

Možnost stabiliziranja prometnega toka s prilagajanjem omejitve hitrosti

Lovrenc Švegl¹, Igor Grabec²

¹ Gimnazija Vič, Tržaška cesta 72, 1000 Ljubljana, Slovenija

² Amanova d.o.o., Tehnološki park 18, 1000 Ljubljana

E-pošta: igor.grabec@amanova.si

Povzetek. Nestabilnost prometnega toka na avtocestah vodi do zgostitev in prometnih zastojev z neprijetnimi posledicami. Zato, da bi se jim izognili, opredelimo optimalni kontrolni zakon za stabiliziranje prometnega toka. Za ta namen opišemo vpliv omejitve hitrosti na stabilni režim prometnega toka z novim osnovnim zakonom prometa, ki je izpeljan na podlagi eksperimentalnih podatkov in znanih lastnosti vožnje na avtocestah. Ustrezna povezava nam pove, kako je treba prilagoditi omejitev hitrosti na avtocesti gostoti prometa, če želimo doseči razmere za stabilen prometni tok.

Ključne besede: prometni tok, osnovni zakon, zastoji, stabiliziranje, omejitev hitrosti

Possibility to stabilize the high-way traffic flow by adjusting speed limits

Instability of the traffic flow on high-ways causes congestions and jams with detrimental consequences. To avoid them we propose a control law to stabilize the high-way traffic flow. The impact of speed limitation on a stable high-way traffic flow is described. The proposal to adopt a new law is based on experimental data and characteristics of driving on high-ways. The law foresees an optimal speed limit adaptation to the traffic density in order to provide conditions for a stable high-way traffic flow.

Keywords: traffic flow, fundamental law, jams, stabilization, speed limit

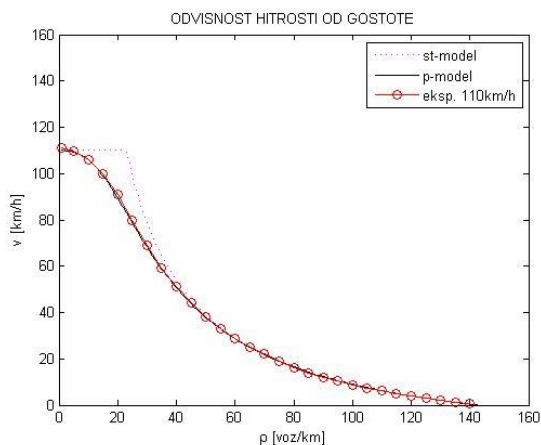
1 UVOD

Nestabilnost prometnega toka na avtocestah povzroča zgostitve v prometu in nastajanje zastojev, ki povzročajo veliko ekonomsko izgubo [1]. Zato je veliko truda usmerjenega v razvoj novih metod za stabiliziranje prometnega toka [1-3]. S tem ciljem v nadaljevanju empirično izpeljemo novo različico osnovnega zakona prometa, ki opisuje vpliv gostote prometa na hitrost in pretok vozil na avtocesti [2-4]. Na podlagi značilnosti ustreznih diagramov nato opišemo nestabilni režim prometnega toka in razložimo možnost za njegovo stabiliziranje. Za ta namen predlagamo optimalno prilagajanje omejitve hitrosti obstoječi gostoti prometa, kar nas vodi do opredelitve pripadajočega kontrolnega zakona. Z njim je opredeljeno, kako je treba prilagajati omejitev hitrosti, če želimo zagotoviti optimalno pretočnost in hkrati s tem stabilen prometni tok.

2 NOVI OSNOVNI ZAKON PROMETA

Z naraščanjem gostote vozil ρ prometni tok Q najprej narašča do neke maksimalne vrednosti Q_{max} , nato pa začne znova upadati. V prvem režimu prostega toka je stanje prometa stabilno, medtem ko je v drugem režimu zgoščenega toka nestabilno [1-3]. Ker je položaj maksimuma odvisen od vrednosti omejitve hitrosti v_o , je mogoče doseči stabilni režim s primerno prilagoditvijo te vrednosti gostoti vozil na cesti. Vrednost v_o je smiselno postaviti tako, da se pri dani gostoti vzpostavi stabilno stanje, ki ustreza maksimalnemu pretoku vozil. Do ustreznega zakona za vodenje pridemo z analizo osnovnih diagramov prometa v nadaljnjem besedilu.

