

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Prometna smer

Kandidat:

Martin Starič

Koncipiranje video detekcijskega sistema pri nadzoru in vodenju prometa na cestah

Diplomska naloga št.: 2955

Mentor:

izr. prof. dr. Tomaž Kastelic

Somentor:

asist. mag. Robert Rijavec

Ljubljana, 4. 6. 2007

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani MARTIN STARIČ izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»KONCIPIRANJE VIDEO DETEKCIJSKEGA SISTEMA PRI NADZORU PROMETA NA
CESTAH«.

Izjavljam, da se prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 25.05.2007

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK:** 656.1.05(043.2)
- Avtor:** Martin STARIČ
- Mentor:** prof. dr. Tomaž KASTELIC
- Somentor:** mag. Robert Rijavec
- Naslov:** Koncipiranje video detekcijskega sistema pri nadzoru in vodenju prometa na cestah
- Obseg in oprema:** 105 str., 5 pregl., 56 sl..
- Ključne besede:** video detekcija, promet, nadzor, vodenje, detekcija prometa

Izveček

Diplomska naloga obravnava detekcijo prometa s pomočjo virtualne detekcije s pomočjo video signala. Naloga predstavi vse osnovne gradnike sistema video detekcije in njihovo vključitev v video detekcijske sisteme. Video detekcijski sistemi kot detektorji prometa so analizirani in predstavljene so njihove zmožnosti in omejitve detektiranja znotraj sistemov za nadzor in vodenje prometa. Izpostavljena je postavitve virtualnih detektorjev njihove lastnosti ter načini uporabe skupaj z interpretacijo izhodnih podatkov s posameznega detektorja.

V zadnjem poglavju so predstavljeni primeri uporabe video detekcijskih sistemov v sistemih za nadzor in vodenje prometa. Prikazana je njihova uporabnost ter omejitve uporabe in postavitve takih sistemov, pridobljene na podlagi izkušenj pri uvajanju video detekcijskih sistemov kot podsistemov v sistemih za nadzor in vodenje prometa.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

- UDC:** 656.1.05(043.2)
- Author:** Martin STARIČ
- Supervisor:** prof. Dr. Tomaž KASTELIC
- Co-advisor:** mag. Robert Rijavec
- Title:** Concept design of video detection system in road traffic management system.
- Notes:** 105 p., 5 tab., 56 fig..
- Key words:** Video detection, traffic management system, traffic detection

Abstract

The presented work is dealing with virtual detection on video image analysis. The thesis presents all major parts and of video detection and their correlation within video detection systems. Video detection systems as traffic detectors are analyzed and their capabilities and limitations within traffic management systems are presented. The emphasis of this thesis is on virtual detector layout, its properties and on their role as a subsystem in a traffic management system.

The last chapter presents examples of video detection system usage within a traffic management system. There is a special outline on video detection systems role and limitations when installed, acquired on experience with installment of video detection systems in traffic management systems in Slovenia.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	VIDEO DETEKCIJSKI SISTEMI	2
2.1	Detekcija na podlagi video slike	3
2.1.1	Kamera – kot vir video signala	3
2.1.1.1	<i>Strojna oprema kamere</i>	4
2.1.1.1.1	Sprejemni senzor CCD	4
2.1.1.1.2	Barvni filtri	5
2.1.1.1.3	Objektiv	5
2.1.1.1.4	Zaslonka	6
2.1.1.2	<i>Lastnosti kamere</i>	6
2.1.1.2.1	Signal/šum	6
2.1.1.2.2	Ločljivost	7
2.1.1.2.3	Avtomatska kontrola osvetlitve	7
2.1.2	Procesorska enota CPU (Central Processing Unit)	8
2.1.2.1	Osnovno delovanje algoritma	8
2.2	Uporaba video detekcijskih sistemov	9
2.2.1	Video detekcija na odprti cesti	10
2.2.1.1	<i>Osnovne količine prometnega toka</i>	11
2.2.1.2	<i>Izredni dogodki na odprti trasi</i>	13
2.2.2	Video detekcija na mestnih cestah	13
2.2.2.1	<i>Uporaba video detekcije v semaforiziranih križiščih</i>	14

2.2.2.1.1	Vrste semaforiziranih križišč in uporaba video detekcije	14
2.2.2.1.1.1	Časovno odvisno vodenje križišča	14
2.2.2.1.1.2	Prometno odvisna mreža semaforiziranih križišč	15
2.2.2.1.1.3	Prometno odvisno vodenje semaforiziranega križišča	18
2.2.2.2	<i>Uporaba video detekcije na ostalih elementih mestne cestne mreže</i>	20
2.3	Vrste video detekcijskih sistemov	22
2.3.1	Kamera in procesor v istem ohišju	22
2.3.1.1	<i>Kamera s procesorjem</i>	22
2.3.1.2	<i>Komunikacijska vmesna plošča</i>	23
2.3.1.3	<i>Komunikacijski kabel</i>	25
2.3.2	Kamera in procesor ločeno	26
2.3.2.1	<i>Video procesna enota v »Rack« izvedbi</i>	26
2.3.2.2	<i>Osnovne povezave</i>	28
3	POSTAVITEV VIDEO DETEKCIJSKEGA SISTEMA	32
3.1	Namestitev vira video signala (kamere)	32
3.1.1	Pozicija kamere	33
3.1.2	Vidno polje kamere	34
3.2	Podatkovne povezave	35
3.2.1	Kamera in procesor v istem ohišju	36
3.2.1.1	<i>Podatkovni prenos</i>	36
3.2.1.2	<i>Prenos slike</i>	37
3.2.2	Kamera in procesor ločeno	37
3.2.2.1	<i>Podatkovni prenos</i>	38

3.2.2.2	<i>Prenos slike</i>	39
3.3	Osnovne nastavitve detekcijske enote	40
3.4	Postavitev virtualnih detektorjev	41
3.4.1	Vrste virtualnih detektorjev	41
3.4.1.1	<i>Avtomatski števec</i>	42
3.4.1.2	<i>Detektor prisotnosti vozil</i>	44
3.4.1.3	<i>Detektor hitrosti vozil</i>	47
3.4.1.4	<i>Tunelski linijski detektor (TLD)</i>	51
3.4.1.5	<i>Zunanji linijski detektor (OLD)</i>	55
3.4.1.6	<i>Detektor kontrasta</i>	60
3.4.1.7	<i>Funkcijski detektor</i>	62
3.4.1.8	<i>Detektorska postaja</i>	66
3.4.1.9	<i>Detektor dogodkov</i>	68
3.4.1.10	<i>Alarm hitrosti</i>	70
3.4.1.11	<i>Naslovni detektor</i>	71
3.4.2	Izdelava detektorske slike	73
3.4.2.1	<i>Priprava detektorskega polja</i>	73
3.4.2.2	<i>Nadzor nad prometnim pasom na odprti cesti</i>	74
3.4.2.2.1	Detekcija osnovnih parametrov prometnega toka	75
3.4.2.2.2	Detekcija izrednih dogodkov	77
3.4.2.3	<i>Nadzor nad prometnim pasom na mestni cesti</i>	78
4	ŠTUDIJSKI PRIMERI	80
4.1	Video detekcijski sistemi na avtocestah	80

4.1.1	Video detekcija kot del SNVP	81
<i>4.1.1.1</i>	<i>Struktura sistema</i>	81
<i>4.1.1.2</i>	<i>Detektorske slike</i>	84
4.1.1.2.1	Detekcija osnovnih parametrov prometnega toka	86
4.1.1.2.2	Detekcija izrednih dogodkov	86
<i>4.1.1.3</i>	<i>Razvoj detektorske slike</i>	87
4.1.1.3.1	Umerjanje detekcije nasprotne vožnje	90
4.1.1.3.2	Umerjanje štetja	92
4.1.2	Detekcija kolone ob rekonstrukciji predorov	94
<i>4.1.2.1</i>	<i>Struktura sistema</i>	95
<i>4.1.2.2</i>	<i>Detektorske slike</i>	98
4.1.3	Detekcija kolone v križišču	101
<i>4.1.3.1</i>	<i>Struktura sistema</i>	102
<i>4.1.3.2</i>	<i>Detektorska slika</i>	102
5	ZAKLJUČEK	104
VIRI		105

KAZALO SLIK

Slika 1:	Algoritem delovanja algoritma odštevanja ozadja	<i>Stran 9</i>
Slika 2:	Prikaz različnih definicij razmikov med vozili	<i>Stran 13</i>
Slika 3:	Prikaz mreže strateških detektorjev na mestni cestni mreži	<i>Stran 16</i>
Slika 4:	Enostaven način določanja programa na podlagi podatkov z dveh strateških detektorjev. Izbran program je minimum funkcije $D_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2}$, kjer je $i \in [0,5]$	<i>Stran 17</i>
Slika 5:	Osnovni algoritem izbire signalnega programa na podlagi podatkov s strateških detektorjev	<i>Stran 18</i>
Slika 6:	Najavni detektorji v prometno odvisnem semaforiziranem križišču	<i>Stran 19</i>
Slika 7:	Autoscope Solo Pro® enota kamera in procesor v ohišju	<i>Stran 22</i>
Slika 8:	Autoscope SoloPro® kamera z MVP procesorjem	<i>Stran 23</i>
Slika 9:	CIP s svojimi povezavami	<i>Stran 24</i>
Slika 10:	MVP v tračniški izvedbi (Autoscope Rack Vision)	<i>Stran 27</i>
Slika 11:	Led indikatorji na sprednji plošči tračniške izvedbe	<i>Stran 28</i>
Slika 12:	Shema zadnje plošče tračniške izvedbe	<i>Stran 30</i>
Slika 13:	Primer video detekcije na avtocesti	<i>Stran 33</i>
Slika 14:	Minimalna višina namestitve vira video signala (kamere)	<i>Stran 35</i>
Slika 15:	Podatkovna pot pri Autoscope Solo Pro sistemu	<i>Stran 37</i>
Slika 16:	Podatkovna pot pri Autoscope Rack Vision sistemu	<i>Stran 39</i>
Slika 17:	Osnovni meni za določanje lastnosti video detekcijske enote	<i>Stran 40</i>
Slika 18:	Okno Lastnosti	<i>Stran 41</i>
Slika 19:	Primer postavitve dveh števecov na voznem in prehitevalnem pasu (kombinacija detektorja prisotnosti vozil in avtomatskega števca)	<i>Stran 43</i>

Slika 20:	Način uporabe usmerjenega detektorja prisotnosti vozil kot diskriminatorja pasu pri štetju prometa	<i>Stran 45</i>
Slika 21:	Uporaba usmerjenega detektorja prisotnosti vozil pri detekciji izrednih dogodkov na AC	<i>Stran 46</i>
Slika 22:	Postavitev detektorjev hitrosti	<i>Stran 48</i>
Slika 23:	Primer postavitve tunelskih linijskih detektorjev	<i>Stran 52</i>
Slika 24:	Primer postavitve zunanjih linijskih detektorjev	<i>Stran 56</i>
Slika 25:	Določanje cone mostu ali vhoda v predor	<i>Stran 59</i>
Slika 26:	Uporaba detektorja kontrasta	<i>Stran 60</i>
Slika 27:	Postavitev in določanje lastnosti detektorja kontrasta	<i>Stran 61</i>
Slika 28:	Primer uporabe funkcijskega detektorja pri štetju prometnega toku	<i>Stran 62</i>
Slika 29:	Primer povezav funkcijskih detektorjev več vrst med seboj in z drugimi detektorji	<i>Stran 65</i>
Slika 30:	Določanje vrste alarma	<i>Stran 65</i>
Slika 31:	Določanje intenzitete alarma	<i>Stran 65</i>
Slika 32:	Detektorska postaja in njene nastavitve	<i>Stran 67</i>
Slika 33:	Detektor dogodkov in njegove nastavitve	<i>Stran 69</i>
Slika 34:	Alarm hitrosti in njegove nastavitve	<i>Stran 71</i>
Slika 35:	Primer uporabe naslovnega detektorja	<i>Stran 72</i>
Slika 36:	Lastnosti naslovnega detektorja	<i>Stran 72</i>
Slika 37:	Umerjanje polja detektiranja	<i>Stran 74</i>
Slika 38:	Postavitev in določanje lastnosti detektorjev hitrosti v detektorski sliki na AC	<i>Stran 76</i>
Slika 39:	Postavitev in določanje lastnosti zunanjega linijskega detektorja v detektorski sliki na AC	<i>Stran 78</i>
Slika 40:	Podatkovna pot video detekcijskega sistema v SNVP	<i>Stran 83</i>

Slika 41:	Shema povezav video detekcijskega sistema v SNVP	<i>Stran 84</i>
Slika 42:	Primer video detekcijske slike na odprti trasi	<i>Stran 85</i>
Slika 43:	Primer video detekcijske slike na območju priključka – izvozna rampa	<i>Stran 85</i>
Slika 44:	Primer detektorske slike v programski verziji SV 7.03	<i>Stran 88</i>
Slika 45:	Primer detektorske slike po izboljšavi delovanja detektorja Hitrosti	<i>Stran 89</i>
Slika 46:	Primer detektorske slike v programski verziji SV 8.12	<i>Stran 90</i>
Slika 47:	Osnovna shema postavitve sistema	<i>Stran 95</i>
Slika 48:	Pot podatka video detekcijskega sistema v sistemu Mobile TMS	<i>Stran 96</i>
Slika 49:	Grafični vmesnik aplikacije Mobile TMS	<i>Stran 97</i>
Slika 50:	Shema povezav video detekcijskega sistema v Mobile TMS	<i>Stran 98</i>
Slika 51:	Primer detektorske slike in določanja lastnosti funkcijskega detektorja	<i>Stran 99</i>
Slika 52:	Primer detektorske slike in določanja lastnosti funkcijskega detektorja v predoru Golovec	<i>Stran 100</i>
Slika 53:	Primer detektorske slike in določanja lastnosti funkcijskega detektorja v pokritem vkopu Strmec	<i>Stran 100</i>
Slika 54:	Situacija križišč Gosposvetska – Turnerjeva	<i>Stran 101</i>
Slika 55:	Shema strukture sistema	<i>Stran 102</i>
Slika 56:	Detektorska slika – detektiranje kolone z usmerjenimi detektorji Prisotnosti	<i>Stran 103</i>

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Vežalna tabela komunikacijskega kabla	Stran 25
Preglednica 2:	Preglednica testiranja nasprotne vožnje SV 8.12	Stran 91
Preglednica 3:	Preglednica testiranja nasprotne vožnje SV 8.30B razvite ob testiranju	<i>Stran 91</i>
Preglednica 4:	Preglednica analize štetja ob dnevnem zajemu podatkov z vseh števcov prometa	<i>Stran 92</i>
Preglednica 5:	Preglednica analize štetja ob zajemu podatkov z vseh števcov prometa v določenem delu dneva	<i>Stran 93</i>

1 UVOD

Cilj diplomske naloge je predstavitev implementacije virtualne video detekcije, sistemov postavitve detektorjev zaznavanja prometnih tokov in pojavov v prostem in oviranem prometnem toku na odprti ali urbani mestni cesti. Možnosti, ki nam jih dajejo ti sistemi, predstavljajo nov način detektiranja prometnih tokov in na ta način tudi nove probleme.

Naloga obdeluje problematiko detektiranja prometa od postavitve sistema do končne obdelave in interpretacije podatkov. V nalogi je opisano delovanje sistema na nivoju strojne opreme (nameščanje, povezava, umirjanje,...), kot tudi upravljanje s programsko opremo, ki nam omogoča določanje osnovnih funkcij video detekcijskega sistema.

Nov način zbiranja prometnih podatkov zahteva tudi drugačen pristop njihove obdelave, zato je eden od ciljev naloge predstavitev novih aplikacij za detektiranje prometnih tokov in zbiranje podatkov o prometnem toku ter pojavov v njem.

Podani so tudi primeri integracije video detekcijskih sistemov v druge kompleksnejše sisteme, kot so sistem za nadzor in vodenje prometa na avtocesti A1, odsek Klanec – Srmin. Podan je tudi primer povezave video detekcijskega sistema s semaforско napravо ter spremenljivim svetlobno informativnim znakom. Vsi primeri so bili projektно obdelani od zamisli do izvedbe na terenu. Rezultat naloge naj bi bila pregled možnosti uporabe video detekcije in prikaz izkušen, pridobljenih ob izdelavi projektov.

2 VIDEO DETEKCIJSKI SISTEMI

Video detekcijski sistemi se v prometu in prometnem inženirstvu v svetu uporabljajo že približno petindvajset let. V tem obdobju sta tehnologija in izkustveno znanje privedli do velikega napredka v uspešnosti in možnostih uporabe video detekcijskih sistemov. Z razvojem strojne in programske opreme se je povečal obseg in uspešnost detekcije posamezne detekcijske enote sistema video detekcije. Razvoj je prinesel tudi hitrejšo obdelavo in prenose podatkov, tako da so današnji sistemi video detekcije pripravljeni tako, da delujejo »on-line« v večji mreži (npr: ethernet mreža) ali pa tvorijo svojo mrežo in se z ostalimi gradniki večjih sistemov povezujejo na nivoju kontrolnih centrov.

Razvoj strojne opreme je prinesel več različnih rešitev integracije strojne opreme. Nekatere rešitve so specifične za določene proizvajalce, vendar imajo vsi sistemi nekaj skupnih osnovnih gradnikov. To so:

- video kamera, kot vir video slike,
- procesor video slike, kjer se slika digitalizira in analizira,
- komunikacije, ki omogočajo prenos podatkov in video slike do željene lokacije,
- strojna oprema na sprejemnem delu sistema, ki deluje tudi kot upravljevec sistema,
- programska oprema za upravljanje s sistemom, spreminjanje in sprejemanje vhodnih podatkov.

Naloga se ukvarja s sistemi proizvajalca ISS Imaging sensing systems, ki ima enega najširših spektrov različnih sistemov glede na osnovno strojno opremo. Generalno lahko razdelimo sisteme v dve podskupini:

- sistemi, kjer sta video procesor in kamera v istem ohišju,
- sistemi, kjer sta kamera in video procesor ločena, ti »rack« izvedba.

V Sloveniji se ta trenutek uporabljata oba sistema. V predorih se uporablja sistem, kjer sta kamera in procesor ločena. Povsod drugod pa se uporablja sistem, ki ima kamero in procesor v istem ohišju. Posebnosti in uporaba enega in drugega sistema je prikazana v naslednjih poglavjih.

Pripadajoča telekomunikacijska prenosna oprema je odvisna od izbranega sistema ter od namena postavljenega sistema. Tako je potrebno prenosno opremo in povezave dimenzionirati in določiti tako, da bodo zadoščale potrebam samostojnega video detekcijskega sistema in hkrati potrebam večjega krovnega sistema. Enako velja za strojno opremo na sprejemnem delu. Strojna oprema mora omogočati sprejem, obdelavo in shranjevanje podatkov. Del teh procesov pa je tudi programska oprema, ki jo lahko delimo na dva dela:

- oprema, ki deluje na procesorju video slike,
- programska oprema, ki deluje na sprejemni strojni opremi.

Programske opreme se razlikujejo od proizvajalca do proizvajalca, tako da je kakovost opreme možno meriti samo z uspešnostjo detekcije.

2.1 Detekcija na podlagi video slike

Detekcija posameznega vozila v prometnem toku je osnovna funkcija vseh vrst prometnih detektorjev. Tako mora video detekcijski sistem zaznati premikajoče ali stoječe vozilo. Video detekcija se vrši na podlagi analize sprememb video vhodnega signala, ki ga kot vhodno tipalo zajema digitalna video kamera. Video signal se analizira na procesorski enoti (CPU – Central Processing Unit), kjer se poleg analize video signala vrši tudi zajem oziroma pretvorba video signala na osnovne gradnike (piksle) in ponovno sestavljanje video signala za posredovanje uporabniku ali operaterju.

2.1.1 Kamera – kot vir video signala

V zadnjih letih se kot vir video signala uporabljajo digitalne video kamere, ki zajemajo sliko preko zajemnega senzorja CCD (Charge-Coupled Device) čipa. Poleg zajema mora vsaka kamera imeti tudi optični del (leče – objektiv), zaslonko za uravnavanje osvetljenosti sprejemnega senzorja ter vezje za posredovanje signala nadaljnjim uporabnikom. Najnovejše kamere že na nivoju zajema in posredovanja analizirajo sliko in preko analize izboljšujejo kvaliteto izhodnega signala (npr. kompenzacija neposrednega vira svetlobe na sprejemni senzor – Back Light Compensation).

Digitalne kamere so se od samega začetka razvijale v treh glavnih smereh načina zajema video slike in signala:

- Metoda enega posnetka – Single Shot Method; deluje na podlagi zajema slike s sprejemnega senzorja tako, da je slika zajeta ob vsakem odpiranju zaslonek kjer se svetlobi (sliki) izpostavi CCD čip,
- Metoda možice posnetkov – Multi Shot Method; ime je metoda dobila po delovanju zaslonek in podajanju signala. Signal se poda po večkratnem (npr: trikratnem) odpiranju zaslonek in svetlobnemu izpostavljanju sprejemnega senzorja.
- Metoda skeniranja – Scanning Method; pri kateri čip potuje po območju zajema, kot potuje namizni skener.

Vse zgoraj navedene značilnosti in načini zajema določajo osnovne karakteristike enote za zajem video signala.

