

Transport engineering and management Transporto inžinerija ir vadyba

KELIŲ TRANSPORTO SRAUTŲ MODELIO TYRIMAS, TAIKANT DISKRE TINŲ TRANSPORTO SRAUTŲ METODĄ

Algimantas DANILEVIČIUS*, Marijonas BOGDEVIČIUS

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

Gauta 2018 m. spalio 10 d.; priimta 2018 m. spalio 24 d.

Santrauka. Transporto priemonių srautams turi įtakos įvairūs veiksniai. Norint nustatyti transporto srautų savybes priklausomai nuo pakitusių sąlygų reikalingi išsamūs tyrimai, grindžiami kuo tikslesniais metodais imituojant įvairių situacijų gatvėse modelius. Straipsnyje nustatoma įtaka transporto srautams dėl pakitusių sąlygų modeliujamos gatvės pabaigoje. Pateikiama transporto srautų pagrindinių parametrų (greičio, eismo intensyvumo ir koncentracijos) dinamika priklausomai nuo šviesoforų signalų perjungimo laiko ir pakitusios transporto srauto koncentracijos paskutiniame modeliujamos gatvės taške. Rezultatams gauti taikomas diskretinis transporto srautų matematinis modelis. Teoriniais tyrimais nustatytos sąlygos, lemiančios neigiamus pokyčius transporto srautų dinamikai modeliujamame kelyje.

Reikšminiai žodžiai: greitis, koncentracija, eismo intensyvumas, diskretinis modelis, transporto srautai, šviesoforas.

Įvadas

Transporto srautų (TS) savybėms miestų gatvėse didelę įtaką turi šviesoforų perjungimo valdomose sankryžose ciklų periodiškumas. Valdymas šviesoforais – tai vienas iš būdų, leidžiančių kontroliuoti TS miestų gatvėse. Siekiant nustatyti tinkamus šviesoforų signalų perjungimo periodus, reikia žinoti esamas eismo sąlygas tiriamame kelyje. Mūsų tyrimai atliekami apibrėžiant kraštinėmis sąlygomis, kurios aprašo įvedamus duomenis į modeliujamą sistemą ir sudaro tam tikras ribojamąsias sąlygas.

Teoriniams TS tyrimams atlikti naudojamas TS hidrodinaminis modelis dažnai naudojamas modeliujant skirtingomis sąlygomis. Hidrodinaminis TS modelis gali būti naudojamas TS stabilumui tirti, kuriam esant transporto priemonės (TP) rečiau stabdomos ir didinamas greitis. Redhu ir Siwach (2018), remdamiesi hidrodinaminio TS modeliu, nagrinėja bemotorių TP ir TS pokyčio numatymo koeficiento įtaką transporto srautų stabilumui. Zhang, Xue, Shi, Guo ir Wei (2018a), modifikavę šį metodą, straipsnyje nagrinėja dviejų juostų vienos krypties eismo gatvės susiaurėjimo į vienos juostos gatvę bei TP keičiančių važiavimo juostą TS įtaką. Zhang, Sun ir Zhao (2018b) hidrodinaminį TS modelį pritaikė TS tirti, kai modeliujamame kelyje yra į srautą įsiliejančios TP iš įvažiavimo gatvės ir išvažiuojančios TP išvažiavimo gatvės. Šis metodas taip pat taikomas modeliuojant TS, kai modeliujamame kelyje

yra šviesoforų (Zhang, Finn, Garoni ir Gier, 2018c). Straipsnyje tiriama šviesoforo signalų perjungimo ciklų trukmės įtaka TS. Tai tik keletas šio metodo taikymo pavyzdžių, įrodančių šio metodo taikymo galimybes.

TS koncentracija išauga ties pirmąja kliūtimi, kai į modeliujamą gatvę imama TS koncentracija viršija 0,2 aut./m reikšmę. Smirnov, Kiselev, Nikitin, Silnikov ir Manenkova (2014) publikacijoje nagrinėja į modeliujamą sistemą įvedamos TS koncentracijos įtaką TS, pasitelkę hidrodinaminį TS modelį. To pasekmė – TS greitis labai sumažėja ir eismas tampa neintensyvus. Minima kliūtis gali būti labai įvairi: gatvės susiaurėjimas, greičio mažinimo karnelis, šviesoforas, eismo įvykis ar kitos kliūtys, kurios vienai ar kitaip priverčia TP judėti lėčiau.