Obstoječa literatura o dinamiki prometa [1-3] vsebuje veliko različic fizikalnega opisa lastnosti prometa in ustreznih diagramov. Najosnovnejša je različica, ki podaja odvisnost povprečne hitrosti vozil v od gostote vozil ρ . Iz izkušenj vemo, da povprečna hitrost v naraščajočo gostoto vozil upada; hkratne meritve obeh spremenljivk pa to potrjujejo tudi kvantitativno. Na sliki 1 so z oznako –o– prikazani eksperimentalni podatki iz reference [3] za dvopasovno avtocesto z dovoljeno hitrostjo 120 km/h, ki zaradi prisotnosti tovornjakov ustreza nazivni omejitvi hitrosti $v_o = 110$ km/h. Na podlagi značilnosti tega grafa so že prej opredelili [3-str.112] prvi osnovni zakon prometa, ki opisuje odvisnost hitrosti od gostote z nastavkom: $v(\rho) = v_o [1 - (\rho/\rho_k)^\alpha]^\beta$. V njem pomeni ρ_k največjo mogočo gostoto in α ter β empirično opredeljiva parametra. Čeprav ta nastavek kar dobro opiše najbolj



Slika 1: Odvisnost hitrosti v od gostote ρ za omejitve hitrosti $v_0 = 110$ km/h. (—o—) eksperimentalni podatki iz reference [3-str. 259], (...) st-model, (---) p-model.

izstopajoče lastnosti prometa, pa takšna opredelitev nastavka ne ponuja ugodne analitične možnosti za vključitev v celotni opis nekaterih znanih lastnosti prometa, ki vodijo do nestabilnosti prometnega toka pri velikih gostotah. Zato je bilo že veliko raziskav usmerjenih v opredelitev osnovnega zakona prometa tudi s pomočjo statistične analize dinamike prometa. Kljub uspehu na tem področju [2,3], pa je takšen pristop precej kompleksen in težko prilagodljiv za naš namen. Zato smo se odločili za srednjo pot ter poskusili priti do opisa prvega osnovnega zakona tako, da upoštevamo, kako vozniki prilagajajo hitrost svojih vozil obstoječemu stanju prometa na avtocesti [2]. Kot osnovo za izpeljavo smo tudi mi uporabili eksperimentalne podatke, o prvem osnovnem zakonu prometa, ki so predstavljeni na sliki 1 z grafom (—o—).

Značilnosti prometa na avtocesti so v glavnem opredeljene z omejitvijo hitrosti v_0 , in primerno hitrostjo: $w = v_0(r - r_k) / t$. V tem izrazu opisuje t reakcijski čas voznika, r pomeni razdaljo med vozili, r_k pa je razdalja, ki je malo večja kot povprečna dolžina vozil in ustreza popolnoma zgoščenemu stanju, kjer se promet ustavi. Ta razdalja je bistveno manjša od razdalje $r_0 = t v_0$, ki jo vozilo opravi v reakcijskem času t pri največji dovoljeni hitrosti v_0 . Hitrost w se imenuje »primerna« zato, ker omogoča vozniku v kritičnih razmerah ustaviti vozilo na območju proste ali varnostne razdalje med vozili $r - r_k$ v intervalu reakcijskega časa t . Razdalja med vozili določa gostoto $\rho = 1/r$, medtem ko r_k določa največjo mogočo gostoto $\rho_k = 1/r_k$ pri kateri promet obstane. Gostota in primerna hitrost sta torej povezani z enačbo $w = (1/\rho - 1/\rho_k) / t$. V prostem toku pri majhni gostoti prometa vozniki v glavnem prilagajajo hitrost mejni vrednosti opredeljeni z omejitvijo hitrosti v_0 , medtem ko pri zgoščenem prometu z zastoji, vozijo približno s primerno hitrostjo w . V skladu s temi lastnostmi lahko grobo opišemo odvisnost hitrosti od gostote z enačbo:

$$v = \min(v_0, (1/\rho - 1/\rho_k) / t) \quad (1)$$

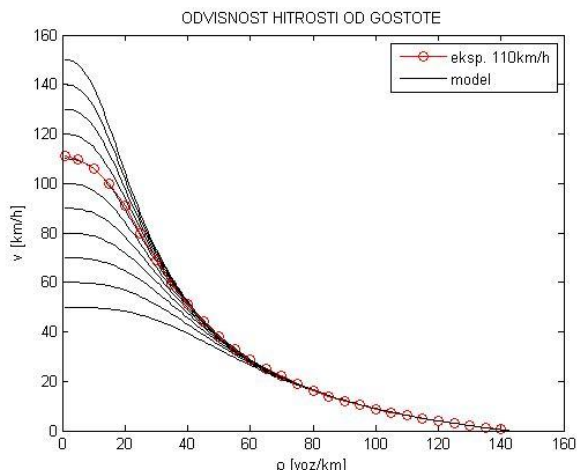
Ta izraz pomeni *stopničasti model* (st), ker je prehod iz ene vrednosti v drugo opisan s stopničasto funkcijo: $\min(v_0, w)$. Pripadajoči graf je prikazan na sliki 1 s točkasto črto (...) ob eksperimentalnih podatkih, ki so predstavljeni s krivuljo (—o—) [3,4].

Stopničasti model kar dobro opisuje nekaj osnovnih lastnosti prometa pri veliki ali pa pri majhni gostoti [2]. Očitno odstopanje pa je opazno pri prehodu iz omejitve hitrosti v_0 v primerno hitrost w , ko je $v_0 = w = (1/\rho_p - 1/\rho_k) / t$. Iz te povezave dobimo izraz za gostoto prehoda $\rho_p = 1/(r_0 + r_k)$. Ker označuje vrednost ρ_p prehod iz prostega toka pri $\rho < \rho_p$ v zgoščenem toku pri $\rho > \rho_p$, je vrednost ρ_p pomemben parameter za obravnavanje problemov, povezanih s stabiliziranjem prometnega toka.

Zato, da bi prilagodili stopničasti model eksperimentalnim podatkom predpostavimo, da se prehod iz ene v drugo omejevalno vrednost hitrosti ne zgodi pri točno določeni vrednosti ρ_p , temveč v intervalu okoli nje. To predpostavko lahko upoštevamo, če vsako omejevalno komponento opišemo s primerno izbrano potenco inverzne vrednosti pripadajoče hitrosti, nato pa oba omejevalna pogoja preprosto seštejemo pri opredelitvi izraza za ustrezno hitrost: $1/v^p = 1/v_0^p + 1/w^p$, ki nas nato vodi do izraza za opis odvisnosti hitrosti od gostote. Tukaj potenca p opisuje kako nenadno opravijo vozniki prehod iz ene omejevalne hitrosti v drugo; čim večji je p , tem ožji je interval prehoda. Vrednost parametra p najpreosteje določimo na podlagi eksperimentalnih podatkov. V ta namen preoblikujemo izraz, ki opisuje omejevalni pogoj v obliko: $v = v_0 (1 + (v_0/w)^p)^{-1/p}$. Iz lastnosti uporabljenih funkcij izhaja, da hitrost v ne presega nobene od omejevalnih komponent v_0, w . Ker je primerna hitrost w odvisna od gostote vozil ρ , je od ρ odvisna tudi hitrost: $v = v(\rho)$. Ustrezna funkcija, ki opisuje tako imenovani *potenčni*, oziroma p-model, je nato opisana z izrazom:

$$v(\rho) = v_0 \left\{ 1 + \left[\frac{r_0}{1/\rho + 1/\rho_k} \right]^p \right\}^{-1/p} \quad (2)$$

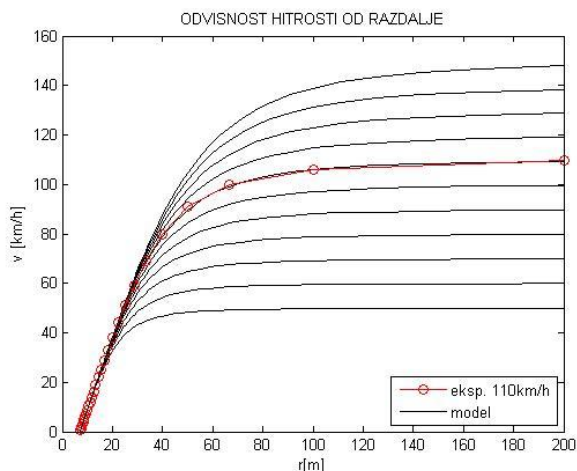
Ta funkcija, ki opisuje prvi osnovni zakon prometa, je podobna prej omenjenemu empirično pridobljenemu nastavku in je navidezno zapletena; vendar je dejansko dokaj preprosta, ker vključuje samo potence in osnovne aritmetične operacije, ki dajejo možnost opredelitve inverzne funkcije in tudi preproste nadaljnje analize značilnosti prometa. Prednost tega modela je, da vključuje zgolj en prilagodljivi ali prosti parameter p , medtem ko so $v_0, r_0 = t v_0$ in $\rho_k = 1/r_k$ objektivno določeni z lastnostmi vozil, voznikov in same ceste. Veliko predhodno objavljenih oblik osnovnih zakonov ne kaže teh ugodnih značilnosti [1-3].