2.1.1.1 Strojna oprema kamere

2.1.1.1.1 Sprejemni senzor CCD

Sprejemni senzor pretvori vizualno sliko v električni signal. Med seboj se senzorji razlikujejo glede na zajem in filtriranje barvnega spektra. Sprejemni senzor je sestavljen iz integriranega vezja (čipa) in množice svetlobno občutljivih kondenzatorjev. Njihova uporaba se je v video tehnologiji razširila, saj preko receptorjev (svetlobnih pik) registrirajo do 70% vhodne svetlobe. V primerjavi z fotografskim filmom, ki registrira do 2% vhodne svetlobe.

CCD je angleška kratica za »Charged Coupled Device«, ki je majhen element, občutljiv na svetlobo. Ime se uporablja za skupino optičnih detektorjev, narejenih iz polprevodniških elementov. CCD elementi so različnih dimenzijah, najpogosteje v 1/2 in 1/3 inčnem formatu. Objektiv kamere usmerja svetlobo na CCD element. Prihajajoča svetloba je zaznana s posamezno foto diodo, ki proizvede električni signal, ki je premosorazmeren količini svetlobe. Foto diode so urejene v matriko stolpcev in kolon. Splošno ime za eno foto diodo v matriki je »pixel« - polje v nadaljevanju. Procesna elektronika neprekinjeno spremlja količino svetlobe na posamezni foto celici vrsti.

Vhodna svetloba preko leče pade na svetlobno občutljive kondenzatorje, v katerih se nabere električni naboj, ki je sorazmeren intenzivnosti svetlobe, ki pada na to točko. Prve točke so bile oblikovane v obliki pravokotnikov, vendar je leta 1999 tovarna Fuji razvila super CCD čip, ki ima točke oblikovane v obliki osmerokotnikov. Ta oblika povečuje resoluciji v horizontalni in vertikalni smeri ampak pri tem izgubi del resolucije v diagonalni smeri.

2.1.1.1.2 Barvni filtri

Barvni filter se uporablja na vhodne sprejemnem senzorju, tako da je nad vsakim pikslom sprejemnega senzorja element sestavljen iz različnih malih filtrov, ki zajemajo informacije o vpadajoči svetlobi. Večina digitalnih kamer na CCD čipih uporablja Bayerjev filter.

Bayerjev filter ima na vsakem pikslu sprejemnega senzorja en rdeč, en moder in dva zelena filtra (človeško oko je bolj občutljivo na zeleno barvo). Tako se na vsakemu pikslu – točki nahaja podatek o svetilnosti. Pri tem je resolucija svetilnosti boljša od barvne resolucije (zaradi izbire posameznih barvnih filtrov). Neobdelan izhodni podatek z Bayerjevega filtra se imenuje tudi Bayerjeva vzorčna slika. Slika je sestavljena tako, da ima vsaka točka sliko le preko enega filtra. Kasnejša računalniška obdelava povpreči barve in intenzivnosti med posameznimi točkami in sestavi polno sliko, ki je sestavni del video signala.

2.1.1.1.3 Objektiv

Objektiv je sestavljen iz zaporedno postavljenih leč, ki zajemajo in usmerjajo svetlobo. Objektiv je mehansko zasnovan tako, da je možno spreminjati goriščno razdaljo in s tem določati velikost slike. Glavna karakteristika objektiv je podatek o najdaljši in najkrajši goriščni razdalji. Tako večja kot je goriščna razdalja nastavljena na objektivu »dalje vidimo«, posledično pa se zoži zorni kot pogleda kamere.

Na tržišču so na izbiro različni objektiv, ki se med seboj razlikujejo glede na nastavljanje goriščne razdalje in pripadajoče zaslonke:

- Objektiv z ročno zaslonko - so objektiv, pri katerih se nastavi odprtost zaslonke ročno in se lahko uporabljajo samo v zaprtih prostorih, kjer je nivo osvetljenosti vidnega polja kamere konstanten.

- Objektivni z avtomatsko zaslonko: so objektivni, ki spreminjajo nastavitve odprtosti zaslonke avtomatsko, glede na jakost sprejetega video signala, ki se meri na ojačevalniku. Bolj kot je slika osvetljena, večja je napetost video signala. Preko ojačevalnika se spremlja nivo napetosti zaslonka se odpira in zapira tako, da je napetost video signala zmeraj enaka $1V$.

2.1.1.1.4 Zaslونka

Zaslونka je element, ki je nameščen ali v kameri ali na samemu objektivu kamere. Zaslونka in goriščna razdalja določata količino in jakost svetlobe, ki pada na vhodni sprejemni senzor in s tem osvetljenost celotne slike. Pomembna karakteristika zaslonke je njena hitrost, ki določa čas osvetlitve sprejemnega vhodnega sensorja.

Klasična zaslonka je sestavljena iz sistema lamel, ki se odpirajo in zapirajo tako, da zmanjšujejo odprtino v centru sistema lamel. Kasneje se je razvila zaslonka, ki omogoča krajše osvetljevanje sprejemnega vhodnega sensorja, ravna žariščna plošča. To je sistem dveh (ponavadi plastičnih) lamel, ki se dvigujeta pred vhodnim sensorjem in s tem določata čas osvetlitve. Pri hitrostih zaslonke večjih od $1/30$ s se lameli pred sprejemni senzor spuščata izmenično.

2.1.1.2 Lastnosti kamere

Lastnosti kamere so določene glede na strojno opremo, ki je vgrajena v kameri. Željen izhodni signal se tako pridobi le s pravilno uporabo strojne opreme in optičnega dela kamere (leče). Ob izbiri in nabavi kamere je potrebno posebno pozornost posvetiti pogojem pri katerih so bili pridobljeni podatki o lastnosti in delovanju kamere.

2.1.1.2.1 Signal/šum

Oba kriterija bistveno vplivata drug na drugega. Občutljivost je v osnovi najnižji nivo osvetlitve, pri katerem bo kamera še delovala. Pojem je precej subjektiven, saj je kriterij, kdaj je slika še uporabna, odvisen od vsakega posameznika. Pod določenim nivojem svetlobe je količina napetosti, ki jo lahko proizvedejo foto celice, enaka številu elektronov, ki jih povzročajo zunanji vplivi (toplota). Tudi te signale kamera razpozna kot koristne, zato

prihaja do interference. Končen rezultat nižanja osvetlitev je tako imenovani sneg, ki povzroči neuporabnost slike. Količina interference v primerjavi z željeno sliko je izražena kot razmerja signal/šum (S/N – signal/noise), ki se meri v dB. Primer: proizvajalec poda specifikacijo razmerje S/N 60dB. To pomeni, da je koristen video signal 1000-krat večji kot je signal šuma – pri video signalu velikosti 0.7 V je šum le 0,7 mV. Pri tem razmerju je slika ostra in jasna. Pri razmerju S/N 50dB je slika še vedno odlična. V primeru padanja osvetlitve in razmerju S/N 40S dB zaznamo v sliki drobna fina zrna, pri razmerju 20dB je slika neuporabna.

PRAVILO: Večje kot je razmerje signal/šum, boljša bo slika, večja občutljivost. Razmerje signal/šum neposredno vpliva na občutljivost kamere. Boljše kot je razmerje pri podani osvetlitvi, nižja je minimalna osvetlitev, pri kateri bomo še dobili kakovostno sliko.

2.1.1.2.2 Ločljivost

Ločljivost je sposobnost kamere za prikaz detajlov. Večja kot je ločljivost kamere, bolj ostra bo slika. Velikokrat sama zahteva določa uporabo kamer visoke ločljivosti (avtomobilske tablice, identifikacija oseb...). CCD element je skeniran v seriji horizontalnih linij – 625 za evropski CCIR format. Če se vertikalni detajl spremeni več kot 625 krat, tega detajla ne bomo videli. Zato je dobro vedeti, da vsaka kamera proizvede ločljivost manjšo od 625 linij – govorimo o vertikalni ločljivosti. Ločljivost, o kateri vedno govorimo, je horizontalna ločljivost. Za razliko od vertikalne ločljivost, pri kateri smo omejeni na 625 linij, lahko horizontalno ločljivost povečamo z uporabo več celic v matriki CCD elementa. Kamere visoke ločljivosti uporabljajo CCD element z več polji, tudi vezje za zajem slike je precej bolj zahtevno. Tipične vrednosti za visoko ločljivost so 600TVL pri črno-belih kamerah in 480 TVL pri barvnih.

2.1.1.2.3 Avtomatska kontrola osvetlitve

Avtomatska kontrola osvetlitve ali ALC se normalno uporablja pri uporabi leč z avtomatsko zaslonko. Posebni izhod kamere ima kontrolni signal, ki odpira ali zapira zaslonko, odvisno od količine svetlobe, tako da je količina svetlobe, ki jo zajame CCD element, vedno pravilna. Vsaka kamera ima možnost nastavitve delovanja kontrole osvetlitve. S potenciometrom je možno nastaviti nivo osvetlitve in s tem izboljšati kakovost slike.

2.1.2 Procesorska enota CPU (Central Processing Unit)

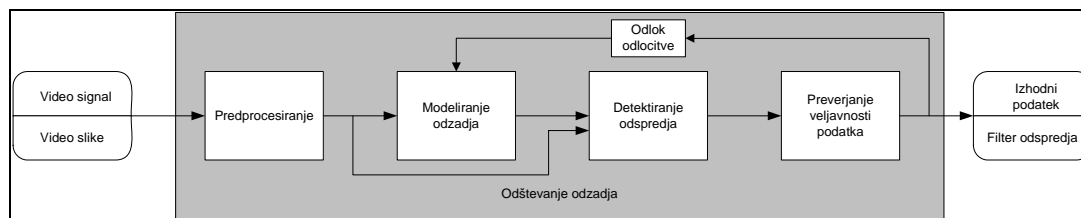
Pri video detekciji je glavna naloga procesorske enote prepoznavanje vozil oziroma premikajoči se vozil iz vhodnega signala video slike. Na procesorski enoti deluje algoritem, ki na podlagi vhodnega video signala razpozna objekte (vozila). Ti algoritmi delujejo na podlagi metode odštevanja ozadja (Background Subtraction), ki določa predmet glede na del slike, ki najbolj odstopa od ozadja oziroma, privzete osnovne slike. Pri tem je v algoritmu odštevanja potrebno upoštevati dogodke kot so spreminjanje osvetlitve vidnega polja, premikajoče sence, padajoč sneg ipd.

2.1.2.1 Osnovno delovanje algoritma

Metoda odštevanja ozadja deluje na primerjavi vsake slike video signala s privzeto osnovno sliko. Piksli oziroma točke, ki na prispeli sliki bistveno odstopajo od ozadja (privzete slike) se določijo kot premikajoči se objekti. Kasneje se te objekte analizira in se jih spremlja ter določi smer premikanja. Pri tem je potrebno upoštevati predmete, ki jim hočemo slediti. V primeru video detekcije v prometu so to vozila, Tako je potrebno video sliko oziroma kamero namestiti tako, da vozilo na njej zaseda kar se da veliko površino in s tem veliko število točk (pikslov).

Glavna naloga video razpoznavanja objektov z metodo odštevanja ozadja je tako primerjanje tekoče slike z ozadjem. Autoscope model tako primerja v razmerah kjer je nivo osvetlitve dovolj visok, 12 slik na sekundo. V nočnem času, oziroma v razmerah, kjer je malo svetlobe, pa primerja 6 slik na sekundo. V takih razmerah so spremembe slike ob pojavu vozila velike in s tem se porabi veliko več procesorske moči.

Vsi algoritmi oziroma metode odštevanja ozadja delujejo po istem principu, ki zajema naslednje korake: predprocesiranje, modeliranje ozadja, detekcija ospredja (tekoče slike), preverjanje veljavnosti podatka (vrednotenje podatka).



Slika 2: Algoritem delovanja algoritma odštevanja ozadja

- Predprocesiranje je sestavljeno iz več enostavnih procesov, ki spremenijo surovi vhodni signal v format, ki se v nadaljnjih korakih analizira.
- Modeliranje ozadja je proces, ki zajame video sliko in jo pripravi za primerjanje s tekočo sliko.
- Detekcija odspredja je proces, ki razpozna spremenjene točke na tekoči sliki in jih posreduje v binarni obliki v nadaljnje procesiranje.
- Preverjanje veljavnosti podatka je zadnji proces pred izhodnim podatkom. Proces preverja spremenjene točke ter izloča nerazpoznavne točke od dejanskih objektov.

Zardi omejene procesorske moči se osnovne nastavitve za video detekcijo koncentrirajo samo na mesta, kjer pričakujemo dogodek, ki ga hočemo zaznati in detektirati oziroma na mesto, kjer se nahaja ali se bo nahajalo vozilo.

2.2 Uporaba video detekcijskih sistemov

Video detekcija je fleksibilen način detektiranja prometnih tokov ter pojavov v prometnem toku, kar pomeni, da se lahko uporablja tako na odprtih cestah kot tudi na mestnih cestah. Zaradi lahke in hitre postavitve oziroma nadgraditve detektorske slike se vedno bolj uporablja na cestah in križiščih v svetu.

Namestitev detekcijskega sistema je močno odvisna od namena oziroma prometnih količin in pojavov, ki jih s sistemom želimo detektirati in zaznavati. Zaradi omejenega pogleda kamere (zornega kota), moramo že pri prvem koraku, to je namestitvi kamere upoštevati namen postavitve takega sistema. V grobem lahko te postavitve razdelimo glede na kraj, kjer postavljamo te sisteme, to je:

- na odprti cesti,
- na mestni cesti.

Sistemi se razlikujejo glede na:

- postavitev kamere,
- željene prometne količine in pojave v prometnem toku,
- detektorske slike,
- uporabo izhodnih podatkov z detektorjev (»output«).

Detekcijski sistemi, med njimi tudi video detekcija, se lahko uporablja na več načinov:

- za pridobivanje osnovnih prometnih podatkov,
- za detektiranje izrednih dogodkov v prometnem toku,
- za vodenje drugih naprav v cestnem sistemu.

Ob vseh možnih izhodnih podatkih, nastavitvah in postavitvah, je ena glavnih nalog interpretacija izhodnih podatkov in kalibracija oziroma umerjanje virtualnih detektorjev v detektorski sliki.

2.2.1 Video detekcija na odprti cesti

Detekcija na odprti cesti se uvaja na mestih, kjer se želi pridobivati podatke o prometnem toku ali pa na mestih, kjer je stanje prometnega toka kritično in želimo zaznati izredne dogodke na cesti ter glede na njih ustrezno ukrepati. S pojavom sistemov za nadzor in vodenje prometa je lahko odziv na določene podatke, pridobljene s sistemom video detekcije ali drugimi sistemi detektiranja vozil v prometnem toku, zelo konkreten, kar pomeni, da se na odprti cesti pojavlja vedno več prometnih detektorjev, med njimi tudi sistemi, ki detektirajo s pomočjo video slike.

Detekcija vseh pojavov, ki jih želimo detektirati na odprti cesti pomeni veliko število detektorjev, ki opravljajo različne funkcije. To zahtevo zlahka izpolnimo s postavitvijo video detekcijskega sistema, ki ima veliko možnost postavitve detektorjev.

2.2.1.1 Osnovne količine prometnega toka

Video detekcija glede na osnovni način detekcije lahko pridobiva vse podatke o prometnem toku, ki so pomembni za analizo prometnega toka. Tako je mogoče s pomočjo virtualnih detektorjev pridobiti naslednje količine:

- detekcijo posameznega vozila,
- hitrost posameznega vozila,
- dolžino in s tem grobo klasifikacijo posameznega vozila.

Autoscope video detekcijski sistem omogoča v osnovnem programskem okolju detektor, ki že analizira in izračunava podatke, ki so pripravljene za uporabo in jih ni potrebno v kasnejši obdelavi interpretirati in ponovno izračunavati. Te količine so:

- Skupni pretok vozil

$$q = N / T \quad \text{pri čemer je:}$$

- q ... pretok vozil na časovno enoto (voz/h),
- N ... število vozil v prometnem toku (voz),
- T ... časovni interval (h),

- pretok vozil po posameznih razredih

$$q_R = N_R / T \quad \text{pri čemer je:}$$

- q_R ... pretok vozil posameznega razreda na časovno enoto (voz/h),
- N_R ... število vozil posameznega razreda v prometnem toku (voz),
- T ... časovni interval (h),

- skupna povprečna hitrost

$$v_{pop} = \sum_{i=1}^N v_i / N \quad \text{pri čemer je:}$$

- v_{pop} ... izmerjena povprečna hitrost v časovnem intervalu (km/h),

- $v_{i...}$ hitrost posameznega vozila (km/h),
- $N...$ število prevozov v časovnem intervalu,
- povprečna hitrost po posameznih razredih

$$v_{popR} = \sum_{i=1}^N v_{iR} / N \quad \text{pri čemer je:}$$

- $v_{popR...}$ izmerjena povprečna hitrost vozil posameznega razreda v časovnem intervalu (km/h),
 - $v_{iR...}$ hitrost posameznega vozila določenega razreda (km/h),
 - $N_{R...}$ število vozil posameznega razreda v prometnem toku v časovnem intervalu,
- časovna zasedenost detektorja,
 - gostota prometnega toka

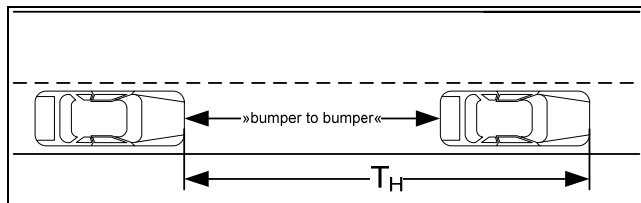
$$g = q/v_{pop} \quad \text{pri čemer je:}$$

- $g...$ gostota prometnega toka (voz/km),
 - $q...$ pretok vozil na časovno enoto (voz/h)
 - $v_{pop...}$ povprečna hitrost prometnega toka v intervalu (km/h),
- povprečen razmik med vozili

$$T_{Hpop} = \sum_{i=1}^M T_{Hi} / M$$

- $T_{Hpop...}$ povprečen razmik med vozili, merjen od istega dela dveh zaporednih vozil (s),
- $T_{Hi...}$ posamezni časovni razmik med zaporednima voziloma (s),
- $M...$ število časovnih razmikov med zaporednima voziloma,

Potrebno je biti pazljiv, saj se časovni razmik med vozili lahko meri tudi od odbijača do odbijača (»bumper to bumper«).



Slika 2: Prikaz različnih definicij razmikov med vozili

2.2.1.2 Izredni dogodki na odprti trasi

Izredne dogodke, ki jih detektira in interpretira video detekcijski sistem, na odprti cesti lahko delimo v dve skupini:

- Neposredno zaznani izredni dogodki:
 - Stojече vozilo,
 - Počasi vozeče vozilo,
 - Nasproti vozeče vozilo,
- Izračunani oziroma dogodki, ki so pridobljeni na podlagi osnovni parametrov prometnega toka. Osnovna programska oprema video detekcijskega sistema Autoscope ima vgrajen algoritem AIDA, ki na podlagi predvidenih prometnih obremenitev in hitrosti detektira zastoje oziroma motnje v prometnem toku gorvodno.

2.2.2 Video detekcija na mestnih cestah

Video detekcija na mestnih oziroma urbanih cestah se lahko uporablja na več načinov. Način uporabe je določen z lastnostmi same ceste za katero je predvidena uporaba in namen ter namestitve sistema video detekcije. V mestih se srečujemo z različnimi tipi prometnega toka, ki imajo svoje karakteristike, kar pomeni, da je potrebno tipala za detekcijo prometnega toka prilagoditi mestu in namenu postavitve.

Detektorje za detektiranje prometnega toka v mestih tako postavljamo na karakteristično različnih mestih, kot so:

- križišča,
- ceste oz. prometni pasovi med križišči,
- mestne vpadnice,
- mestne obvoznice,
- ipd.

2.2.2.1 Uporaba video detekcije v semaforiziranih križiščih

Video detekcija v križiščih se uporablja osnovno v dva namena, ki sta pogojena z načinom vodenja prometa in signalnih programov v križišču, to sta:

- zbiranje prometnih podatkov v križišču,
- vodenje signalnega programa z izhodi z detektorjev.

2.2.2.1.1 Vrste semaforiziranih križišč in uporaba video detekcije

Semaforizirana križišča delimo v dva razreda glede na način vodenja semaforske naprave:

- časovno odvisno vodenje križišča,
- prometno odvisno vodenje križišča.

Glede na različne načine vodenja prometa v semaforiziranih križiščih se razlikuje tudi uporaba video detekcije v njih. Le ta omogoča poleg zbiranja podatkov o prometnem toku in emulacije zank za vodenje prometno odvisnih križišč tudi video nadzor nad stanjem v križišču oziroma mestni cesti.

