возила је случајан процес.

На основу донете стратегије, а у оквиру перформанси возила, одвија се начин његовог напредовања на деоници. При томе, избор тренутног

убрзања и/или успорења зависиће и од температуре возача и његових рефlekса. Наиме, убрзање возила је случајна величина, док су брзина и позиција детерминистичке јер се мењају по строго дефинисаним законима који зависе од усвојених убрзања.

СТРУКТУРА МАТЕМАТИЧКОГ МОДЕЛА СИМУЛАЦИЈЕ

У нашем математичком моделу је направљено поједностављење, тако што је избегнута стохастичка природа доношења одлуке за претицање. Наиме, свако возило може да се налази у само једном од четири могућа дозвољена стања стратегије за даље напредовање у моделу.

Уз ту претпоставку развијен је симулациони модел који је описан следећом матричном нелинеарном диференцијалном једначином:

$$\mathbf{x}(t_{j+1}) = \mathbf{G}(\mathbf{x}(t_j), \mathbf{p}(\mathbf{x}(t_j)))$$

где је:

$$t_{j+1} = t_j + \Delta t;$$

Δt – корак симулације,

j - индекс корака симулације,

$\mathbf{x}(t_j)$ - вектор стања,

\mathbf{G} - матрична функција адекватне димензије,

\mathbf{p} - вектор параметара.

Помоћу овог модела описујемо кретање N_1 возила на једној и N_2 возила на другој саобраћајној траци. Имајући у виду да се возила случајно генеришу и напуштају деоницу, број возила у моделу варира у току симулације, а са тим у вези варира и ред модела.

Свако возило у моделу карактеришу четири параметра и четири стања. Параметри i -тог возила у k -тој саобраћајној траци су:

$W_{k,i} \cdot A_{\max}$ - максимално убрзање возила,

$W_{k,i} \cdot V_{\max}$ - максимална брзина кретања,

$W_{k,i} \cdot V_{opt}$ - оптимална брзина кретања,

$W_{k,i} \cdot L$ - дужина возила.

Сви параметри, осим дужине, варирају у зависности од подужног нагиба и климатских услова на деоници пута на коме се налазе.

Што се тренутних стања i -тог возила у k -тој траци тиче, она су:

$W_{k,i} \cdot op(t)$ - одлука за даљи начин кретања,

$W_{k,i} \cdot a(t)$ - убрзање,

$W_{k,i} \cdot v(t)$ - брзина,

$W_{k,i} \cdot x(t)$ - положај.

Због свега овога, вектор стања модела x :

$$x = [W_{1,1}, W_{1,2}, \dots, W_{1,N_1}, W_{2,1}, W_{2,2}, \dots, W_{2,N_2}]^T$$

има димензију $4(N_1+N_2) \times 1$, при чему:

$$W_{k,i} = [W_{k,i} \cdot op, W_{k,i} \cdot a, W_{k,i} \cdot v, W_{k,i} \cdot x]^T$$

представља вектор стања i -тог возила које се креће у k -тој траци, $k=1,2$, $i=1,2,\dots,N_k$.

Такође и вектор параметара модела p има димензију $4(N_1+N_2) \times 1$ и може се представити са:

$$p = [Wp_{1,1}, Wp_{1,2}, \dots, Wp_{1,N_1}, Wp_{2,1}, Wp_{2,2}, \dots, Wp_{2,N_2}]^T$$

при чему је:

$$Wp_{k,i} = [W_{k,i} \cdot V_{opt}, W_{k,i} \cdot A_{max}, W_{k,i} \cdot V_{max}, W_{k,i} \cdot L]^T$$

- вектор параметара i -тог возила на k -тој траци.
 $k=1,2$, $i=1,2,\dots,N_k$.

У моделу је усвојено да одлука за претицање сваког возила у сваком тренутку може да има једно од следећих четири стања:

"0" возило се креће оптималном брзином;

"2" возило се креће у колони истом брзином као и возило које је испред њега;

"1" возило претиче, али још није стигло возило које је испред;

"-1" возило је претекло оно које је било испред и налази се у завршној фази претицања.

Имајући ово у виду, прелазак возила из једног стања претицања у друго, приказан је графом на Сл. 1.