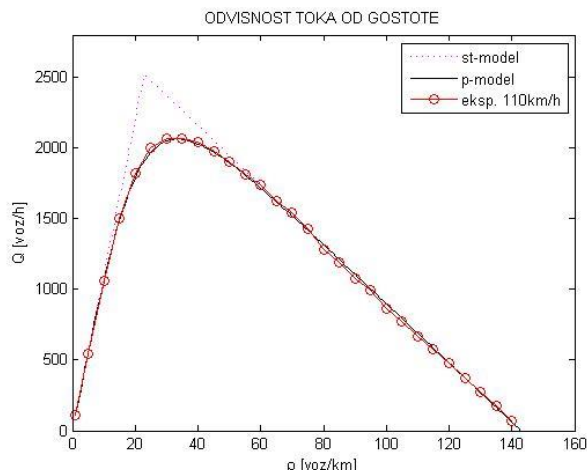
Slika 2: Odvisnost hitrosti v od gostote vozil ρ za omejitev hitrosti $50 \text{ km/h} \leq v_o \leq 150 \text{ km/h}$. (-o-) eksperimentalni podatki iz reference [3], (---) p - model.

Parametre v p-modelu izberemo tako, da ustrežna krivulja sovпада z eksperimentalno pridobljeno, ki je objavljena v vodilni literaturi s tega področja [3] in prikazana s krivuljo (-o-) na sliki 1. Pripadajoče vrednosti parametrov modela so: $r_k = 7 \text{ m}$, $t = 1,2 \text{ s}$ in $p = 2,5$. Diagram, prikazan na Sliki 1 s polno črto kaže, da naš p-model presenetljivo dobro opisuje osnovne značilnosti prometa na avtocesti, oziroma njegov prvi osnovni zakon pridobljen z meritvami.

Za svojo nadaljnjo analizo uporabimo p-model pri različnih vrednostih omejitve hitrosti v_o na intervalu od 50 do 150 km/h z razmikom $dv_o = 10 \text{ km/h}$ in prikažemo ustrezne diagrame na sliki 2. Z enačbo: $\rho = 1/r$ pretvorimo sliko 2 v sliko 3, ki prikazuje povezavo med razdaljo r in hitrostjo v . V prostem toku, ko je razdalja med vozili r velika, je hitrost približno enaka omejitvi hitrosti v_o . Z manjšanjem razdalje med vozili pa se hitrost skoraj linearno zmanjšuje z r , kakor je določeno s primerno hitrostjo $w = (r - r_k)/t$.



Slika 3: Odvisnost hitrosti v od razdalje r za omejitev hitrosti na intervalu $50 \text{ km/h} \leq v_o \leq 150 \text{ km/h}$.



Slika 4: Odvisnost prometnega toka Q od gostote ρ pri omejitvi hitrosti $v_o = 110 \text{ km/h}$. (-o-) eksperimentalni podatki iz reference [3], (...) st-model, (---) p-model.

Če pomnožimo enačbo (2) z gostoto ρ , dobimo *drugi osnovni zakon prometa*, ki opisuje odvisnost prometnega toka Q od gostote ρ :

$$Q(\rho) = v_o \rho \left\{ 1 + \left[\frac{r_o}{1/\rho + 1/\rho_k} \right]^p \right\}^{-1/p} \quad (3)$$