2.2.2.1.1.1 Časovno odvisno vodenje križišča

Časovno odvisno vodeno križišče deluje na osnovi fiksnih časov . Tako so fiksni vsi časovni parametri, ki so del semaforske slike:

- dolžina ciklusa
- dolžine posameznih faz
- zamik križišča

- struktura oz. zaporedje faz v faznem načrtu

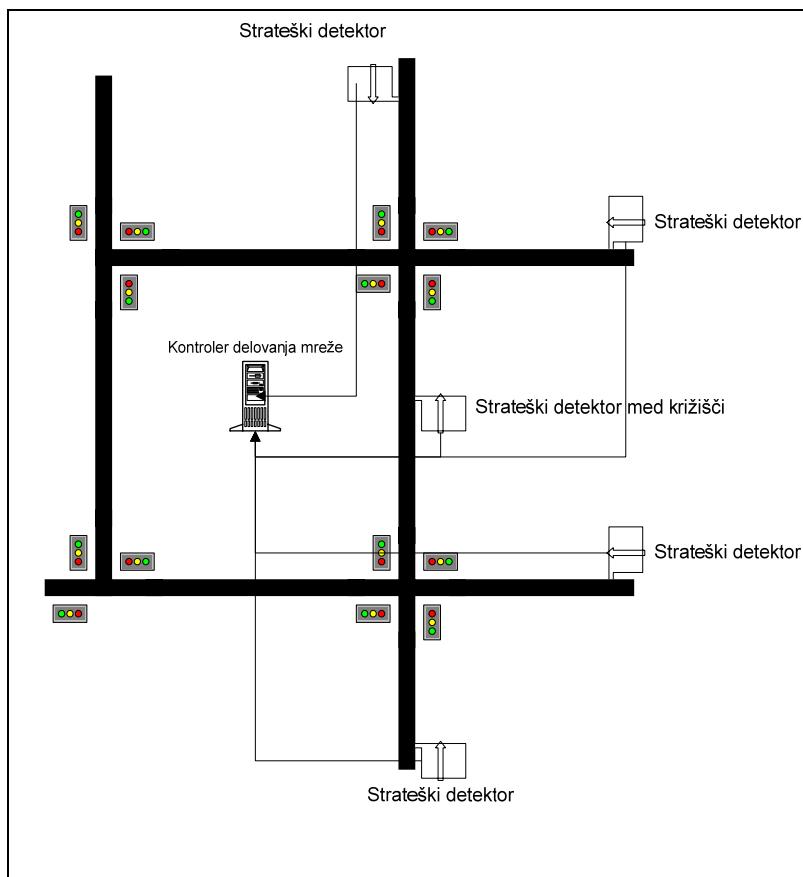
Časovno odvisna križišča tako nikoli ne upoštevajo prometnega stanja, ki je trenutno na samem križišču. Dolžina ciklusa ter dolžina, število in zaporedje faz se določi glede na števne podatke, ki jih je projektant predhodno pridobil. Časovno odvisna križišča se povezujejo v sisteme križišč, ki so med seboj koordinirana in s tem se povečuje uspešnost celotne mreže. V mestih pa so le redko ali nikoli prometnimi tokovi konstantni, tako da je signalni program v križišču praviloma neuspešen oziroma le delno učinkovit. Prometni tokovi se v mestih spreminjajo glede na del dneva v katerih jih opazujemo (na pr. jutranja , popoldanska konica) ter glede na dan v tednu v katerem opazujemo prometne tokove v križišču. Te konice in različna stanja prometnih tokov se izražajo v različni jakosti prometnih tokov ter njihovi orientaciji in kanalizaciji na posameznih smereh. Tako na primer v jutranji konici parametri prometnih tokov nikoli niso enaki kot v popoldanski konici. Ponavadi se obrne smer glavnega (najmočnejšega) prometnega toku, spremenijo se tudi jakosti ostalih prometnih tokov.

Delna rešitev tega problema je izračun različnih semaforških programov, glede na čas dneva v katerem delujejo ter na dan v katerem delujejo (delavnik, konec tedna, prazniki ipd.).

Video detekcijski sistemi se v takih križiščih lahko uporabljajo za zbiranje podatkov o pretoku vozil, na podlagi katerih se kasneje lahko pripravijo novi semaforški programi.

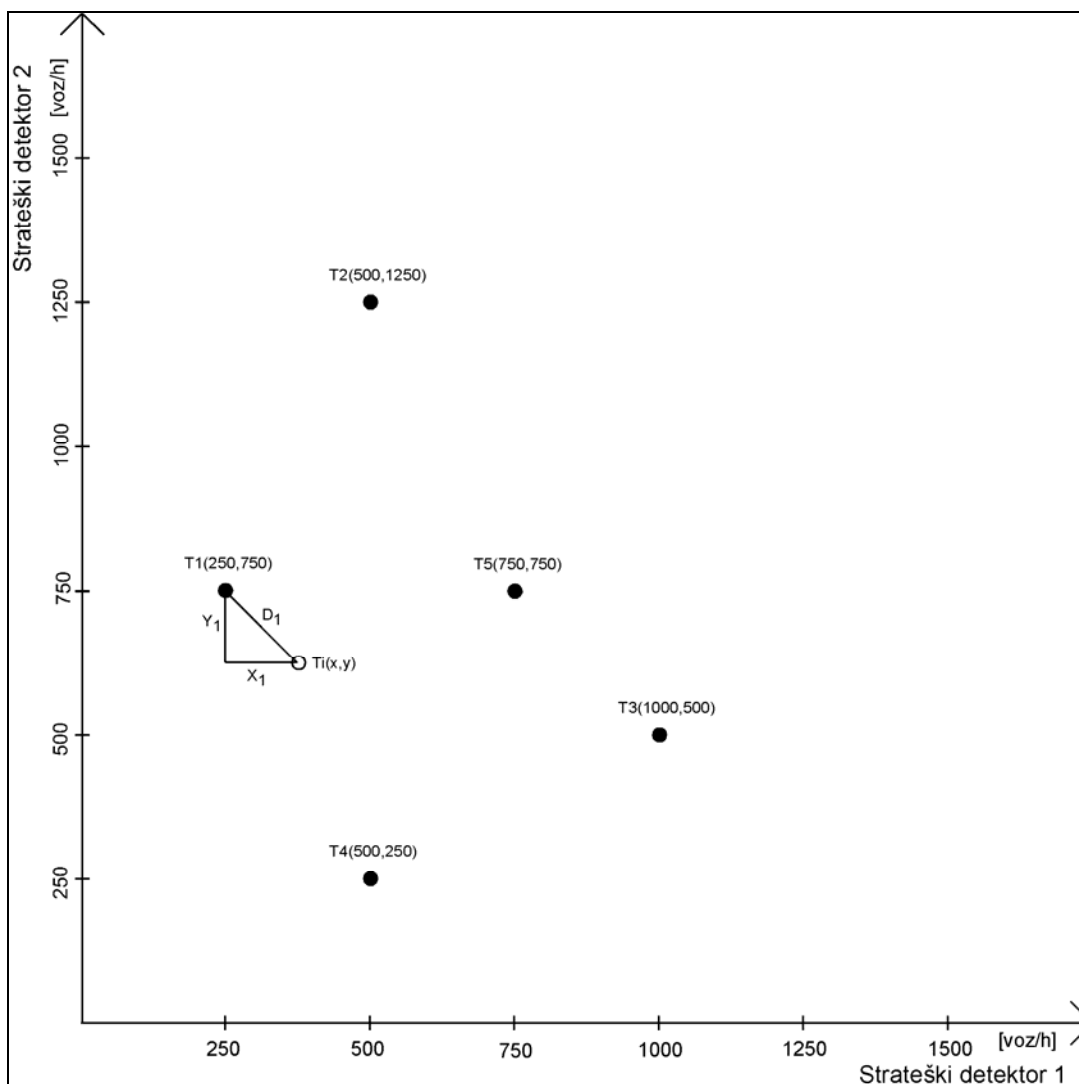
2.2.2.1.1.2 Prometno odvisna mreža semaforiziranih križišč

V mrežo časovno odvisnih križišč pa lahko nadalje vpeljemo strateške detektorje, ki nadzorujejo prometni tok. Na podlagi rezultatov le-teh, se odločamo, kakšni programi bodo delovali na križiščih. Temu lahko rečemo »prometno odvisna mreža časovno odvisnih križišč«. Seveda pa je taka mreža omejena s številom programov, ki so nastavljeni na posameznih križiščih ter s samimi signalnimi programi, ki delujejo na posameznem križišču, saj se le ti niso sposobni prilagajati prometu na križišču samem ampak se prilagajajo prometu, ki je na mreži. Tako ne moremo reševati posameznih prometnih tokov, kot jih lahko rešujemo pri prometno odvisnih križiščih.



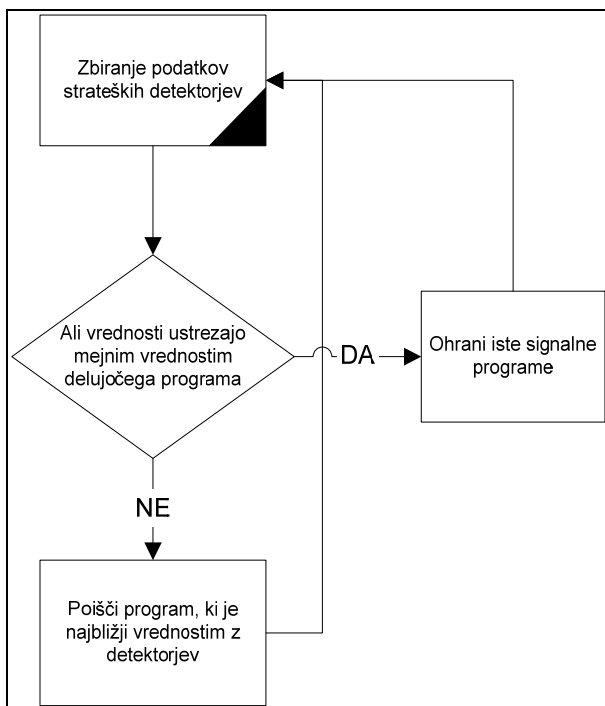
Slika 3: Prikaz mreže strateških detektorjev na mestni cestni mreži

Na strateških detektorjih se zbirajo podatki o prometnih tokovih, ki se kasneje primerjajo z že vnaprej izračunanimi mejnimi vrednostmi za posamezno skupino signalnih programov, ki delujejo v mreži. Tako lahko mreža ohranja koordinacijo med križišči, saj ohranja enake ali kompatibilne cikle na vseh križiščih v mreži.



Slika 4: Enostaven način določanja programa na podlagi podatkov z dveh strateških

detektorjev. Izbran program je minimum funkcije $D_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2}$, kjer je $i \in [0,5]$



Slika 5: Osnovni algoritem izbire signalnega programa na podlagi podatkov s strateških detektorjev

Taka ureditev mreže semaforiziranih križišč zahteva center delovanja in povezav, v katerem se zbirajo in analizirajo podatki. Tak center je lahko v obliki kontrolerja v omarici semaforske naprave, ki je del semaforske mreže. Lahko pa je center dislociran in je del nekega večjega centra, ki upravlja s semaforsko mrežo in ostalimi gradniki mestne prometne infrastrukture.

2.2.2.1.1.3 Prometno odvisno vodenje semaforiziranega križišča

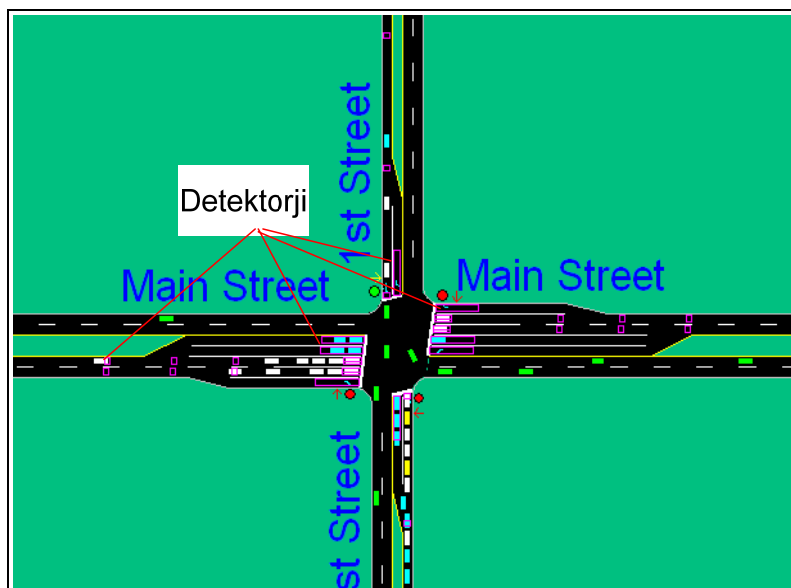
Prometno odvisna križišča so križišča katerih program se prilagaja vsaj enemu prometnemu toku, ki prihaja v križišče (vozila, kolesarji, pešci, javni promet). Prilagoditev se odraža v signalnem programu s:

- podaljšanjem faze,
- uvedbo faze,
- preskokom faze,
- podaljšanjem ciklusa.

Pri tem je potrebno ohranjati vse varovalne čase, ki so odvisni od same geometrije križišča, minimalno dolžino faz in dolžino semaforkega ciklusa.

V križišču se lahko nadzoruje in detektira vse prometne tokove, ki se zlivajo v križišče. To pomeni, da je križišče polno prometno odvisno. Lahko pa se nadzoruje le nekatere prometne tokove, kar pomeni, da je križišče delno prometno odvisno.

Kako se odraža detektiranje vozil in ostalih udeležencev v križišču, je odvisno od zasnove in željenega učinka prometno odvisnega programa semaforke naprave. Pešce in kolesarje se pri nas zaenkrat zaznava samo s pomočjo najavnih tip, medtem ko jih ponekod že zaznavajo z detektorji (ali mikrovalovnimi detektorji ali video detekcijske kamere). Vozila se detektirajo s pomočjo detektorjev vseh vrst, čeprav so pri nas še vedno v večini uporabljeni zračni induktivni detektorji. Na podlagi te detekcije se kasneje vključuje oz. podaljšuje posamezne faze.



Slika 6: Najavni detektorji v prometno odvisnem semaforiziranem križišču

Podaljševanje faz je odvisno od oddaljenosti samega detektorja od stop črte, saj je potrebno zagotoviti zadostni časovni interval, da vozilo, ki je sprožilo detektor varno prepelje križišče. Detektorji za podaljševanje faze se ponavadi postavljajo v skupinah in s tem se zagotavlja sledenje vozila, kar zmanjšuje možnost, da vozilo pripelje v križišče v tako imenovani coni

dileme - odločanja »dilema zone«. Cona dileme – odločanja je čas v faznem programu v katerem se vozilo ne more enolično odločiti ali naj gre skozi križišče ali počaka naslednjo zeleno fazo.

Vključevanje oziroma izpuščanje faz v prometno odvisnem križišču pripomore k zvišanju nivoja usluge križišča. V primeru, da določeni smeri v križišču ne pride do prevoza območja detekcije, se faza za to smer preskoči. V ciklusu se časovno pridobi minimalni čas preskočene faze ter varovalni časi te faze. Nevarnost pri tem je samo detektiranje. Detekcija vozil mora biti zanesljiva, saj lahko pripelje do tega, da vozila stojijo na določeni smeri in niso detektirana. Ta primer se delno rešuje v samem algoritmu semaforne naprave tako, da se, če je faza izpuščena na primer v treh zaporednih ciklih, vklopi zelena luč v tej smeri ne glede na detekcijo na tej smeri.

Edini večji problem, ki se pojavlja pri prometno odvisnih križiščih, je močno otežena koordinacija z ostalimi križišči. Edino, kar je pri prometno odvisnih križiščih konstantno, je njihov cikel, kar pa za uspešno in popolno koordinacijo ni dovolj. Zamiki oziroma koordinacija med križišči se računa in izvaja na začetek glavne faze posameznih križišč. V primeru prometno odvisnih križišč pa je le ta »plavajoča«, kar pomeni, da njen začetek ni vedno v isti točki ciklusa. Delno se ta problem rešuje s koordinacijo navideznih točk, ki predstavljajo začetke ciklov na posameznih križiščih.

Video detekcija se v takih križiščih zelo uspešno uporablja, saj omogoča postavitev velikega števila detektorjev in logične povezave med njimi. Tako se del osnovne logike interpretacije detektorjev lahko prenese iz osnovnega algoritma semaforne naprave na samo detekcijo. Zaradi lahke prenavitve in izdelave nove detektorske slike, pa video detekcija omogoča hitre in lahke popravke detektiranja in s tem spremembe delovanja celotnega signalnega programa brez večjih posegov in finančnih investicij.

2.2.2.2 Uporaba video detekcije na ostalih elementih mestne cestne mreže

Tako kot na odprti cesti, se lahko video detekcija na mestnih mrežah uporablja za pridobivanje podatkov o prometnem toku. Zbiranje takih podatkov je potrebno izvajati na mestih, kjer ne prihaja do zastojev ali kakršnih koli drugih motenj v prometnem toku, saj to

pripelje do nepravilnih štetij oziroma štetij, ki predstavljajo kapaciteto odseka ali nižjetočnega odseka.

Sisteme video detekcije je v takih okoljih mogoče povezati s podatkovnimi mrežami in podatke pregledovati in shranjevati na enem mestu (kontrolnem centru). Pri taki uporabi sistema in podatkovnih mrež je brez večjih investicij in posegov možno izvesti tudi video nadzorni sistem z video detekcijskih kamer.

Sistemi video detekcije pa se lahko na mestnih cestah uporabljajo tudi za vodenje drugih naprav. Tako lahko preko izhodnih signalov vodimo in spreminjamo vsebine na znakih s spremenljivo prometno informativno vsebino in s tem voznike opozarjamo na dogodke na odseku pred njimi ali pa o načinu njihove vožnje. Sistemi se v konfiguraciji delijo na dve vrsti glede na vodenje izhodnega podatka s sistema video detekcije oziroma virtualnega detektorja. Ti različici sta:

- Strojno podajanje izhodno/vhodnega podatka; izhodni podatek se do naprave s katero upravlja video detekcijski sistem kot električni signal (napetost, tok, potencial)
- Programsko podajanje vhodno/izhodnega podatka; izhodni podatek se zajema z video detekcijskega sistema in se v obliki programske kode (vrstice) posreduje kontrolerju naprave, ki jo vodi video detekcijski sistem.

Prednost strojnega podajanja je lažja in cenejša namestitev takega sistema. Vendar pa so pri taki rešitvi omejeni izhodni podatki video detekcijskega sistema s številom elektro potencialnih izhodnih sponk. Programsko podajanje nam omogoča neomejeno število izhodnih podatkov video detekcijskega sistema, vendar je za tako izvedbo potrebna dodatna strojna oprema (minimalno osebni računalnik), na kateri se zajema, posreduje in interpretira izhodni podatek video detekcijskega sistema. Izbira izvedbe je odvisna od obsega in velikost video detekcijskega sistema ter sistema, ki mu video detekcijski sistem posreduje podatke. Uvedba programskega podajanja vhodno/izhodnih podatkov se v smislu možnosti uporabe in nadgradnje obrestuje, tako finančno kot tehnično, ko je video detekcijski sistem relativno velik in je mogoče centralizirati komunikacije oziroma se lahko podatki z vseh video detekcijskih enot zlivajo v eno točko, iz katere se kasneje posreduje podatke sistemu za vodenje ostalih gradnikov krovne sistema.

2.3 Vrste video detekcijskih sistemov

2.3.1 Kamera in procesor v istem ohišju

Podjetje ISS predstavlja kamero in procesor v istem ohišju pod imenom Autoscope Solo Pro. Autoscope Solo Pro je sistem, ki je sestavljen iz več komponent, ki zagotavljajo njegovo delovanje in prenos podatkov, to so:

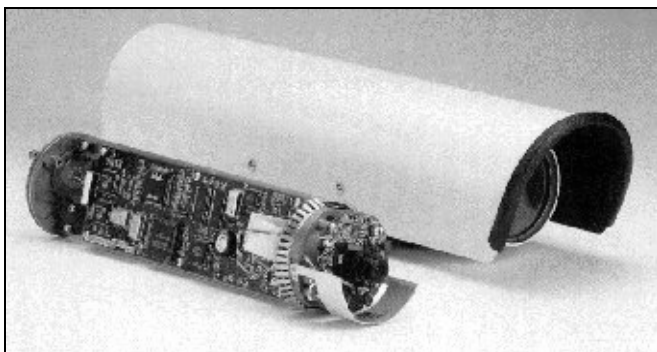
- kamera in procesor v enem ohišju, Autoscope Solo Pro II MVP,
- komunikacijska vmesna plošča, ACIP (autoscope communication interface panel),
- komunikacijski 11-žilni kabel, po katerem potekajo vse komunikacije in napajanje.

2.3.1.1 Kamera s procesorjem

Autoscope Solo® MVP enota se sestoji iz video kamere z elektronskim nadzorom leč, digitalnim procesorjem slike in dvema povezavama na procesorje. Enota avtomatsko, glede na osvetljenost slike, avtomatsko namešča tudi zaslonko. Prednost Solo sistema je, da se digitalizacija in procesiranje izvajata znotraj enote same in je njen »output« le željena informacija o dogodkih v prometnem toku. Ker ni prenosa slike (procesor v kameri), ni izgube kakovosti slike, kar pomeni natančnejšo detekcijo vozil. Zaradi integracije kamere in MVP procesorja (slika 2), je zmanjšan tudi čas obdelave podatkov in je »output« hitrejši. Integracija sistema pa zmanjša tudi zahtevnost namestitve in povezave enote.



Slika 7: Autoscope Solo Pro® enota kamera in procesor v ohišju



Slika 8: Autoscope SoloPro® kamera z MVP procesorjem

Enota je v sistem povezana preko komunikacijskega kabla in komunikacijske vmesne plošče.

Podatki katere Solo enota pošilja v sistem so:

- podatki z enote:
 - lastnosti enote,
 - diagnostika kamere,
 - podatki in alarmi z detektorjev,
- signali za vodenje DPM enot,
- video signal.

Vse podatkovne poti med kamero in komunikacijsko vmesno ploščo se vodijo po RS 485 komunikacijskem protokolu.

Del procesorske enote je tudi bliskovni pomnilnik (flash memory). Ta pomnilnik omogoča tudi začasno hranjenje podatkov z virtualnih detektorjev.

