



17-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos

TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,

vykusios 2014 m. gegužės 8 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 17th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'

TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 8 May 2014, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 17-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»

ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 8 мая 2014 г., Вильнюс, Литва

KRITINIO ATSTUMO TARP AUTOMOBILIŲ NUSTATYMO, ATLIEKANT PERSIRIKIAVIMO MANEVRA, MATEMATINIS MODELIS

Laimonas Končius¹, Marijonas Bogdevičius²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ²Marijonas.Bogdevičius@vgtu.lt

Anotacija. Straipsnyje pateikiamas naujas juostos keitimo matematinis modelis. Modelyje įvertinama trijų automobilių sąveika, kai vienas automobilis nori įsirikiuoti į gretimą juostą tarp kitų dviejų automobilių, t. y. saugus stabdymo atstumas tarp jų. Gauti rezultatai pritaikomi srauto modeliavimui pasirinktoje kelio atkarpoje.

Reikšminiai žodžiai: transporto srautas, juostos keitimo modelis, persirikiavimo modelis, sutelktųjų parametru metodas.

Įvadas

Transporto poreikis nuolat auga. Didėjantis transporto priemonių skaičius keliuose, sąlygojantis perpildytus gatvių tinklus, yra vienas pagrindinių socialinių, ekonominių bei ekologinių problemų aspektų besivystančiose šalyse. Problema sprendžiama įvairiais būdais: statomi aplinkkeliai, tiesiamos papildomos kelio juostos, kuriamos intelektualios transporto valdymo sistemos. Dažniausiai dėl lėšų trūkumo, teritorijos užstatymo tankumo ar dėl gamtosaugos veiksnių nėra galimybės padidinti eismo juostų skaičių, todėl priimtinausias problemos sprendimo būdas – esamos kelių sistemos efektyvumo optimizavimas.

Automobilių eismas didelio intensyvumo zonose yra sudėtingas, kadangi vairuotojai vadovaujasi individualia patirtimi ir nuovoka tam kad įveikti šias zonas sąveikaujant su kitais automobiliais. Tai kompleksinis uždavinys, todėl automobilių srautų modeliavimas skatina eismo teorijų kūrimą ir tobulinimą. Kuriant transporto valdymo sistemas atliekama transporto srautų analizė ir ja remiantis modeliuojami prognozuojamų srautų algoritmai. Modeliai transporto srautus aprašo labai skirtingai: naudojami mikroskopiniai ir makroskopiniai transporto srautų modeliai (Junevičius, Bogdevičius 2011).

Tyrimo objektas – transporto srauto pasirinktoje gatvės atkarpoje tyrimas.

Dėmesys skiriamas juostos keitimo/ persirikiavimo (lane-changing/gap acceptance) modeliams.

Problemos aktualumas. Modelis leistų prognozuoti srauto intensyvumo kelio juostose pokyčius.

Tyrimo tikslas – nustatyti kritinius atstumus tarp sraute, vienas paskui kitą važiuojančių automobilių, kai

įvyksta persirikiavimas ir įvertinti tikimybę, kada persirikiavimas gali įvykti. Vairuotojo pasirinktų tinkamų ir atmetų persirikiavimui atstumų tarp automobilių vidurkio ir sklaidos nustatymas.

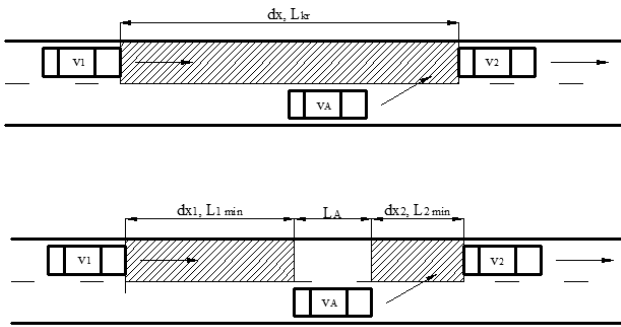
Srautų modelius sutelktųjų parametru metodu moksliniuose darbuose nagrinėjo R. Junevičius (Junevičius, Bogdevičius 2011), J. Jablonskytė (Jablonskytė 2011), H. Farah (Farah *et al.* 2007), C. Tampere (Tampere 2004) ir kiti.

