

PAMETAN PEŠAČKI PRELAZ – POVRATAK ČOVEKA U FOKUS UPRAVLJANJA

Miroslav Osoba, ElcomBgd, Beograd, miroslav.osoba@elcombgd.rs

Boško Leković, ElcomBgd, Beograd, bosko.lekovic@elcombgd.rs

Rezime: Sistemi optimalnog upravljanja saobraćajnim procesom na gradskoj uličnoj mreži tradicionalno su orijentisani ka motorizovanim kretanjima kao objektu upravljanja, pa je i vrednovanje efikasnosti implementiranog upravljanja zasnovano isključivo na pokazateljima vezanim za parametre efikasnosti opsluge motorizovanih tokova. Sazreva svest o potrebi veće pripadnosti gardova i gradskog prostora čoveku. Pešačko kretanje zavređuje i može da dobije odgovarajuće mesto u sektoru vrednovanja i definiciji optimalnog upravljanja saobraćajem, ali i da uz bezbednosne, funkcionalno unapredi ukupne performanse naprednog upravljačkog sistema zasnovanog na svetlosnoj signalizaciji. Zahvaljujući pouzdanoj i detaljnoj detekciji pojedinačnih pešačkih kretanja u zoni pešačkih prelaza i dinamičkoj kvantifikaciji zahteva za opslugom, omogućeno je usmeravanje više pažnje na funkcionalnu stranu pojave, efikasniju i racionalniju opslugu pešaka i vrednovanje njenog kvaliteta u okviru upravljačkog sistema zasnovanog na svetlosnoj signalizaciji.

Ključne reči: peščki saobraćaj, analiza slike, upravljanje, vrednovanje

1. UVOD

Sistemi optimalnog upravljanja saobraćajnim procesom na gradskoj uličnoj mreži tradicionalno su orijentisani ka motorizovanim kretanjima kao objektu upravljanja. To je opravdano sa gladišta obezbeđenja efikasnosti transportnog zadatka i potrebe minimiziranja višestrukih negativnih posledica koje motorizovani saobraćaj „ispostavlja“ okruženju. Sledstveno tome i tradicionalno vrednovanje efikasnosti upravljanja zasniva se isključivo na pokazateljima vezanim za parametre efikasnosti opsluge motorizovanih tokova. Pešacima u tom kontekstu pripada pozicija neizbežnog činioca ometanja i „potrošača“ ograničenog sistemu raspoloživog vremenskog resursa.

U okviru sazrevanja svesti o potrebi veće pripadnosti gardova i gradskog prostora čoveku, nemotorizovana kretanja svakako zavređuju više pažnje i detaljniji pristup u različitim aspektima urbanog saobraćaja, a pešačko kretanje, kao dominantna nemotorizovana kategorija, može da dobije odgovarajuće, značajnije mesto i u domenu upravljanja saobraćajem pomoću svetlosnih signala.

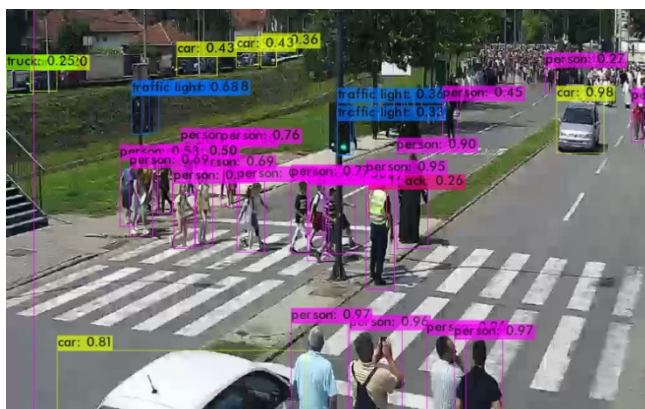
Zahvaljujući korišćenju potencijalana raspoložive detekcione tehnologije i fleksibilnosti savremenih upravljačkih sistema adaptibilnog upravljanja, moguće je pešačkom opsluživanju u okviru sistema optimalnog upravljanja saobraćajem obezbediti nove komponente komfora, efikasnosti i bezbednosti. Uvođenjem komponenata kvaliteta opsluge pešaka u okvire vrednovanja kompleksnih upravljačkih rešenja može biti korak ka pravednijoj raspodeli dobiti na sve korisnike sistema u okviru optimizacije saobraćajnog procesa na gradskoj uličnoj mreži.