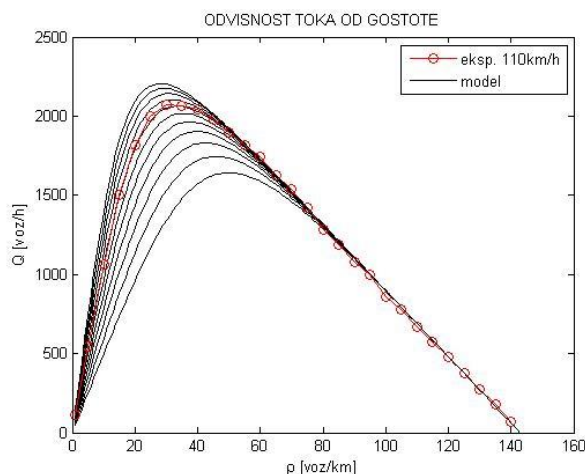
Sliki 1 in 2 se nato spremenita v sliko 4 in 5. Slika 4 kaže tri grafe, ki ustrezajo eksperimentalnim podatkom, st-modelu, in p-modelu. Kakor v prvi verziji zakona tudi v tej, drugi zelo dobro sovpadata diagrama, ki opisujeta eksperimentalne podatke in p-model, medtem ko st-model s svojo *trikotno obliko* nakazuje predvsem osnovne lastnosti naraščanja in upadanja prometnega toka z naraščajočo gostoto vozil [2]. Iz izraza za gostoto prehoda $\rho_p = 1/(r_o + r_k)$ sledi, da nastopi maksimum prometnega toka Q_{max} v st-modelu pri gostoti:

$$\rho_p = \frac{\rho_k}{1 + tv_o \rho_k} \quad (4)$$

Ta enačba kaže da se z manjšanjem vrednosti dovoljene hitrosti v_o večja vrednost gostote ρ_p , oziroma večja širina stabilnega območja prometa. To je pomembna lastnost, ki že nakazuje, kako je treba spreminjati omejitev hitrosti, če želimo zagotoviti stabilne razmere v prometu! Do podobne lastnosti pridemo tudi z analizo p-modela. Iz enačbe 3 dobimo z upoštevanjem pogoja za ekstrem $dQ/d\rho = 0$ naslednji izraz za gostoto, ki ustreza maksimumu toka:

$$\rho_{max} = \frac{\rho_k}{1 + [tv_o \rho_k]^{p/(p+1)}} \quad (5)$$

Ta enačba se do potence $p/(p + 1) \approx 0,7$ v imenovalcu ujema z enačbo 4, kjer ima vrednost 1, zato so tudi zaključki, ki sledijo iz nje podobni, malo se razlikujejo samo vrednosti ocenjene iz obeh enačb.



Slika 5: Odvisnost prometnega toka Q od gostote ρ za omejitev hitrosti $50 \text{ km/h} \leq v_o \leq 150 \text{ km/h}$.

Iz izraza za gostoto, ki ustreza ekstremu, lahko dobimo s pomočjo izraza $Q(\rho) = \rho v(\rho)$ nato še izraz za samo vrednost maksimalnega toka. Iz st-modela dobimo za maksimalni tok izraz: $Q_{max} = (1 - \rho_p / \rho_k) / t$, ki kaže, da optimalna vrednost skoraj linearno pada s širino stabilnega režima. Podobne lastnosti prometa, kakor jih dobimo iz analize st-modela, dobimo tudi z analizo p-modela, ki ga opisuje enačba 3, vendar so pri tem dobljene malo drugačne vrednosti spremenljivk, ki opisujejo ekstrem. Ker je enačba 3 za hitro oceno lastnosti malo preobširna, je vpliv omejitve hitrosti na potek $Q(\rho)$ in položaj maksimumov prikazan z naborom diagramov na sliki 5.

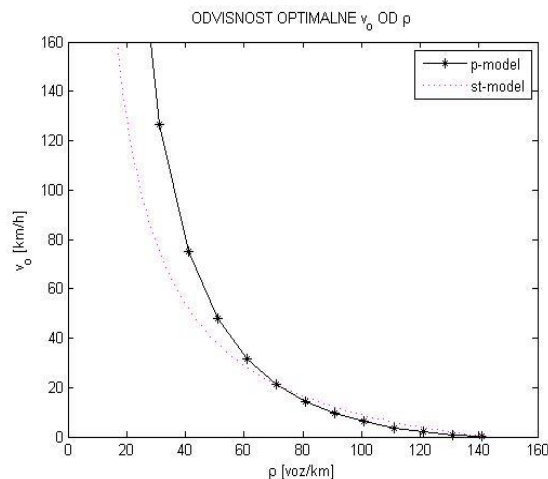
Pri veliki vrednosti v_o nastopi maksimum Q_{max} pri nižji vrednosti gostote ρ_{max} (zgornji diagram) kot pa pri nizki vrednosti v_o (spodnji diagram). To pomeni, da je prometni tok manj stabilen pri visokih vrednostih dovoljene hitrosti v_o kakor pa pri nizkih vrednostih. V skladu s tem moramo zmanjšati vrednost dovoljene hitrosti, če hočemo razširiti območje stabilnosti. Ta navidezno presenetljiv zaključek se nam lahko zdi paradoksalen, vendar izvira iz analize eksperimentalnih podatkov [3]!