TS eismo intensyvumas taip pat kinta nuo nustatyto maksimalaus greičio ir parametro, nusakančio vėlavimą, kaip teigiama Salcido, Hernandez-Zapata ir Carreon-Sierra (2018) straipsnyje. Rezultatai, gauti taikant „Cellular automata“ modelį, rodo, kad geriausias TS eismo intensyvumas gaunamas pasirinkus didesnę maksimalų greitį, vėlavimo reikšmę, kuo artimesnę 0, ir transporto srauto koncentraciją, kurios reikšmė yra 0,25 aut./m.

TS eismo intensyvumas (Sun, Zang, Zhao, Cheng ir Cao, 2018) taip pat būna geriausias esant 0,25 aut./m po atliktų tyrimų, taikant hidrodinaminį TS modelį. Tačiau, esant tokiai didelei TP koncentracijai kelyje, labai padidėja

*Autorius susirašinėti. El. paštas algimantas.danilevicius@vgtu.lt

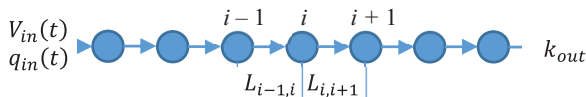
jautrumas pakitusiems TS. Todėl juos skaičiuojant, be vairuotojų reakcijos laiko, naudojamas TS pokyčio numatymo koeficientas, rodantis skirtumo prognozę nuo prognozuojamo optimalaus srauto. Straipsnyje gauti rezultatai rodo, kad geriausias TS stabilumas esant TS 0,25 aut./m koncentracijai yra, kai vairuotojų reakcijos laikas yra 0,5 s ir TS pokyčio numatymo koeficientas 0,6. Didinant šias reikšmes prarandamas TS stabilumas.

Mišrus TS, kurį sudaro visos TP rūšys su skirtingu maksimaliu greičiu ir skirtingu saugiu atstumu tarp transporto priemonių, turi geresnius TS parametrus už vienalytį transporto srautą, kuriame dalyvauja vienodo tipo TP su vienodu greičiu ir saugiu atstumu (Cheng, Ge ir Wang, 2017). Autorių gauti rezultatai, taikant išplėstinį TS makromodelį, rodo, kad mišrus TS pasižymi geresniu stabilumu, TP srautas juda tolygiai, be žymesnių stabdymų ar pagreitimų.

Autoriai dažnai nagrinėja pakitusių TS įtaką modeliuojamų gatvių pradžioje ar pačiame kelyje, bet gatvės pabaigoje pasikeitusios sąlygos taip pat gali turėti įtakos visos gatvės TS elgsenai. Siekiant nustatyti, kaip veikia gatvės gale pasikeitusi TS koncentracija, buvo iškeltas tikslas – nustatyti išėjimo kraštinių sąlygų įtaką TS.

1. Tyrimo metodika

Tyrimu siekiama nustatyti, kaip keičiasi TS rodikliai modeliuojamoje gatvėje pakitus TS koncentracijai modeliuojamos gatvės pabaigoje. Siekiant nustatyti išėjimo kraštinių sąlygų įtaką TS, pirmiausia sudaroma skaičiuojamoji schema (1 paveikslas).



1 paveikslas. Vienos krypties eismo gatvės skaičiuojamoji schema
Figure 1. One-way traffic street calculating scheme

Modeliuojamos vienos krypties eismo gatvė padalyta į atkarpas, kurių kiekvienos ilgis lygus $L = 50$ m. Modeliuojamos gatvės ilgis yra 4,1 km, todėl visas atkarpas jungia 82 taškai i . Aštuoni taškai $i(27, 38, 41, 53, 58, 62, 69, 72)$ modeliuojamame kelyje išsiskiria tuo, kad jais yra pažymėtos vietos, kuriose yra sankryžos reguliuojamos šviesoforais.