2. TEHNOLOŠKI PREDUSLOVI

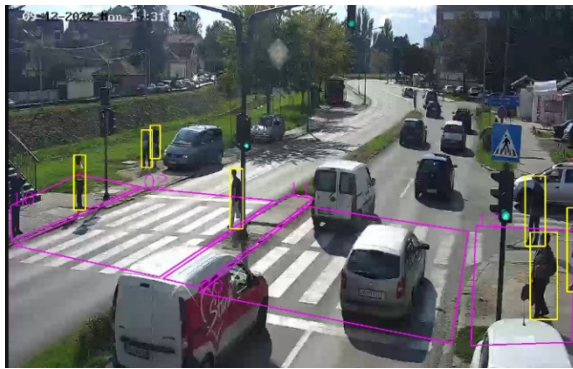
Neophodna komponenta savremenih fleksibilnih upravljačkih sistema u saobraćaju zasnovanih na aktuelnom saobraćajnom zahtevu jeste pouzdana i detaljna detekcija različitih komponenata zahteva. Detektuju se i u optimizacionim procedurama koriste podaci o lokaciji i vremenskim komponentama pojave korisnika u sistemu, kategorija vozila, komponente dinamike njegovog kretanja. U slučaju pešaka, raspoloživost informacije o njihovoj pojavi u okviru sistema situacija je znatno jednostavnija, i svodi se praktično na jednu komponentu – najavu zahteva korisnika za opslugu na semaforizovanom pešačkom prelazu.

Tasteri za najavu pešačkog zahteva su po pravilu jedini izvor informacije o saobraćajnom zahtevu pešaka u okviru kompleksnog upravljačkog sistema. Informacija ima dva ishoda – postojanje ili nepostojanje pešačkog zahteva na mestu svetlosnim signalima kontrolisanog pešačkog prelaza. Upravljačka akcija koja na osnovu informacije sledi jeste obezbeđenje ili eventalan izostanak pešačkog signalnog stanja u narednom ciklusu rada svetlosnih signala. Tasteri sa posebnom najavom slepih i slabovidnih ne obezbeđuju dinamičkoj komponenti upravljanja dodatni impuls, nego samo svetlosnoj komponenti upravljačke informacije za pešake dodaju i odgovarajuću zvučnu informaciju.

Napredni sistem video detekcije i prepoznavanja objekata u realnom svetu omogućuju relativno precizno lociranje i indentifikaciju različitih objekata u referentnom prostoru pokrivenom video nadzorom. Sistem čine fiksna kamera visoke rezolucije i softver za obradu i analizu video zapisa zasnovanom na komponentama veštačke inteligencije, koji sa deklarisanom pouzdanošću doprinosi prepoznavanju i klasifikaciji velikog broja objekata različitih vizuelnih svojstava.



Slika 1: Detaljna analiza slike i prepoznavanje velikog broja različitih objekata



Slika 2: Detekcija pojave pešaka u više funkcionalnih zona referentnog prostora

Sa relativno visokim stepenom poverenja sistem identifikuje pojavu pešaka u vidnom polju kamere, lokacijski ga vezujući za neku od predefinisanih referentnih zona nadziranog prostora (užu ili širu kolovoznu površinu obeleženog pešačkog prelaza, trotoarsku površinu koja je predefinisana kao referentna za pojavu pešaka koji namerava da pređe kolovoz).

Sistem vrši relativno tačno (zavisno od pozicije kamere) utvrđivanje broja pešaka u svakoj od referentnih zona pešačkog prelaza, prateći vremenske komponente njihove pojedinačne pojave i izlaska iz svake od definisanih zona. Inteligentna analiza slike omogućuje prepoznavanje dečje populacije, delimično i starijih lica i lica sa redukovanim psiho-motornim karakteristikama (otežanim kretanjem). Navedene komponente informacije otvaraju mogućnosti različitog vrednovanja saobraćajne situacije, kvaliteta opsluge pešaka, ali i aktivnog uticaja na pojedine komponente upravljanja od neposrednog značaja efikasnost opsluge i bezbednost pešaka.

3. POTENCIJAL UNAPREĐANJA OPSLUGE PEŠAKA

Za potrebe fleksibilnijeg razmatranja predmetne problematike posmatra se samostalan semaforizovani pešački prelaz preko saobraćajnice, van sklopa raskrsnice.