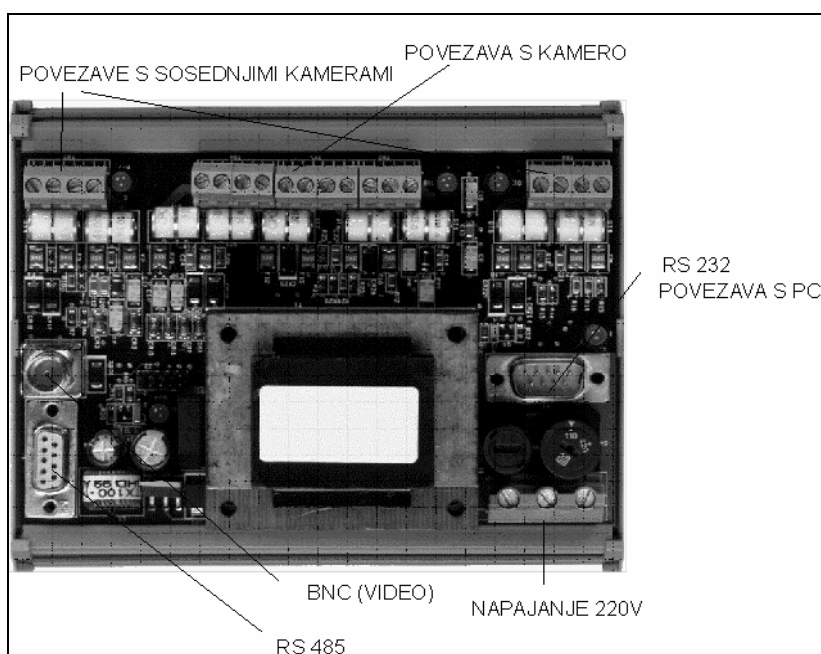
2.3.1.2 *Komunikacijska vmesna plošča*

Komunikacijska vmesna plošča (CIP) deluje kot komunikacija med kamero, operaterjem sistema in vsemi napravami, ki so vodene s strani Autoscope sistema. Preko CIP-a se vodi napajanje kamere in je center sistema povezav (slika 3).

V CIP preko kableske povezave prihaja več signalov (video signal, signal za »detector port master« in komunikacije). Iz CIP-a v kamero pa potuje napajanje in komunikacija. Preko CIP-

a se lahko povežemo lokalno na pripadajočo enoto preko RS 232 povezave na konektorju DB9F. Preko te povezave nastavimo, umerimo in upravljamo kamero. Video izhod je urejen preko BNC konektorja. To sta dve nujni povezavi, ki sta potrebni pri nastavitvi enote, saj se preko povezave RS 232 upravlja z enoto in njenimi nastavitvami (zoom, osvetljenost,...) ter ureja osnovne nastavitve detektorjev, preko video signala pa vršili nadzor nad izbranimi nastavitvami ter postavljenimi detektorji ter njihovim delovanjem. Video izhod se kasneje uporablja za nadzor nad delovanjem enote ter video nadzor nad področjem, katerega pokriva video detekcijska enota.

V primeru, ko so enote povezane v večjo mrežo, se uporablja podatkovna komunikacija RS 485 saj so karakteristike takega prenosa ugodnejše za daljše razdalje v mrežah kjer je več enot.



Slika 9: CIP s svojimi povezavami

Zaradi vedno večjih zmožnosti in dostopnost podatkovnih mrež je proizvajalec pripravil tudi komunikacijsko vmesno ploščo, katera ima že pripravljen priključek (socket) za priklop v Ethernet omrežje. Ta priključek omogoča enostaven priklop enote v že obstoječo ali novo nastajajočo podatkovno omrežje.

2.3.1.3 Komunikacijski kabel

Komunikacijski kabel povezuje Autoscope Solo Pro enoto z komunikacijsko ploščo. Po njem potekajo naslednje povezave:

- Napajanje; tri žile (faza, nula in zemlja),
- Nadzorni sprejemni signal; en par (sprejemna nadzorna komunikacija RS 485 Rx),
- Nadzorni oddajni signal; en par (oddajna nadzorna komunikacija RS 485 Tx),
- Komunikacija Signalna krmilna kartica; (Rx, Tx)
- Video signal; parica

Preglednica 1: Vezalna tabela komunikacijskega kabla

Številka žice	Barva para	Barva žice	Signal	Konektor
1	RJV/ČRN	RJV	24V PWR	1
2	RJV/ČRN	ČRN	24V RTN	2
3		ZEL/RUM	GND	3
4	MOD/ČRN	MOD	SUP RX+	4
5	RJV/ČRN	ČRN	SUP RX-	5
6	RDC/ČRN	RDC	SUP TX+	6
7	RJV/ČRN	ČRN	SUP TX-	7
8	RUM/ČRN	RUM	DET+	8
9	RJV/ČRN	ČRN	DET-	9
10	BEL/ČRN	BEL	VIDEO+	10
11	RJV/ČRN	ČRN	VIDEO-	11

Komunikacijski kabel se tako sestoji iz enajstih žil, ki se na strani detekcijske enote zaključujejo z konektorjem, kateri zagotavlja zadostno stopnjo zaščite (IP) pred zunanjimi vplivi. Druga stran se zaključuje na sponkah komunikacijske plošče, kjer se signali ločijo in prevežejo na standardne konektorje za lokalni pregled ali vezavo v nadaljnje mreže in sisteme.

2.3.2 Kamera in procesor ločeno

V primeru, ko sta kamera in procesor ločena, je izbira kamere poljubna, dokler sta kakovost in format slike zadostna. Procesor je nameščen v tračniško enoto, katera se je vgrajena v tračniški okvir. Tračniška enota je odprto vezja, kar pomeni, da mora biti nameščena v prostor, kjer je zaščitena pred vlago in prahom. Enoti je potrebno zagotoviti dovolj prostora, da se vezje in procesor zadovoljivo hladita.

S povezavami med kamero in procesorskim delom je potrebno zagotoviti zadosten nivo kvalitete slike, da se lahko nemoteno izvaja detekcija. Z uporabo optičnih povezav pa se razdalje uspešnega prenosa seveda povečajo, kar pripelje do ugotovitve, da je ta sistem ustrezen tudi pri prenosih slike do 4km pri uporabi mnogorodnih optičnih povezav in tudi do 40km pri uporabi enorodnih optičnih vlaken.

Razlika med sistemoma, glede na pozicijo procesorja, se pojavi pri komunikacijskimi povezavami med gradniki sistema. Tračniške enote so praviloma nameščene skupaj v točki, v katero se stekajo video signali. V tej točki so enote med seboj povezane v enostavno komunikacijsko mrežo.

2.3.2.1 *Video procesna enota v »Rack« izvedbi*

Video procesna enota v tračniški izvedbi, ki je bila predmet raziskave v diplomski nalogi, je produkt podjetja ISS in se tržno prodaja pod imenom Autoscope Rack Vision. Taka izvedba video detekcijske enote vsebuje isti procesor kot enota Autoscope Solo Pro in ima enake možnosti nastavitvev ter širine izbora in nastavitvev virtualnih detektorjev.



Slika 10: MVP v tračniški izvedbi (Autoscope Rack Vision)

Pri takem načinu izvajanja video detekcije sta procesorski del in vir video signala (kamera) ločeni, kar pomeni, da je potrebno video signal pripeljati do procesorske enote. V tem primeru, moramo zagotoviti ustrezno kvaliteto video signala, da lahko pričakujemo enako detekcijo kot v primeru, ko sta kamera ter procesor v istem ohišju in je komunikacijska pot video signala kratka in ni možna izguba kvalitete signala zaradi daljših prenosnih poti.

Se pravi, da je funkcionalna podoba tračniške izvedbe enaka kot izvedba, kjer sta procesor ter kamera v enem ohišju. Edina razlika, katera je poleg same konfiguracije sistema pomembna, je možnost konfiguracije tračniške izvedbe, da se določene izhodne podatke nastavi tako, da se jih interpretira z električnim potencialnim signalom. Možno je nastaviti osem takih izhodov. Prav tako je mogoče nastaviti štiri elektro potencialne vhode na vsaki tračniški enoti, tako da lahko enota sprejema ter interpretira tudi signale z drugih tračniških enot ali drugih enot, katerih del je video detekcijska enota.

Zaradi vgradnje teh enot v tračniška vodila komunikacijskih omar, je enota pripravljena tako, da jo je lažje servisirati ter pregledovati. Vsi indikatorji osnovnih pomembnih parametrov se nahajajo na sprednji plošči enote. Status funkcij, katere se prikazujejo, je indiciran s pomočjo led diod, tako da je pregled delovanja hiter ter enostaven.

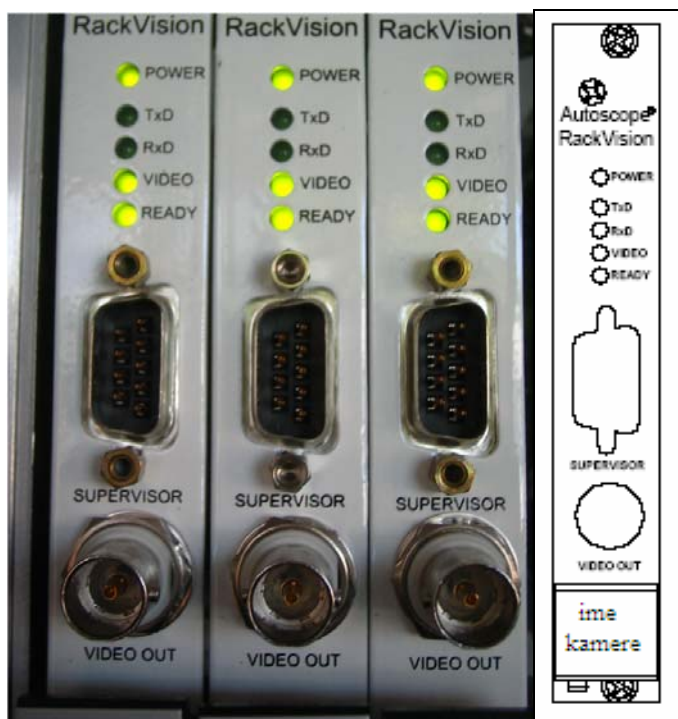
2.3.2.2 Osnovne povezave

Komunikacije in osnovna diagnostika tračniške enote se izvaja preko dveh plošč:

- Sprednja plošča - vsebuje indikatorje delovanja procesorja in komunikacij ter konektorje za servisne preglede enot,
- Zadnja plošča - je namenjena komunikacija med enotami ter vodenju video signala.

Sprednja plošča

Sprednja plošča je namenjena osnovnemu pregledu enote. Na njej se nahaja pet indikatorjev delovanja naprave.



Slika 11: Led indikatorji na sprednji plošči tračniške izvedbe

Led indikatorji prikazujejo naslednja stanja:

- Power; ko je enota pod napetostjo led indikator gori zeleno,
- TxD; ko led indikator gori zeleno enota oddaja podatke;

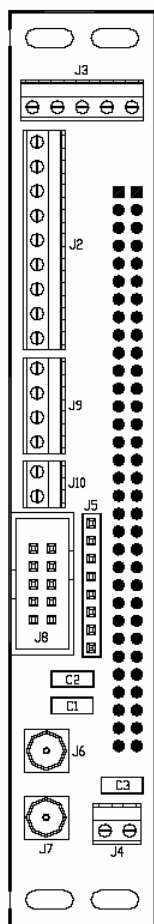
- RxD; ko led indikator gori zeleno enota sprejema podatke;
- Video; ko led indikator gori zeleno je na enoto priklopljen video signal, ki ustreza vsem zahteva procesorja detekcijske enote,
- Ready; led indikator z zeleno barvo prikazuje pripravljenost oziroma stanje procesorja detekcijske enote, le ta deluje, ko je signal zelen.

Na sprednji plošči enote Autoscope Rack Vision se nahajata še dva konektorja. Prvi konektor je komunikacijski konektor, preko katerega lahko dostopamo do procesorja kartice ali katerega koli drugega procesorja, ki je priklopljen v mrežo skupaj s kartico na katero smo priklopljeni. Konektor je DB9M preko katerega komuniciramo po RS 232 komunikaciji. Konektor in konfiguracija priklopa sta enaki za vse produkte Autoscope.

Drugi konektor je BNC konektor za pregled video slike, ki se analizira na enoti. Video slika, ki se prikazuje, je slika s procesorja, tako da je mogoče opazovati poleg osnovne diagnostike, ki se prikazuje na video sliki tudi izbrano delovanje detektorjev z detektorske slike.

Zadnja plošča

Zadnja plošča je namenjen povezavam in inštalacijam, ki so fiksne. Preko zadnje plošče se enota napaja povezuje z drugimi enotami in prevzema video signal. Na zadnji plošči se nastavi in prevezuje tudi vhodno/izhodne elektro potencialne povezave. S temi povezavami se upravlja in se jih nastavi v osnovni detektorski sliki, ki se jo pripravi za vsako detekcijsko enoto posebej.



Slika 12: Shema zadnje plošče tračniške izvedbe

Opis pomembnejših povezav zadnje plošče:

- Konektor J2: konektor je sestavljen iz devetih vijlačnih sponk, kjer vsaka predstavlja svoj izhodni signal, ki se ga predloči na detektorski sliki
- Konektor J3: konektor je sestavljen iz petih vijlačnih sponk, štiri sponke so namenjene vhodnim signalom z drugih enot ali naprav. Peta sponka je namenjena sinhronizaciji ure,
- Konektor J6: SMA video konektor, ki povezuje kamero z procesni enoto,
- Konektor J7: SMA video izhodni konektor. Konektor prevezuje izhodno sliko s procesorja detekcijske enote,

- Konektor J8: 2x5 BUS konektor za povezovanje enot v mrežo, enote se povezuje zaporedno,
- Konektor J9: konektor štirih vijčnih sponk, preko katerega sistem enota ali ena enota komunicira z tretjo stranko (nadzorni računalnik, druge dislocirane enote Autoscope).

Sprednja plošča enote ima nameščen tudi DB9M konektor za lokalni priklop na enoto.

3 POSTAVITEV VIDEO DETEKCIJSKEGA SISTEMA

Nameščanje video detekcijskega sistema lahko ločimo na dva različna dela:

- Namestitev vira video signala (kamere),
- Namestitev video detekcijskega sistema.

Pri projektiranju in nameščanju video detekcijskega sistema in kamer video detekcije je potrebno upoštevati zahteve in zmožnosti tako enega kot tudi drugega dela izgradnje video detekcijskega sistema. Pri tem je potrebno upoštevati osnovni cilj postavitve takega sistema.

3.1 Namestitev vira video signala (kamere)

Pri nameščanju kamere je potrebno upoštevati naslednje pogoje:

- Željeno mesto detekcije,
- Parametre, ki jih želimo detektirati v prometnem toku,
- Možnosti namestitve (objekti, drogovi,...)
- Elementi, ki bi lahko zniževali uspešnost detekcije.

Mesto detekcije določimo glede na željene izhodne podatke video detekcijskega sistema kot samostojnega sistema ali kot podsistema nekega večjega sistema. Sama pozicija kamere pa se določi glede na parametre prometnega toka, ki jih želimo detektirati. Tako na primer postavimo kamero tako, da spremlja prihajajoča vozila v primer, ko štejemo in merimo hitrosti vozil. V primeru detektiranja dolžine kolone pa kamero namestimo tako, da na željenem mestu detekcije, kamera spremlja odhajajoča vozila.

Kamero je za uspešno detekcijo potrebno namestiti dovolj visoko in blizu mesta detekcije. Višina namestitve je odvisna od velikosti območja detektiranja. Pri tem je potrebno paziti, da v vidnem polju kamere ni svetlečih objektov, objektov, ki svetlobno utripajo in obzorja. Ti elementi močno zmanjšujejo uspešnost detekcije, saj prihaja do avtomatičnega zatemnjevanja območja detekcije.

3.1.1 Pozicija kamere

Kamera se namesti na željenem mestu detekcije tako, da kar najbolje pokriva željeni odsek. Kamero se namesti na že obstoječi objekt (nadvoz, portalno konstrukcijo, drog javne razsvetljave...), če je to mogoče in če pozicija kamere ustreza vsem pogojem za uspešno izvajanje detekcije prometnega toka. V primeru, da na lokaciji takih objektov ni, je potrebno postaviti novo konstrukcijo (drog), ki bo zagotavljala pozicijo kamere, kjer bo kamero mogoče namestiti in nastaviti tako, da bo detekcija najuspešnejša.

Načeloma naj bi bila kamera nameščena čim višje nad željenim območjem opazovanja (detektiranja), saj je s tem njen vpadni pogledni kot večji in je detekcija boljša in bolj zanesljiva. Tako, na primer pri prenizko nameščeni kameri, pride do prekrivanja posameznih števnih objektov (npr: tovorno vozilo zakrije osebni avtomobil). Kamero je potrebno namestiti čimbolj v osi smeri odvijanja prometnega toka. S tem se izognemo prekrivanju objektov v prometnem toku in izboljšamo nivo detekcije.



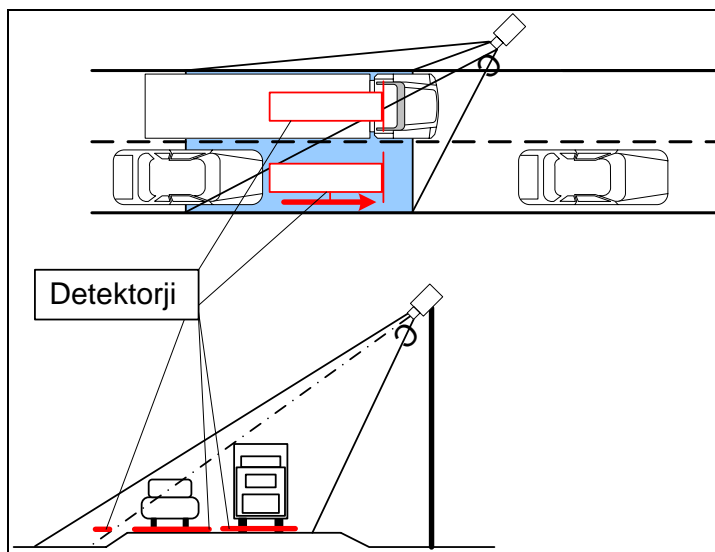
Slika 13: Primer video detekcije na avtocesti

3.1.2 Vidno polje kamere

Vidno polje je območje, ki ga kamera pokriva. Pokrivano območje je odvisno od vpadnega poglednega kota kamere, saj s tem neposredno določamo dejansko površino področja, ki ga kasneje lahko obdelujemo. Pojavi se problem saj kamera obdeluje sliko dvodimenzionalno in so bolj oddaljeni objekti manjši in bolj odvisni od zunanjih dejavnikov (vpadni kot svetlobe, dež, megla, sneg ipd), kar zmanjšuje možnost detekcije spremembe slike, od česar pa je neposredno odvisno delovanje samih detektorjev. Najboljše vidno polje bi tako bilo neposredno pod kamero, kar pa bi zahtevalo nameščanje kamere zelo visoko oziroma direktno nad poljem detekcije. Delno problem rešimo z uporabo »zoom« funkcije, kar nam omogoča širši pogledni kot.

Kamera detektira vozila na podlagi spremembe slike, kar pomeni, da vsaka nenadna sprememba v sliki sproži postavljene detektorje. Zato moramo paziti, da vidno polje ne vključuje obzorja oziroma visoko reflektnih objektov, saj le-ti lahko ali sprožijo detektorje ali pa zmanjšajo občutljivost slike, saj ima kamera avtomatsko zaslonko. Vendar vseh reflektnih objektov ne moremo izločiti iz pogleda kamere, saj je že mokro vozišče lahko moteče zaradi refleksije svetlobe. Ta problem rešujemo z detektorji kontrasta, ki nas opozarjajo na nenadne spremembe svetlobe in lahko posežejo v izhodne podatke kamere.

Pri nameščanju kamere moramo paziti tudi na postavitev v horizontalni ravnini. Najboljša postavitev je, če je mogoče, v osi željenega območja nadziranja in detektiranja, saj se s tako postavitvijo izognemo prekrivanju vozil in lažni detekciji (tovorno vozilo prekrije za njim pozicionirano vozilo ali sproži detektor na sosednjem pasu). V praksi je taka postavitev redka, saj zahteva premostitveni objekt preko območja detektiranja. V večini primerov je kamera nameščena na robu ceste oziroma v ločilnem pasu v primeru avtoceste. Problem okluzije se v takih primerih rešuje z višino namestitve kamere. Višina mora biti taka, da se na pasu, ki je najdlje od kamere, vidi osebno vozilo preko visokega tovornega vozila na pasu bližje kameri.



Slika 14: Minimalna višina namestitve vira video signala (kamere)

Izključevanje visoko reflektivnih objektov iz vidnega polja kamere je mogoče doseči s pozicijo kamere, vpadnim kotom kamere, »zoom«-om in zaslonom na ohišju kamere. Autoscope Solo Pro ima že v osnovnem paketu nastavljiv zaslon kamere. V primeru vzpostavitve video detekcijskega sistema, katerega gradniki so video detekcijski moduli Rack Vision, je izbira kamere in delov, ki zagotavljajo nemoteno delovanje kamere, na izbiro izvajalca. Pri tem je potrebno paziti na izbiro kamere ter ohišja, ki ima nastavljiv zaslon. Z zaslonom lahko izločimo nekatere visoko reflektivne objekte, ne da bi pri tem zmanjševali vidno polje kamere.

3.2 Podatkovne povezave

Ob postavitvi sistema video detekcije je potrebno pridobljene podatke s procesorja video detekcijske enote ovrednotiti in posredovati vmesnemu ali končnemu uporabniku. V ta namen se izvede telekomunikacijska mreža oziroma povezave. Telekomunikacijske povezave se med seboj razlikujejo, glede vrsto video detekcijskega sistema in naravo uporabnika podatkov z video detekcijske enote.