Одлука о томе када и како може доћи до промене стратегије кретања возила у нашем моделу доноси се на основу детерминистичке нелинеарне функције:

$$W_{k,i} \cdot op(t_{r+1}) = f(W_{k,i}(t_r), W_{k,i-1}(t_r), W_{k,i+1}(t_r), W_{k,j}(t_r), p)$$

где је:

$W_{k,i}(t_r)$ - вектор старог стања возила i ,

$W_{k,i-1}(t_r)$ - вектор старог стања возила испред,

$W_{k,i+1}(t_r)$ - вектор старог стања возила иза,

$W_{k,j}(t_r)$ - вектор старог стања првог возила које долази у сусрет крећући се из супротном смера.

Алгоритам функције доношења одлуке о промени начина кретања возила на путу, приказан је на Сл. 2а, Сл. 2б, Сл. 2в, Сл. 2г.

Ако се возило кретало оптималном брзином тако да је његова тренутна одлука за претицање била $OP = W_{k,i}(t) \cdot op = 0$, онда оно може:

1. Да остане у таквом стању кретања:

$$NOP = W_{k,i}(t+dt) \cdot op = 1$$

2. Да почне да претиче возило испред:

$$NOP = W_{k,i}(t+dt) \cdot op = 1,$$

3. Да пређе у стање кретања у колони све док се не створе услови за претицање:

$$NOP = W_{k,i}(t+dt) \cdot op = 2$$

Алгоритам ових промена је приказан на Сл. 2а.

У алгоритму најпре анализирамо услов $d_1 < D_1$,

где је: $d_1 = W_{k,i-1} \cdot x(t) - W_{k,i} \cdot x(t)$

размак између посматраног возила и возила испред, а D_1 је безбедни размак између возила пре предузимања процеса претицања. Ако овај услов није испуњен, онда возило продужава да се креће без промене одлуке за претицање, $NOP=0$.

У случају да је услов $d_1 < D_1$ испуњен, онда возило или почиње да претиче ($NOP=1$), или прелази у стање кретања у колони ($NOP=2$) у зависности од тога да ли су испуњени остали услови за претицање или нису.

Слично, ако је возило почело процес претицања ($OP = W_{k,i} \cdot op(t) = 1$), онда оно може:

1. Да остане у таквом режиму кретања:

$$NOP = W_{k,i} \cdot op(t+dt) = 1$$

2. Да пређе у режим кретања у колони док се не створе услови за претицање:

$$NOP = W_{k,i} \cdot op(t+dt) = 2, \text{ или}$$

3. Да пређе у завршну фазу претицања кад претекне возило испред себе: $NOP = -1$.

(У овом случају долази до промене индекса возила на траци, јер је индекс одраз редоследа возила на траци по којој се креће).

Ако је возило (i) почело процес претицања (Сл. 2б), онда се анализира стање возила испред њега, да ли се оно креће у колони или не. Ако се то возило налази у стању кретања у колони ($W_{k,i-1} \cdot op(t) = 2$), онда ће и нова одлука за претицање возила (i) постати $NOP = 2$, док се у супротном испитује позиција возила (i) у односу на претицано возило ($i-1$). Све док је возило које претиче иза претицаног возила:

$$W_{k,i} \cdot x(t) < W_{k,i-1} \cdot x(t),$$

његова ће нова одлука за претицање бити $NOP = 1$. У тренутку када оно претекне возило испред, онда долази до промене стања његове одлуке за претицање од 1 у -1: $NOP = W_{k,i} \cdot op(t + \Delta t) = -1$.

Ако се возило креће у колони и чека да се створе услови за претицање, онда оно може:

1. Да остане у таквом режиму кретања:

$$NOP = W_{k,i} \cdot op(t + \Delta t) = 2$$

2. Да пређе у режим претицања:

$$NOP = W_{k,i} \cdot op(t + \Delta t) = 1.$$

Алгоритам за ове ситуације приказан је на Сл. 2в. У овом случају нова одлука за претицање зависи од одлуке за претицање возила испред. Све док се оно креће у колони, нова одлука i -тог возила је $NOP=2$.

У случају да се одлука за претицање тог возила промени у 0, анализирају се други услови за претицање и после њиховог испуњења возило може да пређе у стање претицања: $NOP=1$.