Naujas juostos keitimo matematinis modelis

Modelis kuriamas remiantis Leutzbacho (Leutzbach 1988) sukurtu saugaus atstumo iki kito automobilio modeliu ir stabdymo kelio modeliu. Viena modelio dedamųjų yra funkcija, priklausanti nuo automobilio greičio v ir vairuotojo reakcijos laiko T . Juostos keitimo modelyje taip pat labai svarbi yra greičių skirtumo dedamoji. Eksperimento metu nustatomi eismo juostų i ir j greičiai ir iš duomenų aibės apskaičiuojamas kiekvienos juostos greičio vidurkis. Dedamosios apjungiamos į formulę 1.

$$L_{kr} = L_{1,\min} + L_A + L_{2,\min} \quad (1)$$

čia L_1 – minimalus (kritinis) saugus atstumas nuo paskui gretimose juostose, į kurią norima persirikiuoti, važiuojančio automobilio priekio iki vairuojamo automobilio galo, m; L_A – vairuojamo automobilio ilgis, m; L_2 – minimalus (kritinis) saugus atstumas nuo vairuojamo automobilio priekio iki priešais gretimose juostose, į kurią norima persirikiuoti, važiuojančio automobilio galo, m.



1 pav. Persirikiavimo modelio schema

$$L_{1,min} = \begin{cases} \frac{v_1^2 - v_A^2}{2\mu g} + v_A T + (v_1 T) \left(\frac{v_1 - v_A}{v_1 \cdot v_A} \right), & \text{kai } v_1 \geq v_A, \\ v_1 T, & \text{kai } v_1 < v_A, \end{cases} \quad (2)$$

čia g – laisvojo kritimo pagreitis, m/s^2 , μ – sukibimo koeficientas (1 lentelė), T – vairuotojo reakcijos laikas, s (literatūroje nurodoma reikšmė 0,6... 1,5 s).

Matematiškai aprašoma (4 formulė) trijų sąveikaujančių automobilių greičių nelygybių sistema su kiekvienam atvejui pritaikytais matematiniais modeliais.

$$L_{2,min} = \begin{cases} v_A T, & \text{kai } v_2 \geq v_A, \\ \frac{v_A^2 - v_2^2}{2\mu g} + v_A T + (v_2 T) \left(\frac{v_A - v_2}{v_A \cdot v_2} \right), & \text{kai } v_2 < v_A, \end{cases} \quad (3)$$

Bendroji formulė:

$$L_{kr} = \begin{cases} \frac{v_1^2 - v_2^2}{2\mu g} + 2v_A T + (v_1 T) \left(\frac{v_1 - v_A}{v_1 \cdot v_A} \right) + L_A + (v_2 T) \left(\frac{v_A - v_2}{v_A \cdot v_2} \right), & \text{kai } v_1 \geq v_A > v_2 \\ \frac{v_1^2 - v_A^2}{2\mu g} + 2v_A T + (v_1 T) \left(\frac{v_1 - v_A}{v_1 \cdot v_A} \right) + L_A, & \text{kai } v_1 \geq v_A \geq v_2, \\ v_1 T + L_A + \frac{v_A^2 - v_2^2}{2\mu g} + v_A T + (v_2 T) \left(\frac{v_A - v_2}{v_A \cdot v_2} \right), & \text{kai } v_1 < v_A > v_2, \\ v_1 T + L_A + v_A T, & \text{kai } v_1 < v_A \leq v_2. \end{cases} \quad (4)$$

Sukibimo koeficiento reikšmės atsižvelgiant į dangos būklę, nustatomos iš pirmos lentelės (1 lentelė).