Podatkovna mreža mora biti načrtovana in izvedena tako, da zagotavlja zadosten in kvaliteten prenos podatkov. Pri tem mora biti podatkovna mreža tako stabilna, da zagotavlja varovanje podatkov celotnega video detekcijskega sistema.

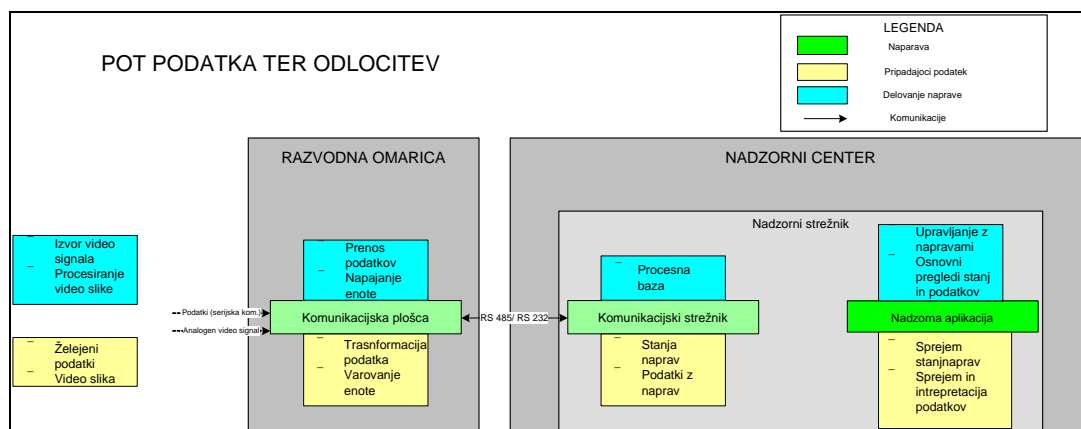
3.2.1 Kamera in procesor v istem ohišju

Komunikacijsko je Solo video detekcijski sistem zahtevnejši od sistema, kjer sta kamera in procesor ločena. Vendar je varovanje podatka pri video detekcijskemu sistemu Solo boljše. Glavni in najboljčutljivejši člen video detekcije je vhodni podatek, to je video slika. Pri Solo sistemu že sama konfiguracija strojne opreme zagotavlja kratko prenosno pot od video vira (kamere) do centralne procesne enote (CPU).

3.2.1.1 Podatkovni prenos

Prenos podatkov do vmesnega ali končnega uporabnika je odvisen od podatka, ki ga želimo prenesti. Podatek lahko prenesemo kot električni impulz ali kot programsko tekstovno vrstico. V primeru, da zbiramo podatke o prometnem toku, na določene intervale, je edina izbira prenos programskih vrstic, ki se lahko prenašajo v paketih preko programskega virtualnega detektorja (detektorske postaje), ali posamezno »v živo« za vsako vozilo oziroma prevoz. Pri tem moramo vzpostaviti podatkovno mrežo, ki podpira tovrstne prenose.

Osnovna izvedba, ki jo ponuja vmesna komunikacijska plošča za komunikacijo z uporabnikom, je serijska komunikacija RS 485, ki omogoča prenose do 115.2kB/s. Serijska komunikacijska mreža omogoča samo povezovanje enakih naprav v podatkovno mrežo. Novejše izvedbe komunikacijske vmesne plošče pa že omogočajo Ethernet povezavo, kar pomeni, da lahko povezujem video detekcijske enote v Intranet podatkovne mreže.



Slika 15: Podatkovna pot pri Autoscope Solo Pro sistemu

Komunikacijska vmesna plošča omogoča poleg programske povezave tudi strojno mehansko povezavo z ostalimi napravami. V ta namen je na komunikacijski vmesni plošči pripravljen serijski izhod, ki povezuje procesor v kameri s signalno krmilno kartico, ki ima elektro potencialne izhode za povezavo z uporabnikom.

3.2.1.2 Prenos slike

V Solo konfiguraciji video detekcijskega sistema prenos slike do uporabnika ni kritičen primeru, da se slika z video detekcijskih enot ne uporablja hkrati tudi v za video nadzor. Tako lahko sliko prenašamo na različne načine, ki ne ohranjajo originalne kvalitete slike in ne delujejo brez mrkov prenosa.

Možne izvedbe so:

- Digitalno-analogen prenos; kjer se prenaša slika od točke do točke. Slika se v pretvorniku spremeni v bite in se pošlje po optični komunikacijski infrastrukturi.
- Ali preko LAN omrežij kot je Ethernet, kjer lahko pričakujemo zastoje v prenosu paketov slik ter nižjo kvaliteto izhodne slike (kompresija).

3.2.2 Kamera in procesor ločeno

Arhitektura sistema, katerega glavni gradnik je Autoscope Rack Vision (kot predstavnik sistema, kjer je procesor ločen od kamere), ima tipično strukturo, kjer so procesorji nameščeni

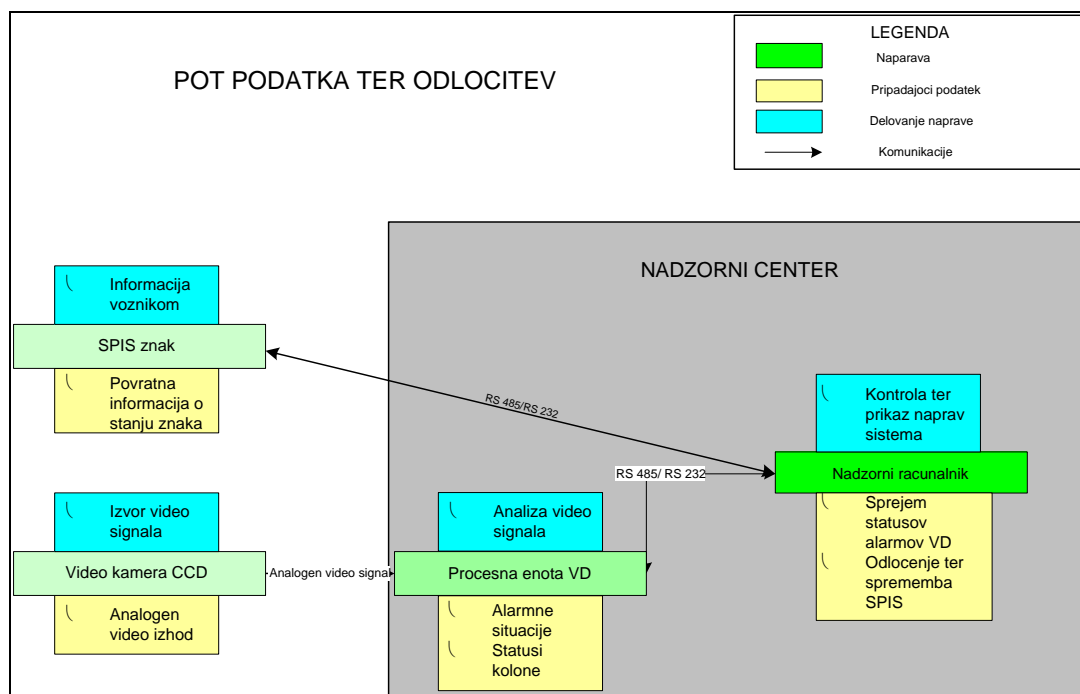
v eni ali več skupnih točkah, v katere se stekajo video vhodni signali. Podatkovna komunikacija med samimi procesorskimi enotami je tako enostavna, posredovanje oziroma zajem podatkov in posredovanje podatkov se izvaja na eni sami točki, kar pomeni lažjo in cenejšo izvedbo podatkovnega dela prenosa.

Posebno pozornost je v teh primerih potrebno posvetiti prenosu video signala, ki mora ustrezati pogojem procesorja. V primeru, da vhodni video signal teh pogojev ne dosega, lahko pride do znižanja nivoja detekcije in do pojava velike števila lažnih alarmov oziroma alarmov, ki so sproženi kot samodiagnostika procesorske enote.

3.2.2.1 Podatkovni prenos

Podatki se prenašajo med procesorskimi enotami po serijski komunikaciji RS 485. Izhodna komunikacija je prav tako serijska komunikacija. Autoscope pri tem ponuja dve vrsti izhodne komunikacije:

- RS 232 izhodni podatkovni modul, preko katerega se izvaja predvsem servisne posege,
- RS 485 izhodni podatkovni modul, ki je namenjen komunikaciji s končnim uporabnikom.



Slika 16: Podatkovna pot pri Autoscope Rack Vision sistemu

Poleg serijskih programskih povezav ima Autoscope Rack Vision enota tudi že vgrajene elektro-potencialne izhode, ki jih je mogoče povezovati direktno s končnim uporabnikom.

3.2.2.2 Prenos slike

Prenos slike od vira do procesorske enote je pri tej konfiguraciji sistema video detekcije ključnega pomena. Hkrati je ta povezava najšibkejša točka take konfiguracije. Video signal kot osnovna podlaga za detekcijo prometnih tokov mora zadoščati karakteristikam, ki so predpisane s strani proizvajalca video detekcijske opreme. Pomemben pogoj, ki ga je pri načrtovanju komunikacij potrebno upoštevati, je zagotovitev nenehnega prenosa video slike ali pretoka. Pri prenosu ne sme prihajati do prekinitve prenosa ali zamrznjenja podatka slike.

Taki prenosi se na krajše razdalje izvajajo z analognim signalom po bakrenih koaksialnih kabljih. Problem prenosa nastane pri velikih razdaljah, kjer se za prenos uporablja optično omrežje. Pri takih omrežjih se velikokrat pojavi želja priklopa slike v TCP/IP omrežje. Tako omrežje je paketno in nam tudi pri visokih pasovnih širinah ne zagotavlja zadovoljivega prenosa. Za tak prenos je potrebno sliko digitalizirati (kodirati) in na strani procesorja spet

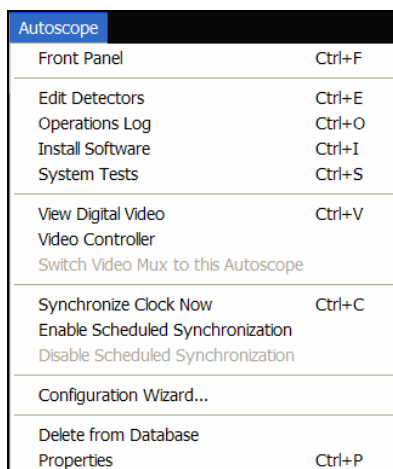
konvertirati v analogni signal. Pri vsaki taki pretvorbi se zgublja kvaliteta slike, kar otežuje delo virtualnih detektorjev.

Za prenos video slike se v praksi uporablja digitalno analogni prenos, ki deluje na principu točka – točka in deluje kot živo pretakanje video signala (live video streaming).

3.3 Osnovne nastavitve detekcijske enote

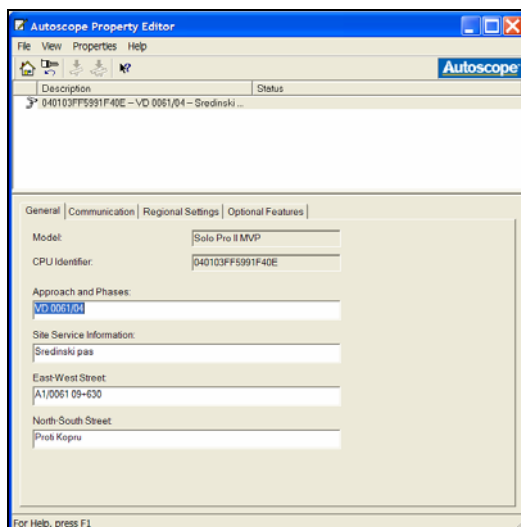
Vsaki detekcijski enoti je potrebno pred končno namestitvijo in zagonom nastaviti lastnosti enote. Te lastnosti zagotavljajo nemoteno delovanje enote v sistemu Autoscope video detekcijskih enot. Pri tem se nastavlja tudi osnovne strojne nastavitve komunikacij in delovanja kamere (vir vhodnega signala). Za delovanje so pomembne tudi nastavitve o mestu namestitve enote. Te podatke enota privzame in preko njih računa potovanje sonca in dolžino dneva.

Osnovne lastnosti se nastavi tako, da se izbere v osnovnem pogledu meni Autoscope in izbere podmeni Lastnosti (Properties).



Slika 17: Osnovni meni za določanje lastnosti video detekcijske enote

Odpre se nam okno z štirimi zavihki, ki določajo vsak svoje področje.



Slika 18: Okno Lastnosti

- Zavihek General – Splošno; nam omogoča nastavljanje opisnih imen namestitve in nadzora video detekcijske enote.
- Zavihek Communication – Komunikacija; zajema nastavitve komunikacijskih zahtev:
 - IP naslov; omogoča naslavljanje v TCP/IP omrežju,
 - Tip komunikacije; direktno ali preko modema,
 - Hitrost komunikacije preko serijskih komunikacij,
 - Število DPM enot,
 - Možnost uporabe premikanja kamere (Pan, Tilt, zoom).
- Zavihek Regional Settings – Regionalne nastavitve, kjer se nastavi časovni pas mesto namestitve. Podatki so tako pomembni, da je možno vnesti zemljepisno širino in višino. S pomočjo teh podatkov enota izračunava pot sonca in nastanke senc.

3.4 Postavitev virtualnih detektorjev

3.4.1 Vrste virtualnih detektorjev

Detektorje lahko po namenu njihovega izhoda ločimo na dve skupini in sicer:

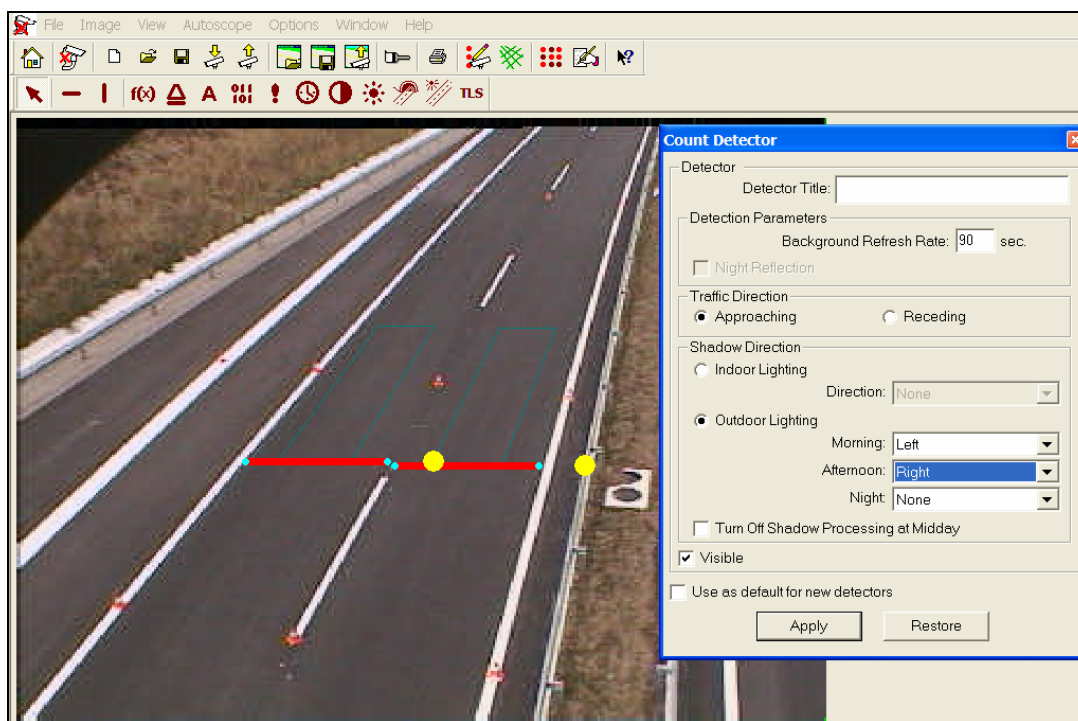
- Osnovni detektorji; so virtualni detektorji, ki na podlagi spremembe slike in njihovega algoritma direktno detektirajo vozilo,

- Sekundarni detektorji; so detektorji, ki so vezani na osnovne detektorje in analizirajo njihove izhodne podatke ali pa jih povezujejo v logične enote in se jih kot same interpretira kot izhodni podatek.


Pri detektiranju in analizi prometnih tokov Autoscopovi sistemi uporabljajo več vrst namenskih detektorjev. Detektorji lahko delujejo posamezno ali v skupinah. Pri detekciji je potrebno upoštevati, da MVP (procesor) obdeluje dvodimenzionalno sliko, in se njegova natančnost detektiranja zmanjšuje z oddaljenostjo od kamere, saj objekti zasedajo vse manj točk v sliki (piksli) in jih je težje detektirati (razpoznati), iz istega razloga pa so oddaljeni objekti bolj občutljivi na motnje v sliki, kot so megla, padavine, nenadno močno sonce ipd.

3.4.1.1 Avtomatski števec

Avtomatski števec (count detector) zbira podatke o prehodu vozil preko nadzorovanega preseka. Detektor se vklopi, ko se na opazovani liniji spremeni slika. Avtomatski števec se zaradi večje uspešnosti pri štetju prometnih tokov kombinira z detektorjem prisotnosti vozil. V kompleksnejših detektorskih slikah se avtomatski števec kombinira z detektorjem hitrosti (kot na sliki).



Slika 19: Primer postavitve dveh števecov na voznem in prehitevalnem pasu (kombinacija detektorja prisotnosti vozil in avtomatskega števca)

Avtomatski števec se postavi z izborom druge ikone v tretji vrsti . S klikom miške se ga postavi na željeno mesto, praviloma pravokotno na linijo vožnje. Poleg postavitve je potrebno paziti na nastavitve. Njihov izbor se prikaže po dvojnem kliku na željen detektor. Avtomatski števec ima naslednje možnosti nastavitve:

- Detector Title - Ime Detektorja; števcu se prida ime ali opis, kar v nadaljnji obdelavi detektorske slike in ostalih operacijah kot je npr. zbiranje podatkov, olajša delo.
- Background Refresh Rate – hitrost osveževanje ozadja; podatek, ki se podaja v sekundah in nastavlja hitrost osveževanja osnovne slike, s katero procesor pregleduje spremembe slike in določa prisotnost vozila.
- Traffic Direction – Smer Vožnje; na izbiro imamo dve možnosti, s katere smeri prihaja promet pod detektor:
 - Approching – Prihajajoči; pomeni, da promet prihaja v območje kamere tako, da je kameri zmeraj bližje (se približuje),

- Receding – Odhajajoči; pomeni da promet prihaja v območje kamere tako, da se od kamere oddaljuje (se oddaljuje).
- Shadow direction – Smer Senc; razdelek omogoča nastavitve glede pozicije najmočnejšega vira svetlobe. Namen je izločanje lažnih detekcij, ki bi bile posledica premikajočih se senc pod detektorjem. Nastavitve so naslednje:
 - Indoor Lighting – Notranja Osvetlitev; preprečuje napačno detekcijo zaradi potujočih senc vozil na sosednjem pasu v prostoru, kjer je osvetlitev konstantne (ni potujočega sonca)
 - Outdoor Lighting – Zunanja Osvetlitev; preprečuje napačno detekcijo zaradi potujočih senc vozil na sosednjem pasu, kjer so definirane pozicije sonca v času dneva. Algoritem upošteva premikanje sonca v času dneva. Smer s katere prihaja sonce (osvetlitev) se prikaže z rumenim krogom, ki je nameščen na strani detektorja, s katere osvetlitev prihaja. Nastavitve so:
 - Morning – Jutro; možnosti (z leve, z desne, ni smeri),
 - Afternoon – Popoldne; (z leve, z desne, ni smeri),
 - Night – Noč; (z leve, z desne, ni smeri),
 - Turn of Shadow Processing at Midday – Izklop procesiranja senc opoldne; procesiranje senc se opoldne izklopi, saj so sence takrat najmanjše. Upošteva se vpadni kot sonca glede na geografsko višino in širino ter letni čas.
- Visible – Viden; ali je detektor na video izhodni sliki viden ali ne.

3.4.1.2 Detektor prisotnosti vozil

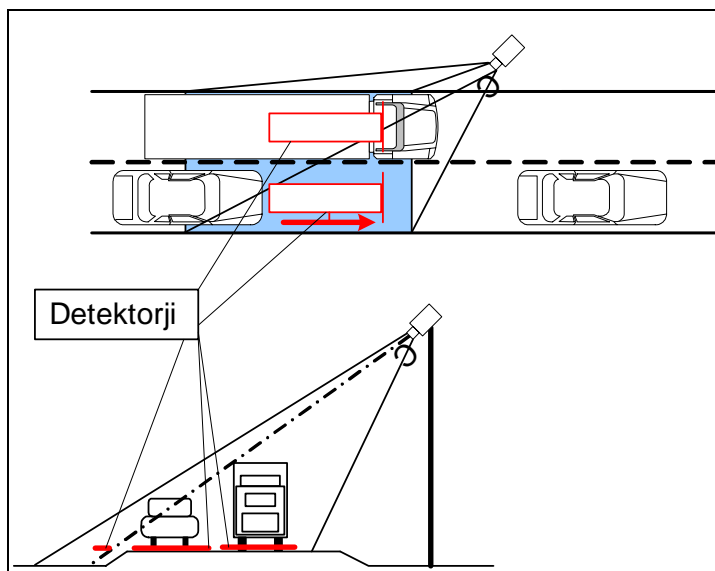
Detektor prisotnosti vozil (presence detector) zazna prisotnost vozil v vidnem polju. Zaradi velike natančnosti so skoraj obvezni pri zaznavanju zastojev (kolon) na cestah.