Ако је возило у завршној фази претицања ($OP = W_{k,i}.op(t) = -1$), онда оно може да остане у таквом режиму кретања све док се не обезбеди довољан размак потребан да се возило врати у своју траку и продужи кретање оптималном брзином ($NOP = W_{k,i}.op(t+\Delta t) = 0$), или да пређе у стање кретања у колони ($NOP = W_{k,i}.op(t+\Delta t) = 2$), (Сл. 2г).

Након утврђивања нове одлуке за претицање сваког возила: $NOP = W_{k,i}.op(t + \Delta t)$, прелази се на утврђивање новог стања његовог убрзања у зависности од карактеристика пута (подужног нагиба) и временских услова. То се постиже неким нелинеарним законом:

$$W_{k,i}.a(t + \Delta t) = \psi(W_{k,i}.OP(t + \Delta t); W_{k,i}(t), \eta, \vartheta)$$

где је:

$W_{k,i}(t)$ - старо стање возила које садржи дотадашњи начин кретања возила,

η - подужни нагиб на деоници на којој се налази возило,

ϑ - климатски услови на деоници на којој се налази возило.

Промена стања убрзања возила је процес који се веома тешко може реално моделирати због постојања великог броја фактора који утичу на тај процес.

У нашем моделу смо усвојили да тренутно убрзање сваког возила може попримити само две дискретне вредности: $W.A_{max}$ и 0, где је $W.A_{max}$ параметар његовог максималног могућег убрзања који зависи од нагиба и климатских услова деонице на којој се возило налази. Убрзање добија максималну могућу вредност само ако се доноси одлука за претицање. При томе максимално убрзање траје све док се не постигне брзина адекватна за реализацију претицања, тј. за 20 km/h већа од брзине претичаног возила [6], после чега убрзање добија вредност нула.

Код свих осталих промена одлуке за претицање сматра се да је убрзање (успорење) бесконачно велико што омогућава тренутну промену брзине возила ка оптималним брзинама за њихово даље кретање у моделу.

На основу новог убрзања израчунава се нова брзина и позиција сваког од возила применом следећих једначина:

$$W_{k,i}.v(t + \Delta t) = W_{k,i}(i).v(t) + W_{k,i}.a(t + \Delta t).\Delta t$$

$$W_{k,i}.x(t + \Delta t) = W_{k,i}(i).x(t) + 0.5 \cdot W_{k,i}.a(t + \Delta t) \Delta t^2$$

После израчунавања свих нових стања свих возила на обе траке, испитује се која од њих су прешла контролне тачке. За та возила региструју се, у посебним датотекама, моменти и тренутне брзине приликом проласка кроз контролне пресеке, а затим се прелази на замену старих вредности стања новодобијеним вредностима стања свих возила у моделу. Овај се поступак понавља све док се не достигне предвиђено време симулације.

СИМУЛАЦИОНИ ПРОГРАМ

На основу алгоритма представљеног на сликама 2а, 2б, 2в, 2г, креиран је програм за симулацију кретања возила на путу са две саобраћајне траке за оба смера. Осам улазних података програма су: 1) Дужина деонице која се испитује. Деоница се састоји од више одсека са својим дужинама $L_i, i=1,2,\dots,n, L=L_1+L_2+\dots+L_n$, и сваки од њих се карактерише одређеним подужним нагибом и посебним временским условима (суво, киш, снег) за време симулације; 2) Укупно време симулације; 3) Трајање корака симулације; 4) Број контролних тачака на којима се региструје пролазак возила; 5) Дужина временског интервала у коме се посматра промена карактеристика протока возила на деоници у току симулације; 6) Број возила на деоници на почетку симулације (модел пружа могућност да у почетку симулације анализирана деоница буде празна, или да на њој постоји одређени број возила); 7) Параметри за начин генерисања возила у симулационом моделу (проток и структура протока генерисаних возила за сваку траку посебно; 8) Интервали могућих брзина и убрзања генерисаних возила (на основу ових параметара на случајан начин се генеришу стања и параметри генерисаних возила).

После уношења улазних података, најпре се генерише почетно стање модела (возила на деоници на почетку симулације са њиховим параметрима и почетним стањима) и остварују се све потребне припреме за почетак симулације.

Алгоритам симулационог програма је приказан на Сл. 3. Он се састоји од коначног броја симулационих корака у којима се одређује напредовање возила у моделу, реализовано на бази претходно описаног алгоритма. На почетку неки

симулационих интервала генеришу се нова возила, после чега почиње њихово напредовање у моделу.