Modeliuojamame kelyje visų šviesoforų signalai perjungiami tuo pačiu metu. Tai reiškia, kad tuo pačiu metu visose šviesoforų valdomose sankryžose dega žalias arba raudonas signalas. Išėjimo kraštinių sąlygų įtakai TS nustatyti pasirinkti šviesoforų signalų perjungimo periodai $T = 128$ s ir $T = 148$ s. Šie šviesoforų signalų perjungimo periodai pasirinkti remiantis (Danilevičius ir Bogdevičius, 2017) straipsnyje gautais rezultatais. Rezultatai parodė, kad, esant šioms šviesoforų signalų perjungimo periodams, gaunamos didžiausios TS eismo intensyvumo vidutinės reikšmės modeliuojamame kelyje. Šviesoforų signalų

perjungimo periodas $T = 128$ s susideda iš 4 s geltono šviesoforo signalo, 60 s žalio signalo, 4 s geltono signalo ir 60 s raudono signalo. Atitinkamai šviesoforų signalų perjungimo periodas $T = 148$ s susideda iš 4 s geltono šviesoforo signalo, 70 s žalio signalo, 4 s geltono signalo ir 70 s raudono signalo.

Analizuojant TS dinamiką skirtingomis išėjimo kraštinėmis sąlygomis, pritaikytas diskretinis TS matematinis modelis (1), kuris aprašomas publikacijose (Junevičius ir Bogdevičius, 2009; Bogdevičius ir Junevičius, 2014).

$$\begin{cases} \dot{v}_i \\ \dot{k}_i \end{cases} = \begin{cases} F_{v_i}(v_{i-1}, v_i, v_{i+1}, k_{i-1}, k_i, k_{i+1}) \\ F_{k_i}(v_{i-1}, v_i, v_{i+1}, k_{i-1}, k_i, k_{i+1}) \end{cases}, \quad (1)$$

čia F_{v_i}, F_{k_i} – vektorinių elementų dešinioji lygties pusė; v_i – TS greitis i -tajame taške, m/s; k_i – TS koncentracija i -tajame taške, aut./m.

Į modeliuojamą vienos krypties eismo gatvę TS parametrai įtraukiami kintančiu intensyvumu pagal šio straipsnio autorių sudarytą lygtį (2):

$$q_{in} = q_{in_0} + A_q \sin(w_q t), \quad (2)$$

čia A_q – srauto amplitudė; w_q – kampinis greitis, rad/s.

Parametro q_{in_0} pasirinkta reikšmė 0,5 aut./s, remiantis TS eksperimentiniais matavimais.

Į modeliuojamą vienos krypties eismo gatvę įtraukiamas TS greitis kinta pagal lygtį (3):

$$v_{in} = v_{in_0} + A_v \sin(w_v t), \quad (3)$$

čia A_v – srauto amplitudė; w_v – kampinis greitis, rad/s.

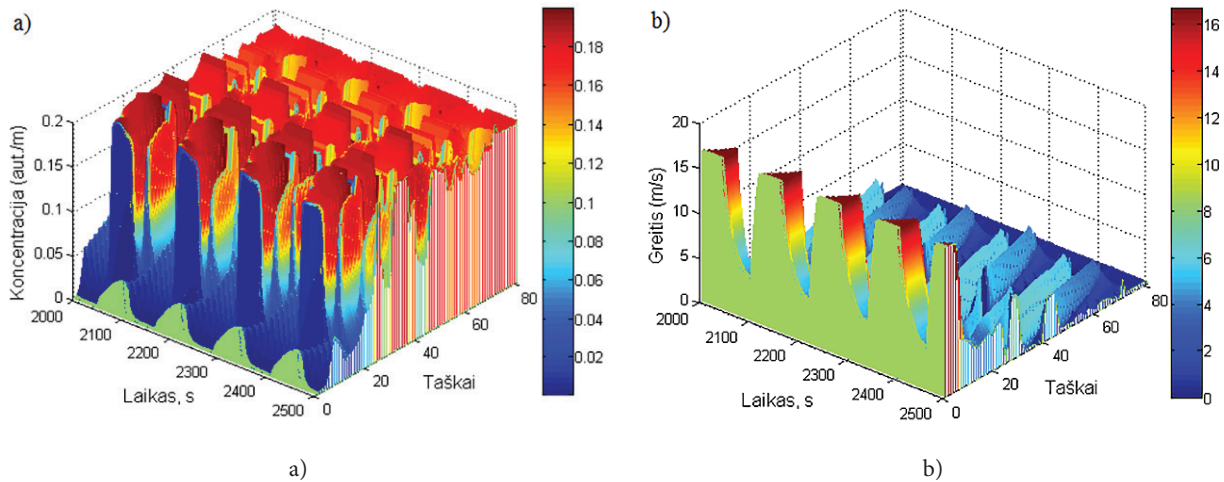
Parametro v_{in_0} pasirinkta reikšmė – 10 m/s.