Detektor prisotnosti se uporablja v treh različicah, glede na namen uporabe in stanje vozil:

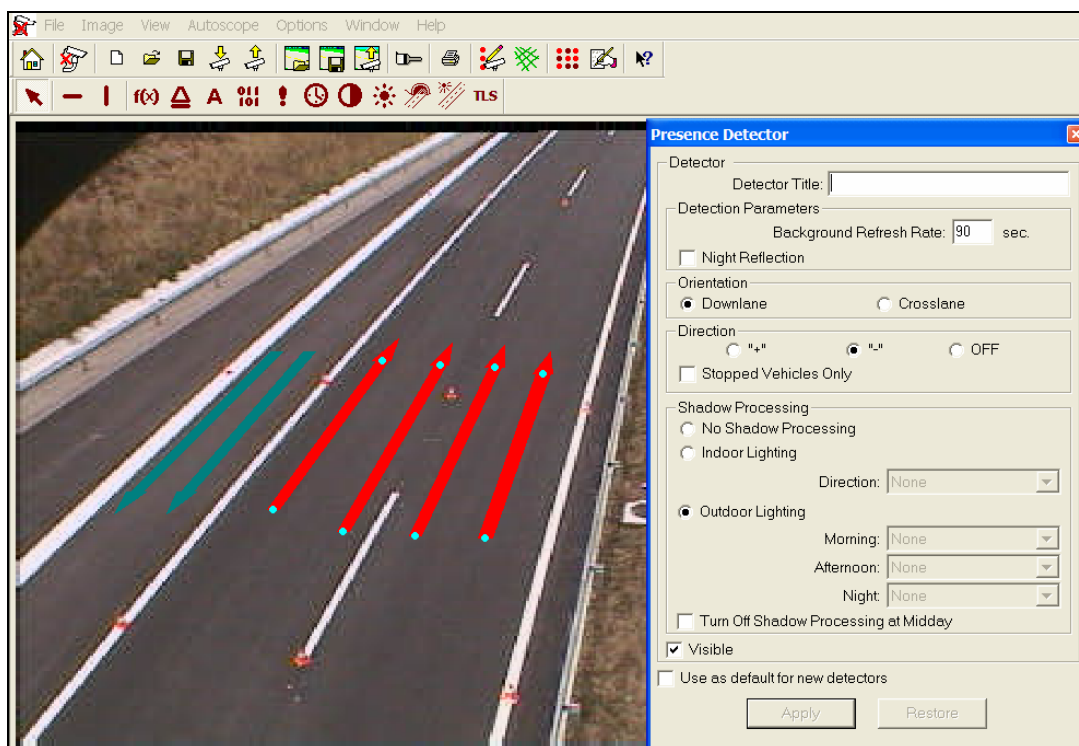
- vozila se premikajo v katerikoli smeri (detektor se sproži ne glede na smer vožnje vozila),
- vozila se gibljejo v določeni smeri (detektor zazna le vozila, ki se gibljejo v točno določeni smeri, izloči vozila, ki se gibljejo v neizbrani smeri),
- vozila, ki so zaustavljena.

Na odprtih cestah in avtocestah se detektor prisotnosti vozil lahko uporablja kot najava izrednega dogodka (zaustavitev vozila na odstavnem pasu, stoječe vozilo na voznem pasu ipd.). Detektorje se namesti na odstavni pas ali bankino, kjer se jim določi vklop po določenem času zasedenosti.


Detektor prisotnosti vozil se lahko uporablja tudi v kombinaciji z detektorjem hitrosti. V tem primeru se ga priklopi na detektor hitrosti kot člana detektorja. Namen te povezave je izločanje napačnih ali dvojnih detekcij zaradi prekrivanja vozil. Visoko vozilo vozi po svojem pasu in zaradi višine sproži tudi detektor hitrosti na sosednjem pasu. Pozicija detektorja prisotnosti je taka, da ga sproži vozilo na odmaknjenem pasu, vendar ga ne sproži nobeno vozilo na kameri bližjem pasu. Več primerov uporabe je opisanih v nadaljnjih poglavjih.



Slika 20: Način uporabe usmerjenega detektorja prisotnosti vozil kot diskriminatorja pasu pri štetju prometa



Slika 21: Uporaba usmerjenega detektorja prisotnosti vozil pri detekciji izrednih dogodkov na AC

Detektor prisotnosti vozil se namesti v detektorsko sliko s pomočjo ikone . Detektor se položi na mesto željene detekcije praviloma vzdolžno s prometnim tokom. Konfiguracija detektorja je odvisna od pozicije detektorja, mesta namestitve kamere in željenega izhodnega podatka. Nastavitve so:

- Detector Title - Ime Detektorja; detektorju se prida ime ali opis, kar v nadaljnji obdelavi detektorske slike in ostalih operacijah kot je npr. zbiranje podatkov, olajša delo.
- Background Refresh Rate – hitrost osveževanje ozadja; podatek, ki se podaja v sekundah in nastavlja hitrost osveževanja osnovne slike, s katero procesor pregleduje spremembe slike in določa prisotnost vozila. Za odprto cesto naj bi bil čas osveževanja med 60 in 90 sekundami. Za križišča pa ne sme biti daljši od ciklusa križišča, v tem primeru detektor stoječe vozilo privzame kot podlago.

- Night reflection – Nočna refleksija; določi ali naj procesor kompenzira odboj svetlobe sprednjih žarometov vozila od površine cestišča. Če se opcija ne izbere lahko prihaja do detekcije refleksa sprednjih žarometov.
- Orientation – Orientacija; določi ali je detektor postavljen vzdolžno (Downlane) ali prečno (Crosslane) glede na smer vožnje. V primeru, da je detektor postavljen vzdolžno se da določiti tudi naslednjo lastnost,
- Direction – Smer; Označena oznaka plus »+« pomeni, da detektor zaznava samo vozila, katera potujejo v smer prometnega toka (specificirano pri umerjanju vidnega polja). Označena oznaka minus »-« pomeni, da detektor zaznava vozila, ki se premikajo v nasprotni smeri prometnega toka. Označen OFF pomeni, da detektor zaznava vozilo, ki se premika v katerikoli smeri glede na detektor in prometni tok.
 - Stopped Vehicles Only – Samo zaustavljena vozila; detektor odda signal za detekcijo samo v primeru, da je pod njim stoječe vozilo.
- Shadow processing – Procesiranje senc;
 - No Shadow processing – Ni procesiranja senc; pomeni, da ne glede na postavitev kamere in detektorja na detektorski sliki, procesiranje senc ne vpliva na detekcijo.
 - Indoor Lighting – Notranja Osvetlitev; kamera je postavljena v prostoru, kjer je vir svetlobe statičen.
 - Outdoor Lighting – Zunanja osvetlitev; kamera je nameščena v prostoru (na odprtem) kjer osvetlitev (sonce) preko dneva potuje.
 - Turn of Shadow Processing at Midday – Izklop procesiranja senc opoldne; procesiranje senc se opoldne izklopi, saj so sence takrat najmanjše. Upošteva se vpadni kot sonca glede na geografsko višino in širino ter letni čas.

Nastavitve pri smeri vira svetlobe so za usmerjene detektorje prisotnosti zaklenjene, saj smer procesor določa sam.

- Visible – Viden; ali je detektor na video izhodni sliki viden ali ne.

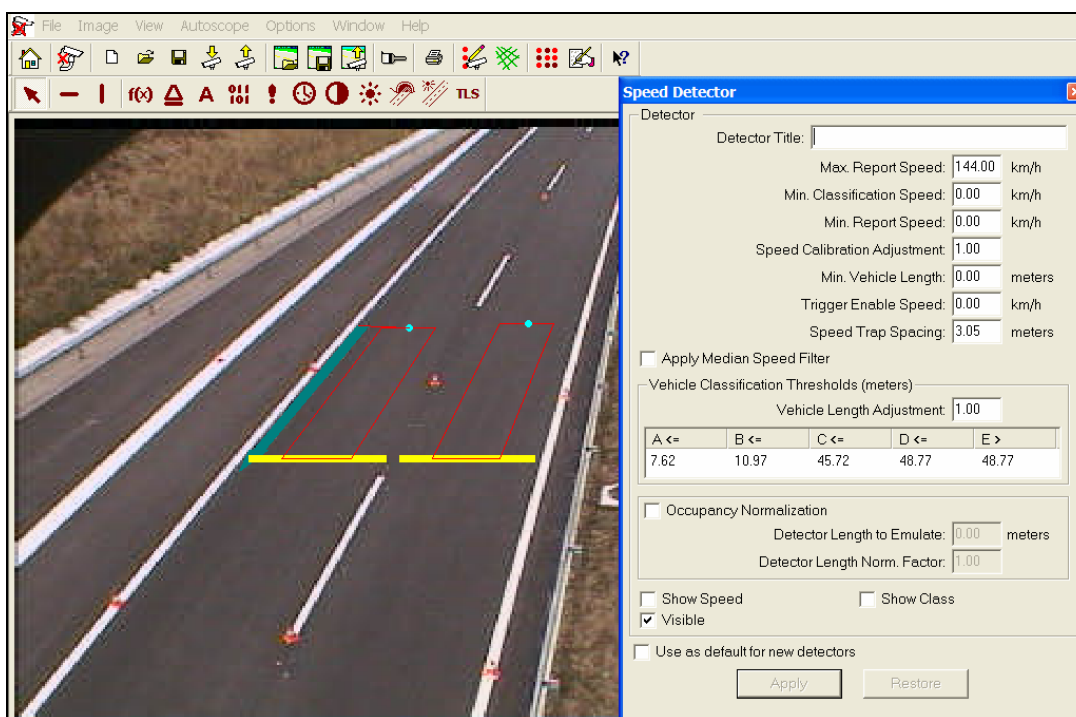
3.4.1.3 Detektor hitrosti vozil

Detektorji hitrosti vozil generirajo naslednje informacije o prometnem toku:

- hitrost vozil [km/h]
- dolžina vozil [m]
- klasifikacija vozil, glede na izmerjeno dolžino vozila v pet razredov.

Sam detektor hitrosti je sestavljen iz dveh delov (detektorjev). Prvi del je detektor hitrosti, ki izmeri hitrost vozila. Če ni vezan preko funkcijskega detektorja na detektor ločevanja prometa, takoj javi hitrost vozila. Drugi del detektorja je avtomatski števec, ki izračunava dolžino vozila preko katere se določi kategorija vozila.

Detektor hitrosti zglada kot štirikotna zanka na katero je vezan avtomatski števec. Velikost in pozicija detektorja se določa z avtomatskim števcem, ki je pozicioniran za detektorjem hitrosti (glede na smer vožnje). Detektor na več mestih izmeri hitrost vozila in nato zanemari izmerjene hitrosti, katere odstopajo preveč ter ostale povpreči in poda vrednost hitrosti vozila. Če so izmerjene hitrosti preveč razlikujejo med seboj detektor hitrosti poda znak (?) kot neizmerjeno hitrost.




Slika 22: Postavitev detektorjev hitrosti

Detekcija hitrosti vozila, ki se vrši na detektorju, je odvisna od pozicije kamere. Problem video detekcije hitrosti je, da imajo vozila različno višino, kar prinese do odstopanj od realnih vrednosti hitrosti, saj se višja vozila gibljejo hitreje kot nižja skozi določeno dvodimenzionalno polje slike kamere. Ta pojav se delno lahko rešuje pri določanju lastnosti detektorja in sicer z nastavitvijo »calibration adjustment«, ki upošteva višino vozila in višino kamere in opravi redukcijo hitrosti glede na pozicijo kamere.

Od hitrosti vozila je odvisna tudi njegova klasifikacija. Odstopanja detekcije od pravih hitrosti vozil in s tem napačne klasifikacije, se rešuje z izračunom povprečne hitrosti, katere uporabo se prav tako določi pri nastavitvah lastnosti detektorjev.

Nad detektorji hitrosti se uporablja detektor dogodkov in opozorilni detektor hitrosti, ki se vklaplja, ko je presežena v naprej določena hitrost vozila.

Detektor hitrosti se postavlja na prometni pas tako, da avtomatski števec sledi hitrostni zanki (detektorju hitrosti). Dolžina je določena avtomatsko, potrebno je le paziti, da je os detektorja vzporedna s smerjo vožnje. Detektor se postavi s klikom na ikono  in mesto, kjer želimo postaviti detektor. Glede na pozicijo kamere in smer opazovanja prometa je potrebno nastaviti parametre avtomatskemu števcu in detektorju hitrosti. Nastavitve detektorja hitrosti so naslednje:

- Detector Title - Ime Detektorja; detektorju se prida ime ali opis, kar v nadaljnji obdelavi detektorske slike in ostalih operacijah kot je npr. zbiranje podatkov, olajša delo.
- Max. Report Speed – Najvišja podana hitrost; je najvišja izmerjena hitrost vozila. Če vozilo potuje hitreje, detektor poda vrednost najvišje podane hitrosti.
- Min. Classification Speed – Najnižja hitrost klasificiranja vozil je parameter, ki določa mejo pod katero detektor ne poda razreda vozila. Če je meja nastavljena na 30 *km/h* in vozilo potuje 20 *km/h*, ga detektor prešteje, vendar ne poda razreda vozila. S tem se izognemo napačnemu klasificiranju v območjih manjših hitrosti, kjer v območju detektorja vozila pospešujejo in so lahko dolžine vozila napačno izmerjene.


- Min. Report Speed – Najnižja podana hitrost; je najnižja izmerjena hitrost vozila. Če vozilo potuje počasneje, detektor poda vrednost najnižje podane hitrosti.
- Speed Calibration Adjustment – Faktor kalibracije hitrosti; faktor je namenjen kompenzaciji pri detektiranju hitrosti na različnih višinah. Vozila, katera potujejo višje, z vidika kamere potujejo hitreje. S tem faktorjem se kompenzira take razlike v višinah detektiranja. Poleg tega se lahko uporablja tudi za manjše kalibriranje detektorja hitrosti, če se opazi manjša odstopanja hitrosti od dejanskih hitrosti doseženih in izmerjenih na sami cesti.
- Min. Vehicle Length – Najkrajša dolžina vozila; če najkrajša dolžina vozila ni enaka nič, pomeni da se v primeru, ko je detektor hitrosti vezana na DPM, pojavi signal v taki dolžini kot je izmerjena količina med Najkrajšo dolžino vozila in izmerjeno hitrostjo prevoza.
- Trigger Enable Speed – Mejna vrednost diskriminatorja detektorja hitrosti; kot diskriminator detektorja hitrosti se uporablja detektor prisotnosti (kot opisano v razdelku detektor prisotnosti vozil). Pri visokih hitrostih se lahko, zaradi kratke zasedenosti detektorja, pojavljala napačna detekcija hitrosti in zasedenosti detektorja. Z mejno vrednostjo povemo do katere hitrosti diskriminator deluje.
- Speed Trap Spacing – Razdalja med znanimi detektorji; spremenljivka se uporablja samo v primeru, ko je detektor hitrosti vezan na DPM in predstavlja dve zaporedni induktivni zanki. V tem primeru se glede na hitrost in podano razdaljo med znanimi detektorji preračuna časovni razmik med impulzi posameznih simuliranih zank.
- Apply Median Speed Filter – Uporaba filtra povprečenja hitrosti; ob izboru tega filtra se na detektorju hitrosti podajajo povprečne vrednosti vsaj zadnjih petih pravilno izmerjenih hitrosti. Filter je posebej zelo uporaben na odprtih cestah, kjer si vozila pri visokih hitrostih sledijo tesno eno za drugim.
- Vehicle Classification thresholds (meters) – Mejne vrednosti klasifikacije vozil (v metrih); razdelek definira zgornje mejne vrednosti petih različnih kategorij vozil. Kategorizira se na podlagi dolžine vozil. Le razred E je določen s svojo spodnjo mejo, vse dolžine, ki so višje, spadajo pod razred E.

- Vehicle Length Adjustmet – Faktor dolžine vozil; je faktor, ki se uporablja za natančnejšo kalibracijo dolžine vozil, v primeru, da je ugotovljeno, da dolžine odstopajo od realnih dolžin vozil.
- Occupancy Normalization – Kalibriranje zasedenosti detektorja; Autoscope sistemi merijo zasedenost detektorja preko vizualne zasedenosti polja detekcije. To lahko (zaradi zornega kota) odstopa od ostalih detektorjev. Izhodni podatek je možno kalibrirati z naslednjima parametroma:
 - Detektor Length to Emulate – Dolžina Računskega detektorja; je dolžina namišljenega detektorja, na katerem procesor računa zasedenost področja. Za odprte ceste, kot je AC, je priporočilo 0m, kar pomeni da je računski detektor prečna daljica in je zaradi tega bolj natančna.
 - Detektor Length Norm. Factor – Faktor kalibracije dolžine računskega detektorja; je faktor s katerim popravljamo konstantni odklon izmerjene količine od dejanske količine. Faktor se lahko giblje med 0.00 in 2.00.
- Show Speed – Prikaz hitrosti; hitrosti se prikazujejo na video sliki s procesorja.
- Show Class – Prikaz klasifikacijskega razreda; klasifikacijski razred prevoženega vozila se prikaže na video sliki.
- Visible – Viden; ali je detektor na video izhodni sliki viden ali ne.

3.4.1.4 Tunelski linijski detektor (TLD)

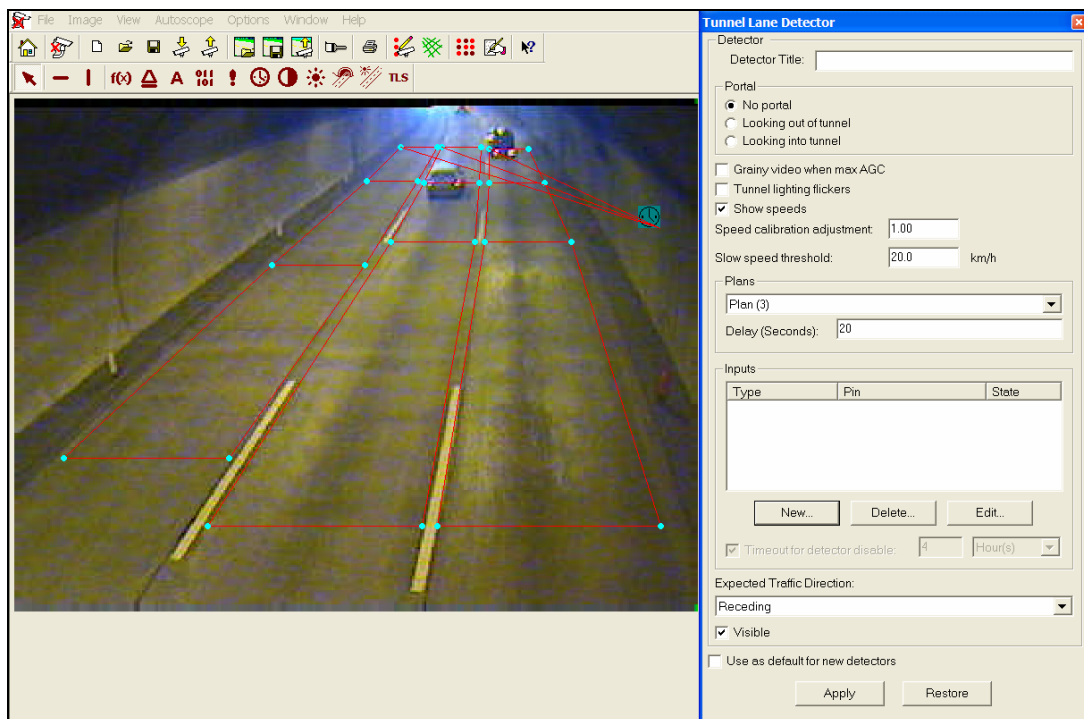
Tunelski linijski detektor je namenjen detekciji izrednih dogodkov v predoru. Detektira naslednje izredne dogodke:

- Zaustavljeno vozilo (prednastavljeno stanje),
- Počasi vozeče vozilo in/ali,
- Nasproti vozeče vozilo.

Za kar najboljšo detekcijo se detektor postavlja preko cele širine voznega pasu in sicer v željeni dolžini detektiranja, dokler vozilo na koncu slike zavzema še nekje normalno velikost na sliki. Detektor se začne risati s klikom na ikono . Meje detektorja se prične zarisovati levo spodaj v smeri urinega kazalca. Na levi strani je mogoče določiti 16 točk, katere

pomagajo slediti kateri koli krivini, za natančnejšo detekcijo in izločanje kakršnih koli oznak ali anomalij na voznega pasu.

Poleg tega je za uspešno detekcijo pomembna pozicija kamere glede na potek prometa. Promet se mora odvijati na sliki kamere od zgoraj proti dnu ali obratno. Nikoli ne sme promet potovati prečno na pogled kamere, saj v tem primeru detekcija s pomočjo TLD ne bo uspešna.



Slika 23: Primer postavitve tunelskih linijskih detektorjev

Detektor spremlja hitrosti vozil in podaja njihovo povprečno hitrost. Detektor ni namenjen štetju prometa, le spremljanju prometa in prometnega toka. Ob znižanju povprečnih hitrosti je v sklopu detektorja možno nastaviti mejo, ob kateri se v vklopi alarm (Slow Vehicle – Počasno vozilo). Detekcija počasnega vozila se dogaja na začetku detektorja (na delu bližje kameri), kjer je detekcija bolj natančna, kar zagotavlja večjo uspešnost detektiranja in manj lažnih alarmov.