4 STABILIZIRANJE PROMETNEGA TOKA

Z namenom, da pridemo do napotka za optimalno prilagajanje omejitve hitrosti obstoječi gostoti prometa ρ , določimo najprej za st-model inverzno funkcijo funkciji, podani v enačbi 4:

$$v_o = (\rho_k / \rho - 1) / (t \rho_k) \quad (6)$$

Ta enačba nam kaže kako moramo vrednost dovoljene hitrosti v_o zmanjševati z naraščajočo gostoto, če želimo doseči pri dani gostoti prometa optimalni pretok. Hitrost pri maksimumu pada z naraščajočo gostoto podobno kakor primerna hitrost w . Isto velja tudi za p-model, le da je funkcija, ki sledi iz enačbe 5, za malenkost drugačna:



Slika 6: Odvisnost omejitve hitrosti v_o od gostote ρ_{max} .

$$v_o = (\rho_k / \rho - 1)^{(p+1)/p} / (t \rho_k) \quad (7)$$

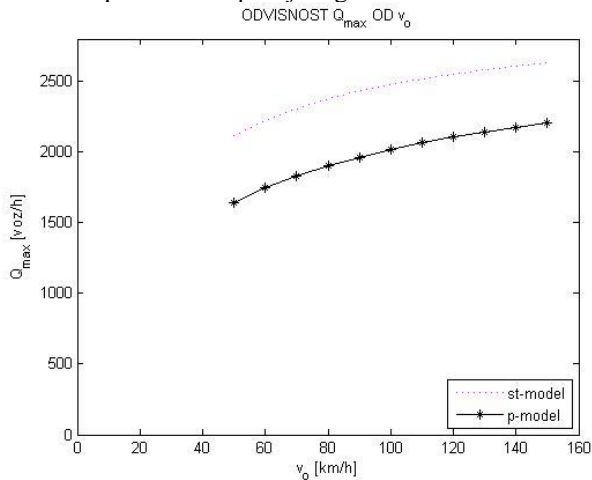
Enačbi 6 in 7 kažeta iskani optimalni zakon za prilagajanje omejitve hitrosti k obstoječi gostoti prometa ρ , ki sledi iz st- oziroma p-modela. Ustrezni funkciji sta prikazani na sliki 6 in kažeta prej omenjeno presenetljivo lastnost izrazitega padanja vrednosti omejitve hitrosti v_o s povečevanjem gostote ρ .

Funkcija, podana v enačbi 7 je uporabna kot osnova za stabiliziranje prometnega toka z optimalnim prilagajanjem omejitve hitrosti gostoti prometa. Za ta namen moramo najprej izmeriti gostoto vozil na cesti in nato njej prilagoditi tisto vrednost omejitve hitrosti, pri kateri prometni tok doseže maksimum. Za stabiliziranje prometnega toka mora biti nato vrednost optimalne omejitve hitrosti posredovana voznikom z opozorilnimi tablamami prometne infrastrukture. Smiselno pa je posredovati voznikom po mobilnih telefonih tudi informacijo o razmerah v samem prometu in kaj bodo s prilagoditvijo spremenjeni vrednosti omejitve hitrosti dosegli. V skladu s podatki, objavljenimi v literaturi, lahko pričakujemo, da bi taka kontrola pripomogla k stabilnosti prometa [1,2]. Učinek lahko pričakujemo v bolj homogenem toku z manj zgostitvami in zastoji, v skladu s tem pa naj bi se skrajšali tudi potovalni časi.