Rezultatams gauti modeliuojama su pasirinktomis TS koncentracijos reikšmėmis $k_{out} = (0,05; 0,1; 0,15)$ aut./m modeliuojamos gatvės pabaigoje. Galutinis modeliavimo rezultatas atskleidžia, kaip keičiasi TS modeliuojamame kelyje priklausomai nuo sąlygų, imtų modeliuojamos gatvės pabaigoje ir šviesoforų periodiškumo reguliuojamos sankryžose.

2. Rezultatai

Gautų rezultatų grafikuose pateiktas visos gatvės TS koncentracijos (2 paveikslas, a) ir greičio (2 paveikslas, b) kitimas laike esant TS koncentracijai $k_{out} = 0,15$ aut./m modeliuojamos gatvės paskutiniame taške, kai šviesoforų signalų perjungimo periodas $T = 128$ s.

Modeliuojamos gatvės pradžioje, iki pirmojo šviesoforo, TS koncentracijos svyravimai, priklausantys nuo priekyje esančių šviesoforų signalų perjungimo periodo bei į modeliuojamą gatvę įtraukiamų transporto priemonių kitimo pagal pradines sąlygas, yra nedideli ir pačios reikšmės nėra didelės. Todėl TS gali įsibėgėti gatvės pradžioje iki parinkto leidžiamojo greičio. Priartėjus TS prie šviesoforų, priklausomai nuo jų signalų perjungimo periodo, padidėja TS koncentracijos ir greičio kitimo amplitudė laikui einant. Kai tarp šviesoforų yra nedidelis atstumas, kaip tarp 69 ir 72 taškų (150 m), tai tarp jų TS koncentracija išlieka išaugusi, o greičio vertės sumažėja. Esant



2 paveikslas. Gatvės TS koncentracijos (a); greičio kitimas (b) laikui einant esant TS koncentracijai $k_{out} = 0,15$ aut./m modeliuojamos gatvės paskutiniame taške, kai šviesoforų signalų perjungimo periodas $T = 128$ s
 Figure 2. Street traffic flow (a) concentration; b) velocity variation in time when the traffic flow density $k_{out} = 0,15$ veh./m at the last modeling point of the street and the traffic signal change period $T = 128$ s

didesniems atstumams tarp šviesoforų, kaip tarp 41 ir 53 taškų (600 m), koncentracija tampa mažesnė, o greitis padidėja. Gatvės pabaigoje koncentracija išauga ir laikui einant beveik nekinta dėl paskutiniame taške imtos didelės koncentracijos. Todėl čia TS greitis labai mažas.

Grafikuose (3, 4 paveikslai) palygintas TS kitimas laikui einant, esant skirtingoms TS koncentracijoms modeliuojamos gatvės paskutiniame taške. Modeliavimo rezultatai pateikti iš vienos iš reguliuojamų sankryžų, 69-ame taške, kai šviesoforų signalų perjungimo periodai $T = 128$ s ir $T = 148$ s. Ši reguliuojama sankryža pasirinkta, nes ji yra arčiausiai kitų reguliuojamų sankryžų ir joje pastebimas jautrus TS parametrų kitimas dėl keičiamos koncentracijos modeliuojamos gatvės pabaigoje. Grafikuose (3, 4 paveikslai, a) pateikti šviesoforų signalų ciklai. Esant signalui 0, šviesoforas dega raudona šviesa, todėl tuo metu TS eismas yra draudžiamas. Signalui įgavus reikšmę 1, šviesoforas dega žalia šviesa ir TS eismui suteikiama galimybė judėti.