Detektor v sklopu spremljanja prometnega toka detektira tudi zaustavljeno vozilo. Glavna nastavitvev alarma je zadrževanje alarma, kar določa čas, ko mora vozilo na polju detektiranja

stati. Višje časovno okno pomeni manj lažnih alarmov, znižuje pa uspešnost detekcije, še posebno na delih detekcijskega polja, kjer prihaja do okluzije. V tem primeru vozilo, katero potuje po sosednjem pasu, znova postavi časovno okno na začetek. V primeru, da kamera detektira zaustavljeno vozilo na najbolj oddaljenem pasu, se lahko zgodi, da ne pride do detekcije vozila, če je promet na bližji pasovih prevelik in je pri tem pozicija kamere prenizka.

Detektor ima kot osnovni izhodni alarm in podatek tudi nasprotno vozeče vozilo. Detekcija takega vozila se vrši na začetku detektorja, kjer je natančnost detekcije višja. Detektor je nastavljen tako, da se ne vklaplja v primeru okluzije, tudi, če tako vozilo vozi v napačno smer. Prav tako detektor izključuje detekcijo sprednjih žarometov in njihovega sija nasproti vozečih vozila na sosednjem pasu. Alarm za nasprotno vožnjo se vklopi in ostane vklopljen 30 sekund od zadnjega nasprotnega prevoza. Alarm se javi samo ob prvem prevozu in se nastavi v nevtralnem stanju, ko ga prvo vozilo prevozi v pravi smeri.

Vse nastavitve detektorja se nastavi preko aktivnega okna Lastnosti (Properties). Nastavitve so:

- Detector Title - Ime Detektorja; detektorju se prida ime ali opis, kar v nadaljnji obdelavi detektorske slike in ostalih operacijah kot je npr. zbiranje podatkov, olajša delo.
- Portal – Portal; razdelek portal je namenjen poziciji detekcijskega polja v predoru. Tako je lahko kamera in s tem detekcijsko polje nameščeno tako, da pokriva naslednje možnosti:
 - No portal – Ni portala; pomeni, da je kamera nameščena v predoru tako, da ni nikakršne osvetlitve, razen predorske razsvetljave. Tako programska oprema v času dneva ne upošteva pojavljanja sonca in njegove poti.
 - Looking out of tunnel – Pogled ven iz predora; Programska oprema v času dneva ne detektira zaustavljenih vozil v območju predora, ki je bližje vhodnemu/izhodnemu portalu, saj je slika v tem območju lahko presvetljena, kar se rezultira v napačni detekciji zaustavljenega vozila.

- Looking into tunnel – Pogled v predor; Informacija pove programske opreme, da dnevna svetloba izvira za njo. Ta informacija procesorju zagotavlja uspešnejšo detekcijo v obdobju dneva.
- Grany video when max. AGC – Zrnava video slika ob maksimalnem ojačanju; v predorih, kjer je malo svetlobe, kamere poizkušajo dvigniti nivo slike z zvišanjem ojačanja slike. Rezultat tega je zrnava video slika, kar lahko vpliva na nivo detekcije. Ta podatek pove procesorju, da je možnost nastanka zrnivosti v video sliki.
- Tunnel light flickers – Utripajoča predorska luč; V primeru, ko v predoru zaradi kakršnega koli razloga katera od luči razsvetljuje ali signalizacije utripa, je možno z izbiro te lastnosti, procesorju olajšati detekcijo ob takem pojavu.
- Show speed – Prikaži hitrost; na izhodni video sliki se ob detektorju prikazujejo hitrosti vozil.
- Speed Calibration Adjustment – Faktor kalibracije hitrosti; faktor je namenjen kompenzaciji pri detektiranju hitrosti na različnih višinah. Vozila, katera potujejo višje, iz vidika kamere potujejo hitreje. S tem faktorjem se kompenzira te razlike. Poleg tega se lahko uporablja tudi za manjše kalibriranje detektorja hitrosti, če se opazi manjša odstopanja hitrosti od dejanskih hitrosti doseženih na sami cesti.
- Slow Speed Threshold – Mejna vrednost počasnega vozila; je meja, ki jo določimo. Za vozila, katerih hitrost je izmerjena pod to mejo, detektor javi alarm za počasno vozeče vozilo.
- Plans – Plani; omogoča povezovanje na detektor Urnik, pri katerem se določi plane konic (jutranja, popoldanska,...), v katerih se pričakuje zgoščen promet. Z razdelkom Delay (Seconds) – Zadrževanje signala, lahko pri teh planih določimo zamik javljanja alarma zaustavljenega vozila. Ta parameter se uporabi, ko ob prometnih konicah pričakujemo zastoje (npr. zaradi semaforiziranega križišča), kar bi privedlo do alarma, tako signal nadalje zadržimo (za cikel semaforkega programa) in s tem izločimo nepotrebne alarme.
- Inputs – vhodni podatek; Razdelek se uporablja, ko se detektorju določa specifično obnašanje, glede na vhode na kartici (Rack Vision ali Detector Port Master).
 - Input Type – Tip vhoda; definira detektor, ki spremeni delovanje TLD:

- Lightning Level – Stopnja Razsvetljave; vhodni podatek je jakost predorske razsvetljave,
- Enable detector – Vkllop detektorja; vklopi detektor, ko je status vhoda pravilen (ON ali OFF),
- Disable detector – Izklop detektorja; izklopi detektor, ko je status vhoda pravilen (ON ali OFF),
- Approaching – Prihajajoč; ko je status vhoda v predoločeni poziciji je detektor nameščen za prihajajoč promet, drugače je nastavljen za odhajajoč promet,
- Receding – Odhajajoč; ko je status vhoda v predoločeni poziciji je detektor nameščen za odhajajoč promet, drugače je nastavljen za prihajajoč promet,
- IO Pin – Vhodno/Izhodna sponka; določi sponko na katero se vhod in status vhoda nanašata,
- State – Položaj; definira položaj statusa, ko se vklopi Tip vhoda,
- Expected Traffic Direction – Pričakovana smer prometa; definira v katero smer se glede na pozicijo kamere in detektorske slike premika detektirani prometni tok:
 - Approching – Prihajajoč; prometni tok se kameri približuje,
 - Receding – Odhajajoč; prometni tok se od kamere oddaljuje,
- Visible – Viden; ali je detektor na video izhodni sliki viden ali ne.

Detektor je možno vezati na urnik (detektor opisan v nadaljnjih poglavjih).

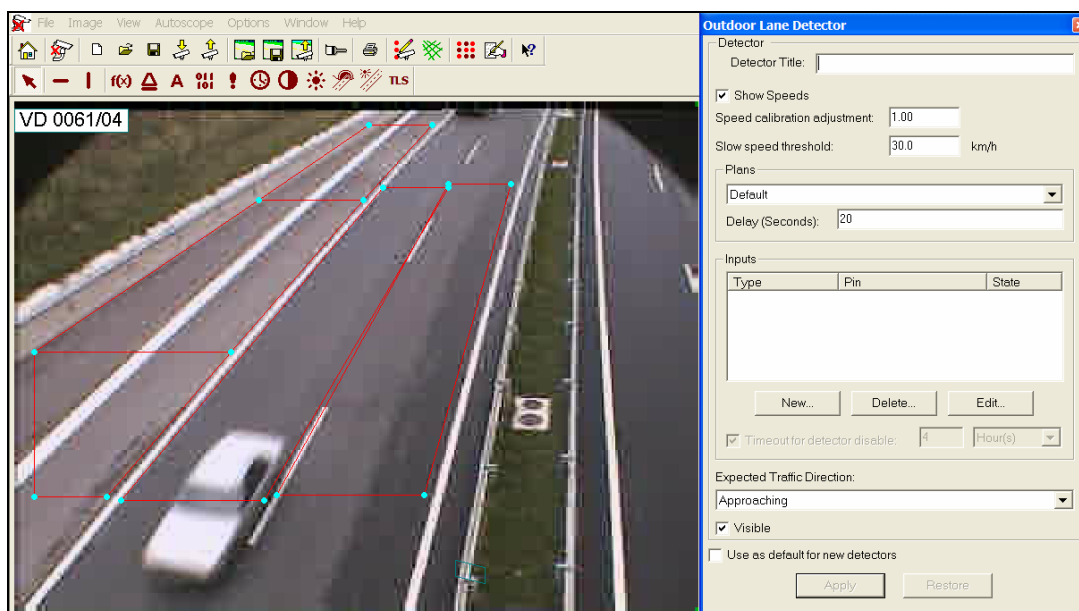
3.4.1.5 Zunanji linijski detektor (OLD)

Zunanji linijski detektor ima zelo podobne funkcijske in lastnostne karakteristike kot TLD. Razlika je v delovanju procesorja pri postavitvi enega ali drugega detektorja. Tako pri OLD procesor filtrira sence, upošteva potovanje sonca in uporablja modele za izločanje posledic mostov in ostalih objektov, katerih senca tekom dneva potuje preko polja detekcije.

Za dobro delovanje OLD je potreben kvaliteten barvni video signal. Zato proizvajalec priporoča sistem video detekcije Autoscope Solo Pro. Prav tako je pomembna pozicija kamere in njena namestitev (vpadni koti, izločanje bleščanja,...). Tako kot pri TLD je tudi pri OLD

pomembna smer prometnega toka glede na video sliko. Promet mora potekati v smeri »od kamere stran« ali obratno. Promet ne sme potekati z leve proti desni ali obratno.

Linijski detektor ima možnost postavitve 16 pomožnih točk na levi stranici detektorja. Te točke pomagajo slediti linijam željenega polja detekcije. Polje detekcije naj bo čim bolj uniformno, saj kakršna koli anomalija v polju detekcije lahko rezultira v povečanju števila napačnih detekcij in alarmov.



Slika 24: Primer postavitve zunanjih linijskih detektorjev

Poleg spremljanja vozil in merjenja hitrosti je primarna funkcija OLD detektiranje alarmnih stanj. Detektor ima tri osnovne možnosti detekcije alarmnih stanj:

- Zaustavljeno vozilo (prednastavljeno stanje),
- Počasi vozeče vozilo in/ali,
- Nasproti vozeče vozilo.


Vsa alarmna stanja se spremljajo na celotni dolžini detektorja oziroma polja detektiranja. Detektor ima možnost dodajanja polja znotraj detekcijskega polja, kjer je poseben poudarek

na spreminjanju osvetlitve in potovanju statičnih senc, ki so rezultat mostov, dreves in drugih objektov na trasi.

Detekcija zaustavljenega vozila se vrši na podlagi nespreminjanja oziroma ne premikanja objekta, katero se je pripeljalo v detekcijsko polje. Detektor ima privzeto stanje zadrževanja signala 30 s v nočnih razmerah in 60 s v dnevnem času. Čas dneva in noči določa procesor preko datuma, ure, zemljepisne širine in višine. Vse te podatke je potrebno nastaviti v lastnostih kamere.

Počasi vozeče vozilo se detektira in določi na podlagi merjenja hitrosti. Detektor podaljšuje alarm za 30 s od zadnjega vozila, katero je vozilo pod nastavljeno mejo, ki definira počasno vozilo. Alarm se izklopi, ko je detektiran prevoz, ki je za 15 km/h večji od nastavljene meje. S tem se izloča prekomerno javljanje alarma ob zastojih in obnašanju prometnega toka v območju zgoščitve prometa.

Detekcija nasprotne vožnje je definirana s smerjo vožnje, ki se nastavi v lastnostih detektorja. Alarm se sproži ob prvem prevozu v napačno smer in se zadrži za časovno obdobje tridesetih sekund od zadnje detekcije takega prevoza. Alarm se izklopi ali po 30 s ali pri prevozu vozila v pravo smer. Procesor je pri tej detekciji še posebej pozoren na čas v dnevu in s tem vklapljanje procesiranja senc vozil, ki vozijo na drugi strani ceste v pravo smer.

Detektor se postavlja v smeri urnega kazalca s klikom na ikono . Z dvojnimi klikom na postavljen detektor se prikažejo lastnosti detektorja to so:

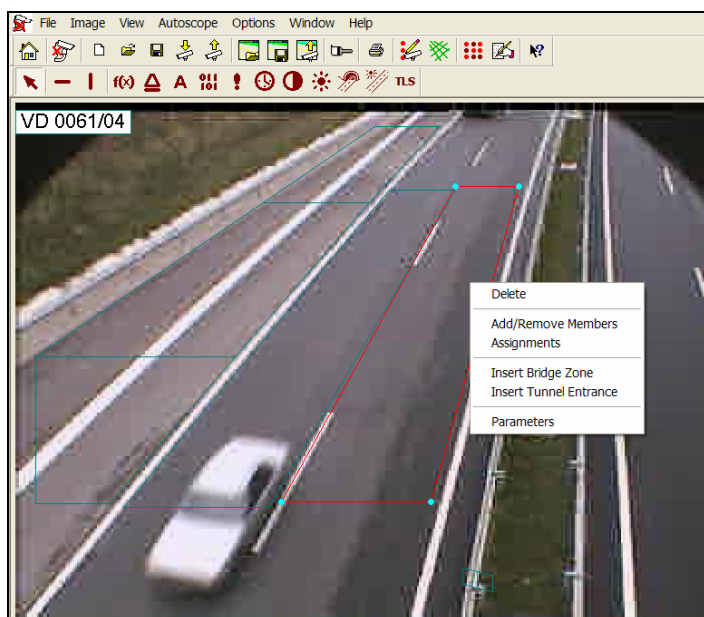
- Detector Title - Ime Detektorja; detektorju se prida ime ali opis, kar v nadaljnji obdelavi detektorske slike in ostalih operacijah kot je npr. zbiranje podatkov, olajša delo.
- Show speed – Prikaži hitrost; na izhodni video sliki se ob detektorju prikazujejo hitrosti vozil.
- Speed Calibration Adjustment – Faktor kalibracije hitrosti; faktor je namenjen kompenzaciji pri detektiranju hitrosti na različnih višinah. Vozila, katera potujejo višje, iz vidika kamere potujejo hitreje. S tem faktorjem se kompenzira te razlike.

Poleg tega se lahko uporablja tudi za manjše kalibriranje detektorja hitrosti, če se opazi manjša odstopanja hitrosti od dejanskih hitrosti doseženih na sami cesti.

- Slow Speed Threshold – Mejna vrednost počasnega vozila; je meja katero določimo. Za vozila, katerih hitrost je izmerjena pod to mejo, detektor javi alarm za počasi vozeče vozilo.
- Plans – Plani; omogoča povezovanje na detektor Urnik, pri katerem se določi plane konic (jutranja, popoldanska,...) v katerih se pričakuje zgoščen promet. Z razdelkom Delay (Seconds) – Zadrževanje signala, lahko pri teh planih določimo zamik javljanja alarma zaustavljenega vozila. Ta parameter se uporabi, ko pričakujemo v konicah zastoje (na pr. zaradi semaforja), kar bi rezultiralo kot alarm, tako signal nadalje zadržimo (za ciklus semaforskega programa) in s tem izločimo nepotrebne alarme.
- Inputs – vhodni podatek; Razdelek se uporablja, ko se detektorju določa specifično obnašanje, glede na vhode na kartici (Rack Vision ali Detector Port Master).
 - Input Type – Tip vhoda; definira detektor, ki spremeni delovanje TLD:
 - Lightning Level – Stopnja Razsvetljave; vhodni podatek je jakost predorske razsvetljave,
 - Enable detector – Vklon detektorja; vklopi detektor, ko je status vhoda pravilen (ON ali OFF),
 - Disable detector – Izklon detektorja; izklopi detektor, ko je status vhoda pravilen (ON ali OFF),
 - Approching – Prihajajoč; ko je status vhoda v predoločeni poziciji je detektor nameščen za prihajajoč promet, drugače je nastavljen za odhajajoč promet,
 - Receding – Odhajajoč; ko je status vhoda v predoločeni poziciji je detektor nameščen za odhajajoč promet, drugače je nastavljen za prihajajoč promet,
 - IO Pin – Vhodno/Izhodna sponka; določi sponko na katero se vhod in status vhoda nanašata,
 - State – Položaj; definira položaj statusa, ko se vklopi Tip vhoda,
- Expected Traffic Direction – Pričakovana smer prometa; definira v katero smer glede na pozicijo kamere in detektorske slike potuje detektirani prometni tok:

- Approching – Prihajajoč; prometni tok se kameri približuje,
- Receding – Odhajajoč; prometni tok se od kamere oddaljuje,
- Visible – Viden; ali je detektor na video izhodni sliki viden ali ne.

Z desni klikom na detektor se nam odpre dodatni spisek možnost nastavitve in povezovanja detektorja.



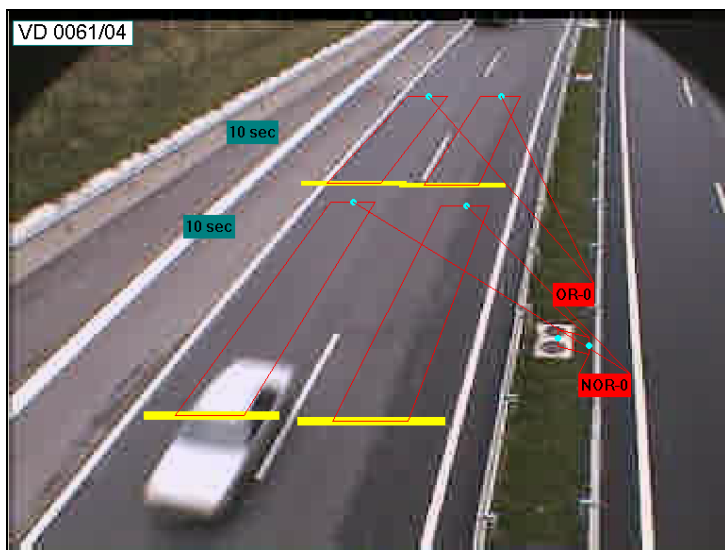
Slika 25: Določanje cone mostu ali vhoda v predor

Za delovanje detektorja OLD sta pomembni naslednji nastavitvi:

- Insert Bridge Zone – Vstavi cono mostu; na detektorju se prikaže cona, katero je mogoče premikati in ji spreminjati velikost. Na tej coni procesor uporablja dodatne algoritme, ki preprečujejo napačno delovanje detektorja zaradi spreminjajočih se senc statičnih objektov.
- Insert Tunnel Entrance – Vstavi vhod v predor; na detektorju se določi cona, katere osvetlitev je pogojena s pozicijo tunelskega vhodno/izhodnega portala.

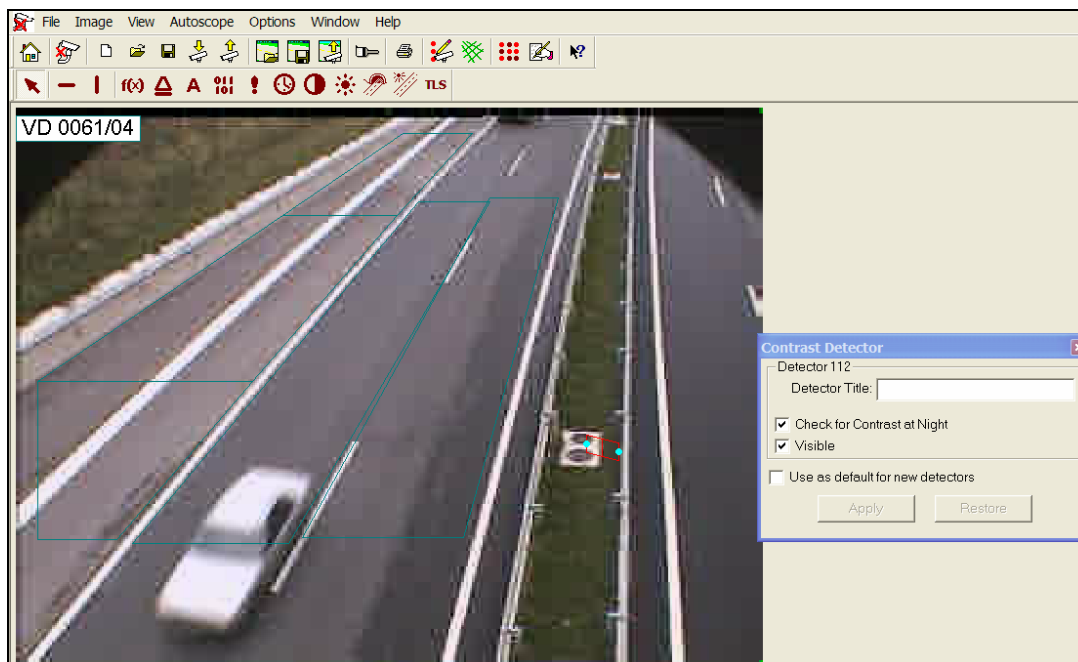
3.4.1.6 Detektor kontrasta

Detektor kontrasta se uporablja za detektiranje kontrasta na sliki, pridobljeni s kamere. Kontrast na kameri se lahko izgublja zaradi nastopa noči, izpada kamere ali napačnega delovanja kamere. Nanj lahko vežemo funkcijske detektorje in ga preko njih povežemo z ostalimi detektorji.




Slika 26: Uporaba detektorja kontrasta

Zgoraj prikazan primer se uporablja pri problematični detekciji vozil z detektorjem hitrosti. Zaradi vpadnega kota kamere na podlago, se z detektorji, ki so namenjeni dnevni detekciji (detektorji hitrosti bližje kameri) v času noči ne da detektirati sprednjih žarometov luči. V ta namen je nameščen še drugi par detektorjev za nočno detekcijo, ki pa so za dnevno detekcijo neuporabni, saj je klasifikacija zaradi popačenih razdalj nenatančna.