Matematinio modelio rezultatai pavaizduoti grafiškai (2 pav.) X ir y ašyse atidėtos atitinkamai priešais ir paskui gretimoje juostoje ta pačia kryptimi važiuojančių automobilių greičių reikšmės (km/h), z ašyje – apskaičiuotasis kritinis atstumas tarp automobilių (m), parodan-

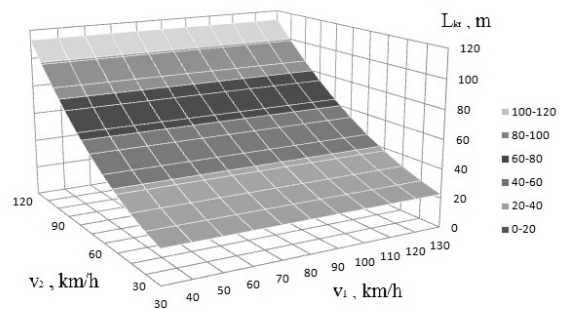
tis reikalingą minimalų (kritinį) atstumą tarp automobilių, norint kad įvyktų persirikiavimas.

1 lentelė. Sukibimo koeficiento reikšmės (H. Sivilevičius)

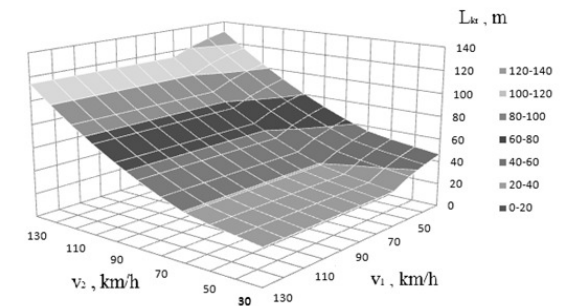
Dangos būklė	Važiavimo sąlygos	Sukibimo koeficientas ϕ , kai važiavimo greitis 60 km/h
Sausa, švari	Labai geros	0,7
Sausa, švari	Normalios	0,5
Šlapia, nešvari	Nepalankios	0,3
Apledėjusi	Labai nepalankios	0,1... 0,2

Iš grafikų matyti, kad jei norinčio įsirikiuoti į gretimą juostą automobilio greitis v_A yra ne didesnis už priešais jį ta pačia kryptimi važiuojančio automobilio greitį v_1 , kritinis atstumas išlieka pastovus ir yra lygus saugiam v_A sustojimo atstumui. Atitinkamai, jei v_A didesnis už paskui jį gretimoje juostoje važiuojantį automobilį, kritinis atstumas taip pat išlieka pastovus (2 pav. a, c). Kitais atvejais (2 pav. b, c) grafikuose matomi lūžiai atsiranda kai v_A yra didesnis už v_1 arba mažesnis už v_2 . Taip yra todėl, kad esant tokiems greičių skirtumams laipsniškai pailgėja stabdymo kelias.

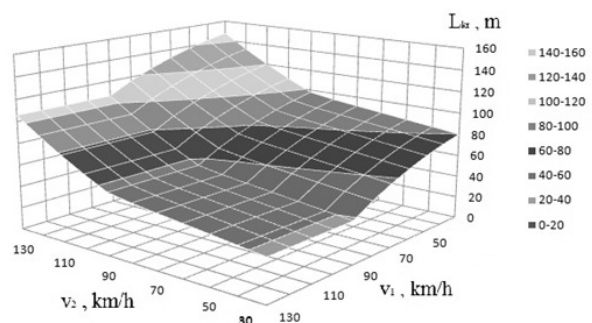
a) $v_A = 30$ km/h

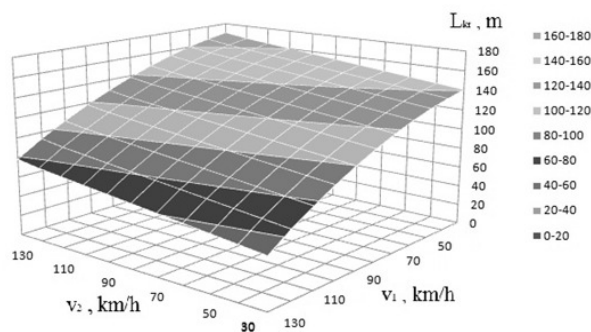


b) $v_A = 60$ km/h



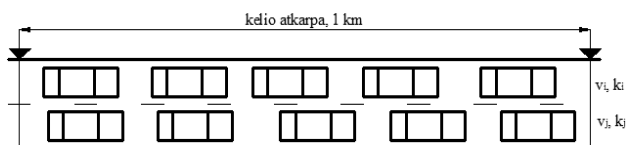
c) $v_A = 90$ km/h



d) $v_A = 130$ km/h

2 pav. Kritinis tarpas (atstumas) gretimoje juostoje L_{kr} tarp automobilių, į kurią norima įsirikiuoti

Apskaičiavus teorinį kritinį atstumą tarp automobilių, galima apskaičiuoti galimybę vienam automobiliui persirikiuoti į gretimą juostą realioje situacijoje naudojant eksperimentinius duomenis pasirinktoje atkarpoje (srauto koncentracija, srauto greitis).