Rezultatai rodo (3, 4 paveikslai, b), kad TS koncentracijos kelyje pokytis tiesiogiai priklauso nuo įjungtų šviesoforų signalų, esant $k_{out} = 0,05$ aut./m ir $k_{out} = 0,1$ aut./m. Įsijungus raudonam šviesoforo signalui, TS koncentracija išauga, o, įsijungus žaliajam šviesoforo signalui, TS koncentracija sumažėja ir išlieka su nedideliais svyravimais. Esant $k_{out} = 0,15$ aut./m, TS koncentracija kelyje stipriai išauga ir akivaizdžiai svyruodama išlieka ir esant įjungtam žaliajam šviesoforo signalui. Kai šviesoforų signalų perjungimo periodas $T = 128$ s, kai $k_{out} = 0,05$ aut./m ir $k_{out} = 0,1$ aut./m, laikiniai kitimo grafikai kartoja vienas kitą (3 paveikslas, b), o, esant šviesoforų signalų perjungimo periodui $T = 148$ s su tokiais TS koncentracijomis modeliuojamos gatvės paskutiniame taške, grafikai kiek skiriasi (4 paveikslas, b). Tai reiškia, kad TS koncentracijos pokyčių iki $k_{out} = 0,1$ aut./m reikšmės modeliuojamos gatvės gale neturi TS įtakos, kai

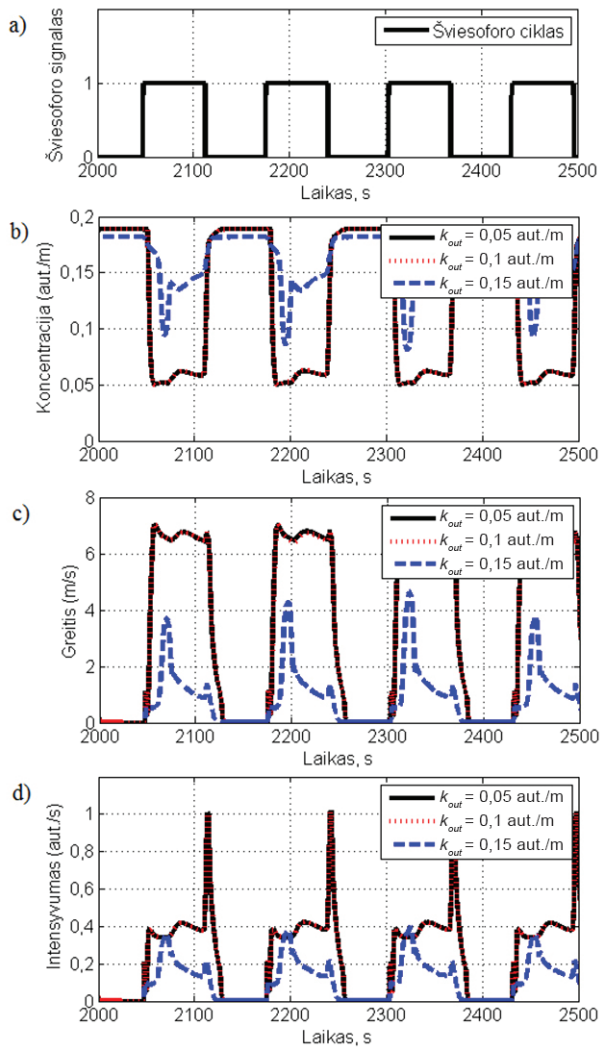
šviesoforų signalų perjungimo periodas lygus $T = 128$ s, o esant $T = 148$ s TS stabilumas mažėja.

TS greičio kitimo laikui einant palyginimo grafikai, esant skirtingoms TS koncentracijoms modeliuojamos gatvės paskutiniame taške (3, 4 paveikslai, c), rodo, jog esant $k_{out} = 0,15$ aut./m TS greitis yra maždaug perpus mažesnis ir su dideliais svyravimais, lyginant su TS, esant $k_{out} = 0,05$ aut./m ir $k_{out} = 0,1$ aut./m. Tokiomis sąlygomis TS greitis tolygiai įsibėgėja ir, pasiekęs beveik 7 m/s greitį, mažai svyruodamas išlieka iki kito raudono šviesoforo signalo įjungimo. TS greitis išlieka stabilus esant TS koncentracijai $k_{out} = 0,1$ aut./m modeliuojamos gatvės paskutiniame taške.