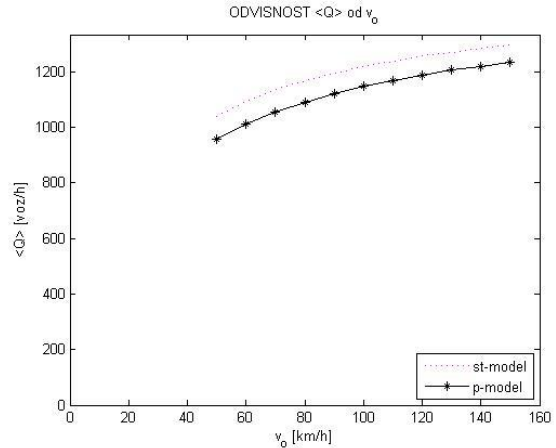
V centrih za nadzor in vodenje prometa se po navadi zanimajo tudi za maksimalno vrednost homogenega toka Q_{max} pri dani omejitvi hitrosti, ki jo imenujemo *kapaciteta ali zmogljivost ceste*. Za ta namen lahko uporabijo diagram na sliki 7, ki prikazuje zmogljivost ceste v odvisnosti od omejitve hitrosti $Q_{max}(v_o)$. Zanimiva je tudi odvisnost maksimalnega toka od dane gostote $Q_{max}(\rho)$, ki je prikazana na sliki 8. Pripadajoča funkcija je za st-model opisana kar s premico: $Q_{max}(\rho) = (1 - \rho / \rho_k) / t$ med začetno in končno točko. Oba podatka sta koristna predvsem pri preusmerjanju prometa ob kritičnih dogodkih na avtocesti.

Za nadzornike prometa je zanimiva tudi odvisnost povprečnega toka $\langle Q \rangle$ od omejitve hitrosti, ker je <

$Q >$ najlažje merljiv in najpogosteje uporabljeni podatek o prometu. Pripadajoči graf kaže slika 9.

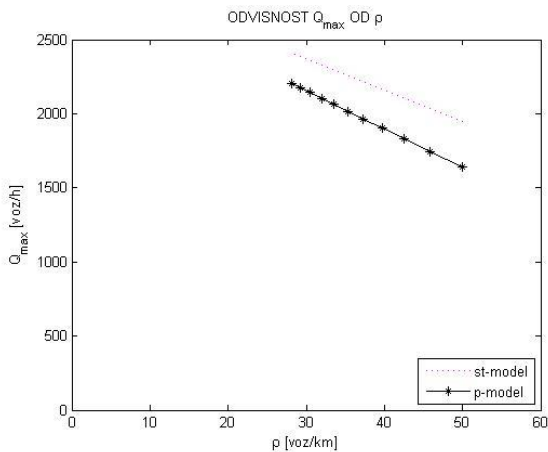


Slika 7: Odvisnost zmogljivosti ceste Q_{max} od omejitve hitrosti v_o .

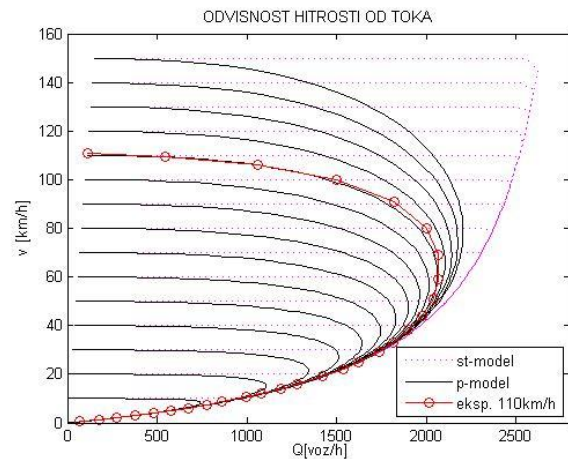


napovedovanja daje možnost dolgoročne napovedi za optimalno omejitev hitrosti, ki je nato lahko iz

Slika 9: Odvisnost $\langle Q \rangle$ od omejitve hitrosti v_o .



Slika 8: Odvisnost zmogljivosti ceste Q_{max} od ustrezne gostote ρ_{max} .



Slika 10. Odvisnost hitrosti v od toka Q za omejitve hitrosti $50\text{km/h} \leq v_o \leq 150\text{ km/h}$.

Graf na sliki 9 je podoben grafu, ki prikazuje zmogljivost ceste na sliki 7, vendar je vrednost povprečnega toka samo približno polovica zmogljivosti. V strokovni literaturi, ki se nanaša na to temo, je pogosto omenjena povezava med hitrostjo in tokom, ki je prikazana na sliki 10. Ta povezava je pomembna, ker nam posreduje dodatne podatke za oceno prehoda iz stabilnega v nestabilni režim na podlagi meritev toka Q [1-3].