U okviru klasičnog, dominantnog principa regulisanja pešačkog konflikta sa vozilima pomoću svetlosnih signala, vrši se preraspodela efektivno raspoloživog vremena (efektivno “zeleno vreme” ciklusa) na deo namenjen opsluzi motorizovanih tokova i deo namenjen opsluzi njima konfliktnih pešaka. U toj preraspodeli vremena pešacima se po pravilu dodeljuje nekakvo minimalno vreme, kako bi se obezbedila maksimizacija “zelenog vremena” raspoloživog vozilima.

Postoje različiti pogledi na minimalno zeleno vreme potrebno za opsluživanje pešaka na semaforizovanom pešačkom prelazu. Pod pretpostavkom da kapacitet profila pešačkog prelaza u potpunosti zadovoljava potrebu pešačkog toka, dopustivo minimalno zeleno vreme za pešake bi u stvari bilo vreme tokom koga pešaci pred prelazom uočavaju pojavu zelenog signalnog pojma i započinju svoj prelazak preko kolovoza. U dimaničkim uslovima urbanog ambijenta posadnutog raznim atrakcijama koje odvlače pažnju pešaka, razumna mera minimalnog trajanja zelenog vremena dovoljno za iniciranje prelaska preko kolovoza iznosi oko 5 sekundi.

U okviru projektovanja i optimizacije upravljanja saobraćajem na gradskoj uličnoj mreži, dve su tradicionalne skupine kriterijuma koji se vrednuju – efikasnost usluge i bezbednost procesa za sve korisnike. Efikasnost je kriterijum koji može uzimati u obzir brojne i raznorodne parametre usluge, odnosno saobraćajnog procesa (vremenske gubitke, broj zaustavljanja, vreme putovanja, prosečnu brzinu kretanja, kvalitet koordinacije signala). U širem smislu pod efikasnost se mogu podvesti količina potrošenih energenata (goriva) – aspekt energetske efikasnosti, ili količina emitovanih materija (gasova i čvrstih čestica) – činilac ekološke efikasnosti.

U sistemima optimalnog upravljanja saobraćajem (motorizovanim) svako produženje zelenog intervala za pešake narušava efikasnost usluge tokova vozila. Ako ako pešački tok nije takvog intenziteta da dužem trajanju zelenog daje funkcionalni smisao, onda dolazi do uzaludnog trošenja dragocenog vremena sistema koje može biti efikasno korišćeno od strane konkurentnih korisnika.

U upravljačkom sistemu gde se učešće pešaka i njegovo potraživanje za opslugom svodi samo na najavu posredstvom tastera, upravljački sistem nema ikakvu informaciju o karakteru i intenzitetu pešačkog zahteva (tipu korisnika, obimu i dinamici). Jedna pešačka najava sistemu ima istu težinu pri opsluzi jednog pešaka ili njihovog znatno većeg broja. Tako, nasuprot detaljne detekcije saobraćajnog zahteva motorizovanih tokova u realnom vremenu, izostaje slična informacije vezana za pešački zahtev.

Detaljna detekcija pešaka primenom tehnoloških rešenja kojima se pokriva šira referentna površina prilaza pešačkom prelazu i sam prelaz preko kolovoza nosi potencijal efikasnijeg korišćenja vremena u skladu sa realnim funkcionalnim zahtevima pešaka i otvara mogućnost razmatranja više aspekata potencijalno kvalitetnije i bezbednije usluge pešaka:

- Logički posmatrano, nije svejedno da li se pred pešačkim prelazom, u za prelaz referentnom prostoru trotoara nalazi jedan pešak, njih nekoliko ili veća skupina (preko 8 do 10 pešaka). Ova okolnost se može posmatrati sa aspekta potrebnog vremena za komfornu uslugu različitog obima zahteva, pa se trajanje zelenog može za izvesnu meru prilagoditi ovom sistemu poznatom parametru saobraćajnog zahteva – produžiti, ukoliko je u pitanju veći broj korisnika, posebno ako brojniji pešaci konkurišu za istovremenu uslugu u oba smera kretanja. S druge strane, broj pešaka koji zahteva uslugu nije u neposrednoj korelaciji sa signalnim vremenom neophodnim za nju (kao u slučaju vozila). Sam profil pešačkog prelaza predstavlja u kapacitivnom smislu kanal usluge koji istovremeno koristi veći broj pešaka. Kapacitivno kritična situacija može nastati ukoliko je sa obe strane pešačkog prelaza prisutan veći broj pešaka, jer u centralnom prostoru pešačkog prelaza dolazi do povećanog otpora kretanju, usled međusobnog ometanja korisnika koji se kreću u suprotnim smerovima. Ova činjenica navodi na ideju da ima smisla razmatrati mogućnost produženja trajanja zelenog signalnog pojma u momentima kada se na obe strane prelaza registruje brojčani zahtev za opslugom iznad određene kritične mere (kriterijuma). Izvesno je da svi oni ne mogu istovremeno otpočeti sa prelaskom, tako da bi imalo funkcionalnog smisla za izvesnu meru produžiti zeleno stanje.
- Pešačko kretanje prate vremenski gubici nastali tokom čekanja na početak usluge (na pojavu zelenog). Povećanjem broja pešaka pred prelazom, raste i umnogostručuje se i njihovo izgubljeno vreme, koji ima svoju cenu i sistem je na neki način može uzeti

u razmatranje. Čak i ako se ne koristi kao aktivan činilac upravljanja u realnom vremenu (nije deo kriterijumske funkcije), podatak o izgubljenom vremenu pešaka pred prelazom predstavlja kvalitativni pokazatelj primenjenog upravljanja, koji praćenjem u statističkim okvirima može dovesti do značajnih zaključaka i upravljačkih odluka koje bi mogle da ublaže uočene nedostatke.

- Ako bi se raspoloživa informacija o vremenskim gubicima pešaka uvrstila među kriterijume optimalnog upravljanja, to bi moglo da rezultira uvođenjem njenog uticaja na formulaciju ili na korišćenje frame intervala signalnog plana već formulisanih prema potrebama vozila. Ranija ekspozicija zelenog smanjuje vremenske gubitke detektovanih pešaka. Produžavanje zelenog intervala do maksimalnog projektovanog trajanja (ako je inicirano detektovanim zahtevom većeg broja pešaka) omogućuje efikasnu opslugu većeg broja korisnika, uz znatnije smanjenje njihovih vremenskih gubitaka. Raniji završetak zelenog intervala u slučaju odsustva detekcije pešaka, povećava raspoloživo vreme opsluge konfliktnih vozila.
- U okviru adaptibilnog upravljanja saobraćajem pešačke signalne grupe imaju svoj težinski faktor sa kojim ulaze u kalkulaciju koja rezultira optimalnim upravljanjem. Pitanje je na koji način se različite realizacije pešačkog saobraćajnog zahteva mogu prepoznati i aktivno uvrstiti među parametre optimizacije rada signala. Taster za najavu pešaka sa resursom za najavu slepih i slabovidnih lica već predstavlja izvesno "strukturiranje" najave i daje mogućnost različitog tretmana dveju kategorija najave. Tako težinski faktor najave na resursu namenjenom slepim i slabovidnim licima može biti za odgovarajuću meru uvećan, što im u signalnom planu potencijalno obezbeđuje bolji tretman. Budući da detaljna video detekcija pešaka obezbeđuje niz dodatnih informacija o karakteru pešačkog zahteva, potrebno je pronaći način da ove informacije operativno doprinesu kvalitetu opsluge pešaka. Video detekcija obezbeđuje dodatne "virtuelne" detektore (a) "većeg broja pešaka", (b) "vrlo velikog broja pešaka", (3) "prisustva dečije populacije ili lica sa usporenom motorikom kretanja", (4) "lica u invalidskim kolicima" i slično. Detekcija svake od navedenih kategorija predstavlja "okidač" za virtuelni detektor pešaka koji obezbeđuje komponente opsluge primerene prirodi detektovanog zahteva.
- Ako se tokom čekanja na opslugu pešaka u jednom momentu video sistemom detektuje brojnije prisustvo pešaka (recimo njih više od 10, ili više od 20 kumulativno na obe strane prelaza), to može biti "okidač" za aktiviranje virtuelnog tastera koji u optimizacionu proceduru uvodi veći težinski faktor za konkretnu pešačku signalnu grupu, i, ukoliko za to postoje okolnosti, može rezultirati ranijim opsluživanjem pešaka u okviru signalnog plana i/ ili donekle uvećanim trajanjem zelenog signalnog pojma za pešake. Naravno, za to je preduslov da se ne narušava koordinacioni "prozor" namenjen vozilima i da detektovani intenzitet konfliktnog motorizovanog toka to dozvoljava.
- Bilo bi poželjno da detekcija pešačke populacije čija se dinamika kretanja razlikuje od prosečne (dece, starih lica ili lica sa redukovanim motoričkim performansama) može u tekućem signalnom planu rezultovati realizacijom nešto većeg zaštitnog vremena po isteku zelenog signalnog pojma. To bi značilo da se detekcijom pešaka koji pripada "kritičnoj" populaciji aktivira virtuelni taster koji potražuje opslugu sa alternativnim, dužim zaštitnim vremenom. Ovo se može praktično realizovati aktiviranjem u signalnom