Iš TS eismo intensyvumo kitimo laike palyginimo grafikų (3, 4 paveikslai, d), esant skirtingoms TS koncentracijoms modeliuojamos gatvės paskutiniame grafiko taške, matyti, kad TS, esant $k_{out} = 0,05$ aut./m ir $k_{out} = 0,1$ aut./m, elgiasi labai panašiai, kai šviesoforų signalų perjungimo periodas lygus $T = 128$ s (3 paveikslas, d). O esant $T = 148$ s, TS eismo intensyvumas, priklausomai nuo pakitusios TS koncentracijos modeliuojamos gatvės gale, skiriasi ir yra didžiausias, kai $k_{out} = 0,1$ aut./m (4 paveikslas, d). TS koncentracija paskutiniame modeliuojamos gatvės taške $k_{out} = 0,15$ aut./m TS eismo intensyvumo piką taip pat sumažina daugiau kaip perpus, lyginant su $k_{out} = 0,1$ aut./m, tai neigiamai veikia TS.

Apibendrinus rezultatus, gautus iš TS dinamikos grafikų, galima teigti, kad, esant didesnei TS koncentracijai modeliuojamos gatvės pabaigoje, TS kinta mažiau, bet negali pasiekti maksimalaus leidžiamojo greičio kelyje ir gaunamas mažesnis TS eismo intensyvumas.

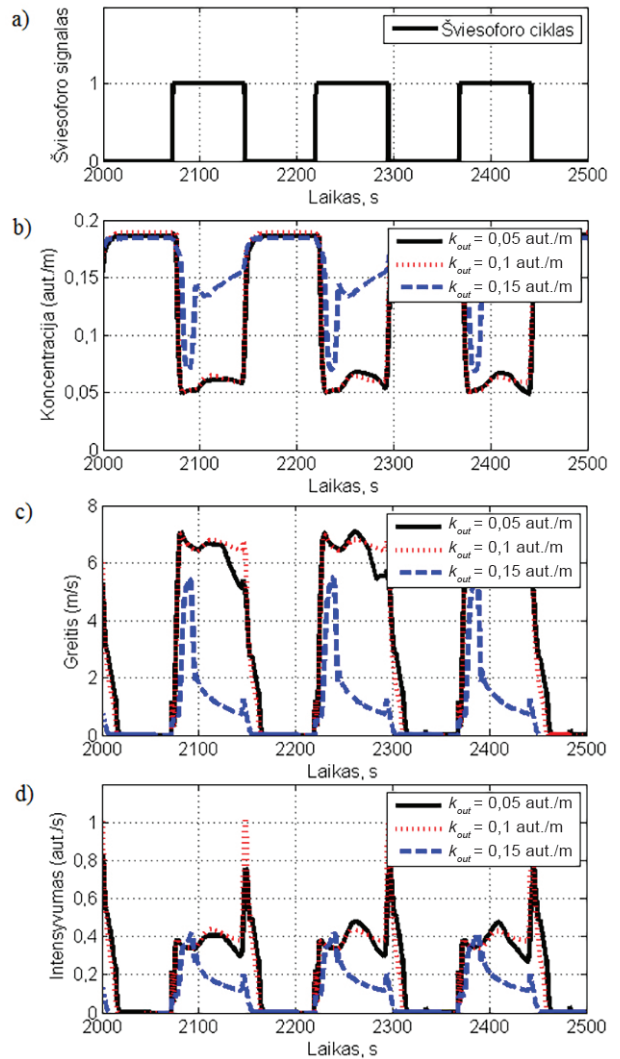
1–3 lentelės rezultatai yra gauti apskaičiuojant vidutinės reikšmės iš visų modeliuojamos gatvės taškų gautų rezultatų. Vidutinės reikšmės gautos atmetus pirmąsias 1000 sekundžių, kad rezultatai atitiktų nusistovėjusius TS rezultatus.