Osnovna spremenljivka za stabiliziranje toka je gostota ρ . Po navadi ni izmerjena neposredno, temveč je izračunana iz povprečnega toka $\langle Q \rangle$ in povprečne hitrosti $\langle v \rangle$ z enačbo $\rho = \langle Q \rangle / \langle v \rangle$. Meritve povprečnih vrednosti $\langle Q \rangle$ in $\langle v \rangle$ zahtevajo nekaj časa, zato takšni podatki omogočajo samo kontrolo z določenim časovnim zamikom, kar pa lahko zmanjša učinek same kontrole. Temu problemu se lahko izognemo z napovedovanjem gostote in omejitve hitrosti za kratek časovni interval vnaprej [4,5]. Metoda

kontrolnih centrov prometa po različnih komunikacijskih kanalih posredovana voznikom [6].

5 SKLEP

Naš osnovni zakon prometa, ki je podan z enačbo (2), se zelo dobro ujema z merskimi podatki. Z njegovo analizo pridobimo osnovo za opredelitev stabilnega in optimalnega prometnega režima in tudi podatke za stabiliziranje prometa, ki temelji na prilagajanju omejitve hitrosti v_o obstoječi gostoti prometa ρ .

Predhodno razvita metoda za napovedovanje prometa [5,6] in tukaj izpeljana ocena za optimalno omejitev hitrosti $v_o(\rho)$ [7], dajeta podlago za razvoj novih metod za optimalno kontrolo prometa. Za ta namen mora biti predlagana metoda najprej preverjena in potrjena v razmerah na avtocesti, nato pa mora biti še cestna infrastruktura posodobljena z ustreznimi prometnimi znaki in komunikacijskimi napravami.

ZAHVALE

To delo je dobilo podporo EraSme MOTRAC in COST Akcije TU1102 ARTS.

LITERATURA

- [1] B. S. Kerner, *The Physics of Traffic*, Springer, (Berlin, 2004).
- [2] M. Treiber, A. Kesting, *Verkehrsdynamik und - simulation*, Springer, Berlin, 2010.
- [3] D. Helbing, *Verkehrsdynamik. Neue physikalische Modellierungskonzepte*, Springer, Berlin, 1997.
- [4] I. Grabec, F. Švegl, "Forecasting of traffic jam at a high-way bottleneck". *19th ISEP 2011*, 28. marec 2011, Ljubljana, Slovenija, R10 [1-4].
- [5] I. Grabec, K. Kalcher, F. Švegl, "Modeling and Forecasting of Traffic Flow", *Nonlinear Phenomena in Complex Systems*, Vol. 13(1), 2010, str. 53-63.
- [6] I. Grabec, K. Kalcher, F. Švegl, "Innovation - Graphic user interface for prediction of traffic flow field", *Transport Research Arena – EUROPE 2010*, Brussels, BE, 11. junij 2010, poster na konferenčnem dogodku "Roadidea Final Seminar", <http://www.roadidea.eu/innovations/finalseminar/default.aspx>
- [7] I. Grabec, F. Švegl, "Stabilization of traffic by speed limit variation". *22nd ISEP 2014*, 24. Marec 2014, Ljubljana, Slovenija, R7 [1-4].

Lovrenc Švegl je v letu 2017 končal šolanje na Gimnaziji Vič v Ljubljani in začel študirati inženiring materialov na Naravoslovnotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Poleg tega se v prostem času zanima za spletne dejavnosti, osebne avtomobile in motorje ter možnosti njihove obnove, kakor tudi prilagajanje njihovih lastnosti potrebam voznikov.

Akad. Igor Grabec je zaslužni profesor s Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani. Tam je predaval fiziko in naključne pojave ter ustanovil Laboratorij za sinergetiko. V njem je raziskovalno delal na področjih stohastičnih lastnosti ionizacijskih valov v plazmi, akustične emisije obremenjenih snovi in obdelovalnih procesov v industriji ter prometa. Njegove raziskave so usmerjene na statistično modeliranje učečih se sistemov in njihovo uporabo pri testiranju in kontroli. Objavil je okoli 500 člankov, 17 patentov, štiri knjige s področja fizike, naključnih pojavov in sinergetike ter umetniško knjigo s področja kiparjenja.