3 pav. Pasirinkta kelio atkarpa ir kintamieji

Turint eksperimentinius duomenis iš srauto koncentracijos pasirinktoje atkarpoje apskaičiuojamas vidutinis atstumas tarp automobilių:

Literatūra

- Chung, K.; Rudjanakanoknada, J.; Cassidy, M. J. 2007. Relation between traffic density and capacity drop at three freeway bottlenecks. *Transportation Research Part B: Methodological*.
- Farah, H.; Polus, A.; Bekhor, S.; Toledo, T. 2007. Study of passing gap acceptance behavior using a driving simulator. *Advances in Transportation Studies an International Journal*. 9 p.
- Hwang, S. Y.; Park, C. H.; Chon., K. S. 2003. A study of gap acceptance at a merging section of Urban freeway. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 4.
- Jablonskytė, J. 2011. Eismo srautų tyrimai ir modeliavimas mikro-makromastelyje. Daktaro disertacija. Kauno technikos universitetas. Kaunas: Technologija. 96 p.
- Jepsen, M. 1998. On the Speed-Flow Relationships in Road Traffic: A Model of Driver Behavior. *Proceedings of the Third International Symposium on Highway Capacity*. Copenhagen, Denmark.
- Junevičius, R. 2011. Transporto srautų modeliavimas sutelktųjų parametrų metodu gatvių tinkle. Daktaro disertacija. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Vilnius: Technika. 126 p.
- Lipnickas, M.; Nagurnas, S. 2012. Vairuotojų psichofiziologinių savybių nustatymo ir vertinimo būdai. *15-oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija „MOKSLAS – LIETUVOS ATEITIS“*.
- Leutzbach, W. 1988. An introduction to the theory of traffic flow, Springer-Verlag, Berlin.
- Tampere, C. 2004. Human-Kinetic Multiclass Traffic Flow Theory and Modeling With Application to Advanced Driver Assistance Systems in Congestion, 333 p.
- Treiterer, J.; Myers, J. A. 1974. The hysteresis phenomenon in traffic flow. *Proceedings of the 6th International Symposium on Transportation and Traffic Theory*.

$$L_T = \frac{L_n - L_A N}{N}, \quad (5)$$

čia L_T – vidutinis atstumas tarp automobilių, m; L_n – pasirinktos kelio atkarpos ilgis, m; N – automobilių skaičius pasirinktoje atkarpoje.

Turint faktinį vidutinį atstumą tarp automobilių apskaičiuojama persirikavimo į gretimą juostą tikimybė vienam automobiliui:

$$P_{j,k} = \frac{L_T - L_{kr}}{L_T} H(L_T - L_{kr}), \quad (6)$$

čia $P_{j,k}$ – tikimybė, kad įvyks persirikavimas; L_T , L_{kr} – atitinkamai faktinis ir teorinis atstumai tarp automobilių, m; $H(L_T - L_{kr})$ – Heavisaido funkcija.

Turint vieno automobilio persirikavimo į norimą gretimą juostą galimybės reikšmę, galima apskaičiuoti kokia srauto dalis pasirinktoje atkarpoje turi galimybę persirikiuoti. Apskaičiuojamas (7 formulė) koks automobilių kiekis pasirinktoje atkarpoje su koncentracija k turi galimybę persirikiuoti į gretimą juostą:

$$N_P = k_{i,j} \cdot P_{j,k}. \quad (7)$$

Išvados

Gauti matematinio modelio kritinio atstumo rezultatai parodo, kad esant tam tikroms greičių reikšmėms ($v_A > v_1$ arba $v_1 > v_A$) kritinis atstumas tarp automobilių ima sparčiai didėti (2 pav.).