3 paveikslas. TS kitimo laike palyginimo grafikai: a) šviesoforų signalų ciklai; b) koncentracija; c) greitis; d) intensyvumas 69-ame taške esant TS koncentracijoms $k_{out} = (0,05; 0,1; 0,15)$ aut./m modeliuojamos gatvės paskutiniame taške, kai šviesoforų signalų perjungimo periodas 128 s
 Figure 3. Comparison graphs of traffic flow in time: a) traffic signal cycles; b) density; c) velocity; d) flow at the 69th point when the traffic flow density $k_{out} = (0,05; 0,1; 0,15)$ veh./m at the last modeling point of the street and the traffic signal change period $T = 128$ s

1 lentelė. Vidutinės transporto srautų reikšmės esant $k_{out} = 0,05$ aut./m
 Table 1. Average traffic flow values at $k_{out} = 0,05$ veh./m

Periodas, s	Vidutinės reikšmės, kai $k_{out} = 0,05$ aut./m		
	greitis, m/s	intensyvumas, aut./s	koncentracija, aut./m
128	3,3559	0,1543	0,0772
148	3,3367	0,1490	0,0712



4 paveikslas. TS kitimo laike palyginimo grafikai: a) šviesoforų signalų ciklai; b) koncentracija; c) greitis; d) intensyvumas 69-ame taške esant TS koncentracijoms $k_{out} = (0,05; 0,1; 0,15)$ aut./m modeliuojamos gatvės paskutiniame taške, kai šviesoforų signalų perjungimo periodas 148 s
 Figure 4. Comparison graphs of traffic flow in time: a) traffic signal cycles; b) density; c) velocity; d) flow at the 69th point when the traffic flow density $k_{out} = (0,05; 0,1; 0,15)$ veh./m at the last modeling point of the street and the traffic signal change period $T = 148$ s

2 lentelė. Vidutinės transporto srautų reikšmės esant $k_{out} = 0,1$ aut./m
 Table 2. Average traffic flow values at $k_{out} = 0,1$ veh./m

Periodas, s	Vidutinės reikšmės, kai $k_{out} = 0,1$ aut./m		
	greitis, m/s	intensyvumas, aut./s	koncentracija, aut./m
128	3,3470	0,1608	0,0814
148	3,2664	0,1592	0,0795

3 lentelė. Vidutinės transporto srautų reikšmės esant $k_{out} = 0,15$ aut./mTable 3. Average traffic flow values at $k_{out} = 0,15$ veh./m

Periodas, s	Vidutinės reikšmės, kai $k_{out} = 0,15$ aut./m		
	greitis, m/s	intensyvumas, aut./s	koncentracija, aut./m
128	2,1702	0,1380	0,1327
148	2,4215	0,1323	0,1217

Lentelėse pateikti rezultatai rodo, kad TS vidutinis greitis kur kas mažesnis, kai TS koncentracija paskutiniame modeliuojamos gatvės taške yra $k_{out} = 0,15$ aut./m, dėl labai išaugusios vidutinės TS koncentracijos. Dėl to TS eismo intensyvumas taip pat yra labai mažas. Tačiau TS vidutinis eismo intensyvumas, esant $k_{out} = 0,05$ aut./m, nėra maksimalus dėl nepakankamos vidutinės TS koncentracijos kelyje. Iš 1–3 lentelėse pateiktų rezultatų matyti, kad iki koncentracijos modeliuojamos gatvės paskutiniame taške $k_{out} = 0,1$ aut./m reikšmės TS nėra neigiamai veikiami, o, viršijus $k_{out} = 0,1$ aut./m reikšmę, išauga koncentracija visame kelyje, taip turėdama įtakos spūstims susidaryti kelyje.

TS eismo intensyvumas ir greitis turi įtakos triukšmo lygiui. Todėl TS modeliavimo rezultatai gali būti panaudoti nagrinėjant triukšmo lygį.

Išvados

Modeliavimo rezultatai atskleidžia, kaip keičiasi TS modeliuojamame kelyje priklausomai nuo imtų kraštinių sąlygų, kurios apibrėžiamos modeliuojamos gatvės paskutiniame taške TS koncentracijos reikšmėmis $k_{out} = (0,05; 0,1; 0,15)$ aut./m ir šviesoforų signalų perjungimo periodais $T = 128$ s ir $T = 148$ s reguliuojamose sankryžose.

Išėjimo kraštinių sąlygų įtakos TS tyrimas atskleidė, kad didžiausias vidutinis TS eismo intensyvumas yra 0,1608 aut./s, kai jo koncentracija modeliuojamos gatvės paskutiniame taške yra $k_{out} = 0,1$ aut./m ir šviesoforo perjungimo signalų periodas $T = 128$ s.