Само генерисање нових возила (са њиховим почетним стањима и параметрима) обавља се помоћу посебних програмских модула који генеришу случајне бројеве са жељеним расподелама. Тако се за генерисање возила користе случајни бројеви са експоненцијалном расподелом, а за атрибуте њихових параметара и стања користе се случајне вредности са нормалном расподелом у унапред задатим границама. Тачније, након сваког генерисања неког возила, генерише се и моменат појављивања следећег возила. После тога одвија се напредовање возила на деоници, све док не дође моменат када треба да се генерише ново возило.

Након уласка новог возила у модел, процес генерисања момента следећег појављивања новог возила се понавља према алгоритму приказаном на Сл. 3.

Свако генерисање новог возила у некој од трака доводи до динамичког пораста броја возила у тој траци, а истовремено и до повећања реда модела за четири (колико износи и број стања сваког од возила).

Супротно томе, после преласка симулиране деонице од стране неког возила долази до изласка возила из модела и смањења њиховог броја на траци на којој се оно кретало. Овај је процес повезан и са реиндексирањем осталих возила на траци према растућем или опадајућем реду величина њихових тренутних позиција, што омогућава њихово ефикасније програмско праћење у моделу.

После сваког симулационог корака, возила напредују у моделу. Њихови положаји се региструју у датотекама посебно за сваку од трака.

Исто тако, у моделу су предвиђени и контролни пресеци на којима се региструју проласци и брзине кретања возила. Регистроване вредности се меморишу у посебним датотекама које служе за даљу обраду на исти начин као и код реалних снимања саобраћаја на путевима са две саобраћајне траке за оба смера.

ЗАКЉУЧАК

У раду је приказан алгоритам детерминистичког модела за симулацију кретања саобраћајних токова на путевима са две саобраћајне траке за оба смера. На бази изложеног алгоритма направљен је флексибилан симулациони програмски пакет који омогућава широк спектар симулационих сценарија различитих путних и саобраћајних

услова и њиховог утицаја на параметре саобраћајног тока.

Модел омогућава описивање и регистровање напредовања сваког појединачног возила, што се може касније искористити за темељније анализе симулираног тока. Он укључује и увођење контролних тачака на моделу чиме се омогућава његова верификација на бази реалних снимања саобраћаја.

Због своје флексибилности овај се модел може применити за анализу утицаја ефеката на параметре саобраћајног тока, како у случају обављања евентуалних реконструкција на постојећим путним правцима, тако и за припреме студија о изградњи нових путних праваца.

Модел је плод дуготрајног истраживања, синтезе концептуалног и компјутерског модела, чија структура и принцип рада обезбеђује излазне величине које кореспондују са одговарајућим реалним системима.

Даљи рад на моделу биће усмерен ка увођењу fuzzy логике. Могућност примене тзв. premise променљивих - растојање следећа возила, прихватљива дужина за безбедно претицање, разлика у брзинама кретања узастопних возила, као и неких других у зависности од циља симулације, као и дефинисање њихових категорија - представља корак напред ка ефикаснијем моделовању процеса кретања возила.

Литература

- [1] **Benekohal, R.F., Treiterer J.:** *CARSIM: Car-Following model for Simulation of Traffic in Normal and Stop-and-Go Conditions*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, 1988, pp 116-127.
- [2] **Aycin, M., Benekohal R.:** *Comparison of Car-Following Models for Simulation*, Transportation Research Record 1678, Washington, D.C., 1999, pp. 99-112.
- [3] **Маленковска Тодорова М.:** *Прилог изучавању утицаја неравномерности вршних саобраћајних токова по смеровима на практични капацитет деоница путева*, Докторска дисертација, Саобраћајни факултет Београд, 2000.
- [4] **Кузовић Љ.:** *Теорија саобраћајног тока*, ИРО Грађевинска књига, Београд, 1987.
- [5] **Кузовић Љ.:** *Прилог анализи основних параметара саобраћајног тока на двотрачном путу идеалне геометрије при току РА једнаком практичном капацитету пута, у функцији неравномерности тока РА по смеровима*, Пут и саобраћај 1, стр.3-8, Београд, 1999.
- [6] **Мијушковић В.:** *Утицај карактеристика претицања на пројектовање путева*, Докторска дисертација, Београд, 1985.