planu posebnog alternativnog signalnog stanja koje u svojim okvirima opslužuje “sporije” pešake, a koje je u matrici zaštite obezbeđeno posebno proračunatim, uvećanim zaštitnim vremenom pre startovanja konfliktnog motorizovanog toka.

- Značajan je bezbednosni aspekt detekcije prisustva pešaka ka kolovozu. Ako detekcija upravljačkom sistemu obezbedi informaciju o prisustvu pešaka u centralnoj zoni kolovoza neposredno pred završetak zaštitnog vremena, to daje mogućnost izvesnog produžetka zaštite, kako bi se “zakasnelom” pešaku obezbedila dodatna zaštita – odlaganjem trenutka mogućeg konflikta sa vozilima.

Nesporna je primena detaljne detekcije pešaka u okvirima ITS aplikacija kojima se unapređuje bezbednost i funkcionalnost na nesignalisanim pešačkim prelazima. U tim situacijama pešaci već imaju obezbeđen apsolutni prioritet na površini obeleženog pešačkog prelaza, pa im se on formalno ne “obezbeđuje”. Ono što je funkcionalno važno jeste da se vozači dodatno upozore na tu činjenicu, i to argumentovano, na osnovu stvarno prisutnih pešaka u referentnoj zoni prelaza.

4. UMESTO ZAKLJUČKA

Zahvaljujući pouzdanoj i detaljnoj detekciji pojedinačnih pešačkih kretanja u zoni pešačkih prelaza i dinamičkoj kvantifikaciji zahteva za opslugom, omogućeno je usmeravanje više pažnje na funkcionalnu stranu pojave, efikasniju i racionalniju opslugu pešaka i vrednovanje njenog kvaliteta u okviru upravljačkog sistema zasnovanog na svetlosnoj signalizaciji.

Otvaranje novih mogućnosti u pristupu pešačkom opsluživanju zahvaljujući detaljnijoj detekciji pešaka u referentnoj zoni pešačkog prelaza. Prepoznavanjem broja i tipa pešaka, može rezultirati korišćenjem različitih težinskih faktora za pojedine od slučajeva, pa time i odgovarajućeg preoblikovanja optimalnih upravljačkih rešenja. Želimo da ovu temu otvorimo, jer na njoj ćemo u narednom period još raditi, pa da tržište ali i istraživačka populacija budu “pripremljeni”.

LITERATURA

[1] Gavric, S., Sarazhinsky, D., Stevanovic, A. and Dobrota, N. (2022), Development and Evaluation of Non-Traditional Pedestrian Timing Treatments for Coordinated Signalized Intersections, Transportation Research Record, p. 1-15

[2] Chowdhury, S-E-S., Stevanovic, A., and Mitrovic, N., (2019), Estimating Pedestrian Impact on Coordination of Urban Corridors, Transportation Research Record, p. 1-16

SUMMARY

SMART PEDESTRIAN CROSSING - THE MAN IN THE FOCUS

Abstract: The systems of optimal traffic process management at the city street network are traditionally oriented towards motorized movements as an object of management, and evaluation of the efficiency of the implemented management is based exclusively on indicators related to the parameters of motorized flows servicing. Pedestrian movement deserves and can get a proper place in the evaluation sector and the definition of optimal traffic management thanks to the detailed detection of individual pedestrian movements in the zone of pedestrian crossings based on large potential of the artificial intelligence in the domain of image analysis and shape recognition.

Keywords: pedestrian traffic, image analysis, management, evaluation