Rezultatai rodo, kad, esant koncentracijai $k_{out} = 0,15$ aut./m, paskutiniame modeliuojamos gatvės taške, kai koncentracija $k_{out} = 0,1$ aut./m, visos gatvės vidutinis TS eismo intensyvumas sumažėja 20,3 %, vidutinis greitis sumažėja 39,9 %, o vidutinė koncentracija padidėja 53,1 %.

Kai transporto srauto koncentracija $k_{out} = 0,1$ aut./m paskutiniame modeliuojamos gatvės taške ir kai koncentracija $k_{out} = 0,05$ aut./m, visos gatvės TS vidutinis eismo intensyvumas sumažėja 6,8 %, vidutinis greitis padidėja 2,1 %, o vidutinė koncentracija sumažėja 34,7 %.

Literatūra

- Bogdevičius, M. ir Junevičius, R. (2014). Investigation of traffic flow dynamic processes using discrete model. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, 21(4), 15-19. <https://doi.org/10.5604/12314005.1130421>
- Cheng, R., Ge, H., & Wang, J. (2017). An extended macro traffic flow model accounting for multiple optimal velocity func-

- tions with different probabilities. *Physics Letters A*, 381(32), 2608-2620. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2017.06.008>
- Danilevičius, A. ir Bogdevičius, M. (2017). Investigation of traffic light switching period affect for traffic flow dynamic processes using discrete model of traffic flow. *TRANSBALTICA 2017. Transportation science and technology: proceedings of the 10th international scientific conference* (pp. 198-205). Vilnius, Gediminas Technical University, Lithuania. ISSN 1877-7058. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.365>
- Junevičius, R. ir Bogdevičius, M. (2009). Mathematical modeling of network traffic flow. *Transport*, 24(4), 333-338. <https://doi.org/10.3846/1648-4142.2009.24.333-338>
- Redhu, P., & Siwach, V. (2018). An extended lattice model accounting for traffic jerk. *Physica A, Statistical Mechanics and its Applications*, 492, 1473-1480. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.11.074>
- Salcido, A., Hernandez-Zapata, E., & Carreon-Sierra, S. (2018). Exact results of 1D traffic cellular automata: The low-density behavior of the Fukui–Ishibashi model. *Physica A*, 494, 276-287. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.11.162>
- Smirnov, N., Kiselev, A., Nikitin, V., Silnikov, M., & Manenkova, A. (2014). Hydrodynamic traffic flow models and its application to studying traffic control effectiveness. *WSEAS Transactions on Fluid Mechanics*, 9, 178-186.
- Sun, D., Zang, G., Zhao, M., Cheng, S., Cao, J. (2018). Stability analysis of feedforward anticipation optimal flux difference in traffic lattice hydrodynamic theory. *Commun Nonlinear Sci Numer Simulat*, 56, 287-295. <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2017.08.004>
- Zhang, Y., Xue, Y., Shi, Y., Guo, Y., & Wei, F. (2018a). Congested traffic patterns of two-lane lattice hydrodynamic model with partial reduced lane. *Physica A*, 502, 135-147. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.02.049>
- Zhang, G., Sun, D., & Zhao, M. (2018b). Phase transition of a new lattice hydrodynamic model with consideration of on-ramp and off-ramp. *Commun Nonlinear Sci Numer Simulat*, 54, 347-355. <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2017.06.011>
- Zhang, L., Finn, C., Garoni, T. M., & Gier, J. (2018c). Behaviour of traffic on a link with traffic light boundaries. *Physica A*, 503, 116-138. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.02.201>

ROAD TRAFFIC FLOW MODEL INVESTIGATION BY USING DISCRETE TRAFFIC FLOW METHOD

A. Danilevičius, M. Bogdevičius

Abstract

The traffic flows are influenced by various factors. In order to determine the characteristics of traffic flows in response to changing conditions, comprehensive research that is based on the best possible methods for simulating different street situations is necessary. The article determines the influence on transport flows due to changed conditions at the end of the simulated street. It presents the dynamic of the main parameters of the traffic flow (velocity, flow and density) depending on the time of changing traffic signals and the changed traffic flow density at the last simulated street point. The results are based on a discrete, mathematical model of traffic flows. The conditions determined by theoretical investigations determine the negative changes in the dynamics of traffic flows on a simulated street.

Keywords: velocity, density, flow, discrete model, traffic flow, traffic light.