Slika 27: Postavitev in določanje lastnosti detektorja kontrasta

Detektor kontrasta se na detektorski sliki izbere z ikono . Postavi se ga na tako mesto, da njegovo polje pokriva podlago, ki vsebuje svetli in temni del (definirana se privzeto kontrast). Ob izgubi kontrasta (definirana dela se glede svetlosti ne razlikujeta) detektor spremeni svoj status. S spremembo statusa lahko opozorimo operaterja, da je prišlo do pogojev, da detekcija ni mogoča, ali pa vklopljamo in izklopljamo posamezne detektorje (na pr. v prehodu iz dneva v noč).

Z dvojnimi klikom na detektor kontrasta se odpre okno Lastnosti detektorja, kjer je mogoče nastaviti naslednje parametre:

- Detector Title - Ime detektorja; detektorju se prida ime ali opis, kar v nadaljnji obdelavi detektorske slike in ostalih operacijah kot je npr. zbiranje podatkov, olajša delo.
- Check for Contrast at Night – Preverjanje kontrasta v času noči; z razdelkom se definira delovanje detektorja ponoči. Nekatere kamere so nameščene na mestih, kjer je zaradi javne razsvetljave zadostna osvetlitev detektorskega polja tudi ponoči.
- Visible – Viden; ali je detektor na video izhodni sliki viden ali ne.

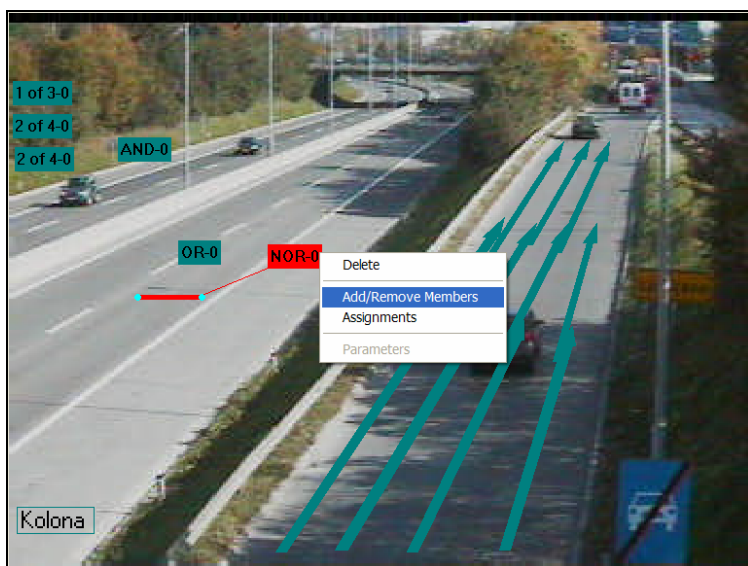
Detektor ima dve izhodni stanji, ki se prikazujeta tudi na izhodni video sliki:

- OFF – Izklopljen; na video sliki je detektor prikazan v definirani obliki in utripa z rumeno barvo,
- ON – vklopljen; na video sliki je detektor prikazan v definirani obliki in utripa rdeče belo ali rdeče črno.

3.4.1.7 Funkcijski detektor

Funkcijski detektor (detector function) kombinira izhode enega ali več detektorjev, katerih izhodi so binarni, v en izhod po logični operaciji med njimi. Logične operacije (Boolean functions), ki se opravljajo med detektorji, se uporabljajo za izboljšavo natančnosti izhodnih podatkov (štetja, nezgode,...). Logična operacija zahteva, da se v njej zgodi točno določen skupek dogodkov na detektorjih, da nato sama funkcija generira svoj izhod (output) ON.

Funkcijski detektorji se uporabljajo za interpretacijo osnovnih detektorjev in drugih detektorjev, ki generirajo signal ON/OFF. Z desnim klikom se nam odpre okno, preko katerega lahko izbiramo oziroma povezujemo detektorje, katerih izhod kombinira in interpretira funkcijski detektor.

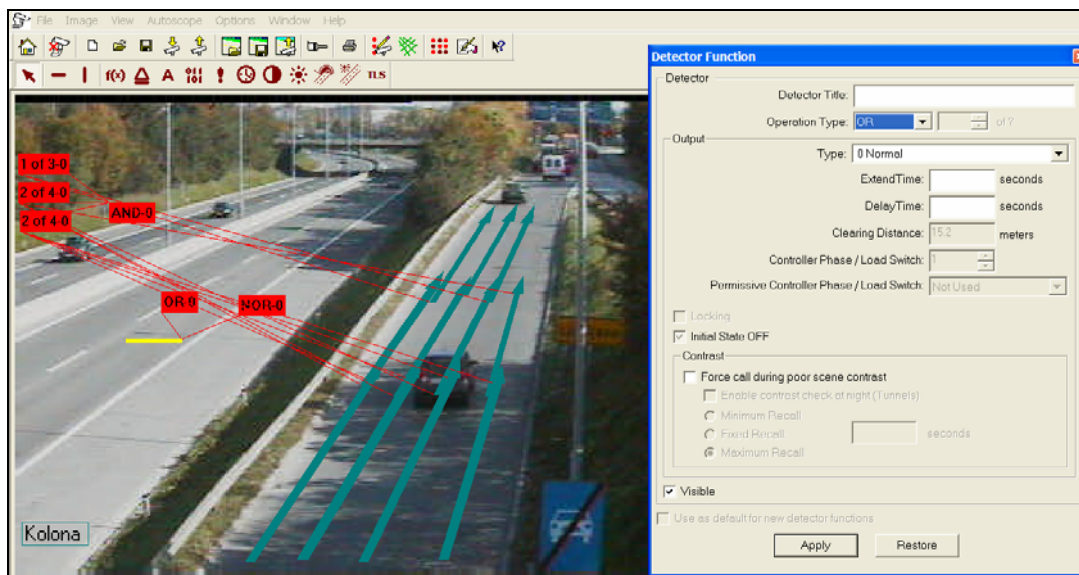


Slika 28: Primer uporabe funkcijskega detektorja pri štetju prometnega toku

Funkcijski detektor uporablja se spreminja in definira naslednje parametre:

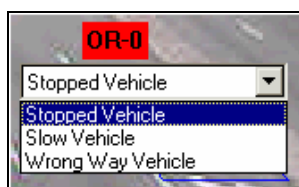
- Detector Title - Ime detektorja; detektorju se prida ime ali opis, kar v nadaljnji obdelavi detektorske slike in ostalih operacijah kot je npr. zbiranje podatkov, olajša delo.
- Operation Type – Izbira logične operacije:
 - funkcija OR; sproži signal ON ko je vsaj en od detektorjev vezanih na njo oddal signal ON. Se pravi, če so na funkcijo OR vezani trije detektorji in pošlje vsaj eden od izbranih detektorjev signal ON, se tudi funkcijski detektor preklopi na stanje ON;
 - funkcija AND; funkcijski detektor se sproži le v primeru, ko so vsi detektorji pod njim istočasno v stanju ON;
 - funkcija NAND; operacija NAND odda stanje ON, kadar je vsaj eden od detektorjev pod njo v stanju OFF. Se pravi, če so na funkcijski detektor vezani trije detektorji in je eden od njih v stanju OFF je funkcijski detektor v stanju ON. Edini primer, ko operacija NAND odda stanje OFF, je, ko so vsi na njo vezani detektorji v stanju ON. Funkcija NAND pa se lahko uporablja tudi samo nad enim detektorjem in sicer z namenom da se obrne izhod detektorja iz ON na OFF in obratno;
 - funkcija N od M; odda signal ON, ko je določeno število (N) detektorjev oddalo signal ON. Na primer, če je v skupino povezanih sedem detektorjev v N od M detektor z zahtevo, da so katerikoli štirje ali več detektorjev skupine v ON stanju istočasno, se za N vnese 4, za M pa se avtomatsko prikaže vrednost 7. Funkcijski detektor generira signal ON, ko bodo vsaj štirje detektorji pod njim v stanju ON.
- Type – Tip izhodnega podatka; razdelek je namenjen povezavi na semaforški kontroler. Preko njega se določa delovanje detektorja v funkciji kontrolerja,
- Extend Time – Čas podaljševanja; določimo čas, ko po prenehanju signala detektor zadržuje stanje ON,
- Delay time – Čas zadrževanja; določimo čas, ki mora preteči in v katerem morajo biti izpolnjeni pogoji za vklop detektorja, da se detektor vklopi,

- Clearing Distance – Dolžina praznjenja; definira se dolžina praznjenja semaforiziranega križišča (od zadnjega detektorja do izhoda iz območja križišča). Z parametrom se definira dolžino cone odločanja,
- Controller Phase – Kontrolirana faza; definira detektorju, katera faza je odvisna od delovanja detektorja,
- Permissive Controller Phase – Nezaščiten faza; določi se ali prometni tok na pasu, katerega definira detektor poteka pod zaščiten fazo (ni konfliktnega toka) ali pod nezaščiten fazo. Primer se pojavi, ko v fazni sliki delovanja semaforja ni posebne faze za leve zavijalce.
- Locking – Zaklenitev; izhod detektorja se skozi fazo zaklene na stanje on, četudi za tako stanje detektorja pogoji niso izpolnjeni,
- Initial state OFF – začetno stanje OFF; glede na nameščanje oziroma čas zagona detektorske slike se izbere razdelek ali ne. Če razdelek odključamo bo detektorska funkcija ob zagonu v položaju OFF, ne glede na stanje detektorjev vezanih na njo.
- Force call during poor scene contrast – Vklon detektorja ob izgubi kontrasta; detektor pošilja status ON v času izgube kontrasta. V takem obdobju se lahko predvideva, da je detekcija nemogoča oziroma slabša, zato v delovanju semaforja ne bi prišlo do najave. Varnostno v tem primeru pripišemo to lastnost detektorju in s tem v opisanih pogojih podamo lažno najavo.
- Visible – Viden; ali je detektor na video izhodni sliki viden ali ne.



Slika 29: Primer povezav funkcijskih detektorjev več vrst med seboj in z drugimi detektorji

Povezave na detektorje omogočajo poleg kombiniranja tudi klicanje drugih funkcij in lastnosti detektorjev. Tako se zunanji linijski detektorji priklapljajo na funkcijski detektor s klicanjem vrste alarma. Preko funkcijskega detektorja se tako nastavi, kateri alarm detektor detektira in javlja (zaustavljeno vozilo, počasno vozilo, nasproti vozeče vozilo).



Slika 30: Določanje vrste alarma

Prav tako se lahko funkcijski detektor povezuje na detektor dogodkov in s tem določi način javljanja alarma. Pojavi se nam možnost opozorila (warning) ali alarma (ON).



Slika 31: Določanje intenzitete alarma

3.4.1.8 Detektorska postaja

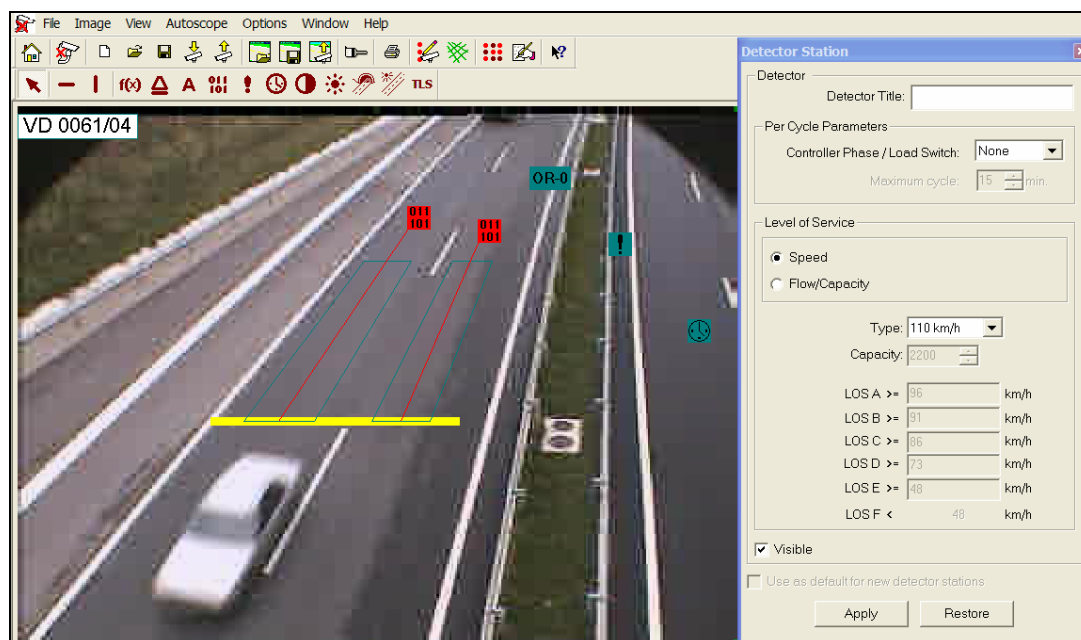
Detektorska postaja zbira in podaja podatke o prometnih tokovih zbranih v določenem časovnem obdobju. Postajo lahko nastavimo, da pošilja željene prometne podatke na 10s do 60 min (odvisno od verzije programske opreme).

Detektorska postaja tako zbira in posreduje že obdelane podatke, med drugim podaja tudi podatek o nivoju uslug, katerega pa je potrebno predhodno nastaviti. Program nam dopušča dve vrsti kriterijev za določanje nivoja uslug in sicer:

- po hitrosti; razredi nivoja uslug (od A do F) so definirani glede na hitrost prometnega toka,
- po zasedenosti; razredi nivoja uslug so definirani glede na razmerje med prometnim pretokom in kapaciteto (pasu ali celotne ceste).

Kriteriji so že podani v aplikaciji ali pa jih lahko priredimo glede na tipične razmere na območju detektiranja. Kriteriji za nivo uslug so izračunani po metodi HCM, katero je potrebno uporabiti pri določanju novih robnih pogojev za določanje nivoja uslug. HCM metoda upošteva pri računu robnih pogojev vse glavne karakteristike ceste (teren, širina cestišča, širina berme, vmesni pasovi, ločeni pasovi, urbano področje, zavitost trase, max. dovoljena hitrost, št. tovornih in kombiniranih vozil,...).

Aplikacija za detektorsko postajo je prilagojena tako za križišča, kjer lahko zajema podatke znotraj enega semaforkega cikla, kot tudi za odprte ceste, kjer se časovni interval poljubno nastavi glede na namen zbiranja podatkov.




Slika 32: Detektorska postaja in njene nastavitve

Možnosti izhodov so naslednje:

- Average flow rate: poda podatek o številu vozil na uro,
- Total volume count: poda dejansko število vozil v podanem časovnem intervalu,
- Arithmetic mean speed: poda povprečno hitrost vseh vozil, ki so prešla preko detektorja hitrosti v določenem časovnem obdobju. Hitrost je računana kot časovna povprečna hitrost,
- Vehicle class count: šteje vozila po razredih (5 razredov določenih pri lastnostih detektorja hitrosti),
- Average time headway: poda povprečno časovno vrzel med vozili (v sekundah),
- Average time occupancy: poda odstotek časa, ko je na detektorju prisotno vozilo,
- Level of service: ali Nivo Uslug, poda nivo usluge, ki je bil dosežen v podanem intervalu,
- Space mean speed: poda hitrosti vozil na cesti v določenem trenutku. Povprečna hitrost je količnik med prepotovano potjo (enega ali več vozil) in skupnega potrebnega časa za prepotovanje te poti,
- Space occupancy: poda odstotek zasedenosti določenega odseka ceste,

- Density: poda gostoto ali koncentracijo vozil na določeno dolžinsko enoto ceste v določenem časovnem preseku. Gostota je število vozil/določeno dolžino ceste (v določenem trenutku).

Detektorsko postajo lahko tako povežemo z več vrstami drugih detektorjev. Na detektorsko sliko jo postavimo s klikom na ikono . Po povezavi na detektor (na pr. detektor hitrosti) določimo detektorski postaji naslednje lastnosti:

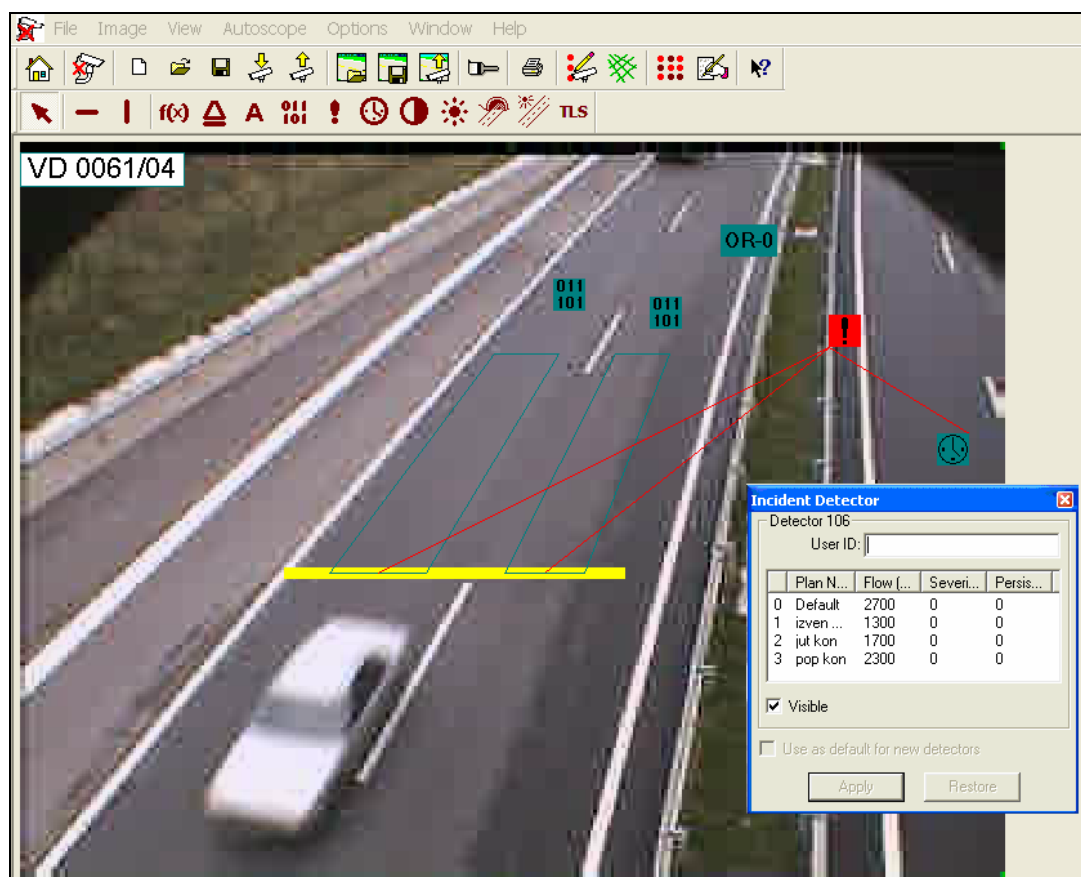
- Detector Title - Ime detektorja; detektorju se prida ime ali opis, kar v nadaljnji obdelavi detektorske slike in ostalih operacijah kot je npr. zbiranje podatkov, olajša delo.
- Per Cycle Parameters – določanje delovanja v sklopu ciklusa semaforja; možnost nastavitve delovanja detektorske postaje glede na fazno sliko semaforne naprave. Za upravljanje s tem parametrom, mora biti detekcijska enota povezana s kontrolerjem semaforja in mora od kontrolerja sprejemati podatke o delovanju faz. Tako lahko določimo, da postaja dela samo v času zelene faze, celega ciklusa, rdeče faze,....
- Level of Service – Nivo usluge; v razdelku se določa parameter na podlagi katerega se določa nivo usluge in robne pogoje posameznih nivojev usluge. Parametri za določevanje so izbrani in predoločeni po modelu HCM.
- Visible – Viden; ali je detektor na video izhodni sliki viden ali ne.

3.4.1.9 Detektor dogodkov

Detektor dogodkov spremlja podatke o prometnem toku in razmere v katerih se pojavljajo neobičajni dogodki (zastoji, nesreče, zaustavitev vozila,...), ki privedejo do zmanjšanja pretoka, hitrosti, razmikov med vozili na delu ceste, ki ga kamera nadzira. Detektor išče udarni val, ki se sproži v protitočni smeri, od mesta nastanka neobičajnega dogodka.

Detektor dogodkov deluje na podlagi algoritma AIDA (Autoscope Incident Detection Algorithm) in procesira podatke z detektorjev hitrosti in avtomatskih števec in zaznava dogodke, ki nastopajo sotočno od pozicije kamere. Ko pride do neobičajnega dogodka, ponavadi vozila zmanjšajo hitrost. Padeč hitrosti nato potuje nazaj proti smeri prometnega toka. Detektor procesira s kakšno hitrostjo se manjša hitrost oziroma kako hitro nastaja kolona

in na podlagi teh informacij določi ali je prišlo do neobičajnega dogodka. Vse te podatke detektor zbira z detektorjev hitrosti in njim pripadajočih avtomatskih števecv. Uporablja se predvsem na odprtih cestah in avtocestah, kjer je zastoj pogojen z zmanjšanjem hitrosti in pretoka. Da bi se izognili detektiranju običajnih dogodkov, kot so dnevne prometne konice v mestih, na vpadnicah in bližnjih avtocestah, se poleg detektorja dogodkov v detektorsko sliko umesti še urnik (shedluer), kjer se določi čas in prometno naravo vsake izmed običajnih prometnih konic.



Slika 33: Detektor dogodkov in njegove nastavitve

Detektor dogodkov se tako povezuje na detektorje hitrosti. Za boljše delovanje predvsem v času prometnih konic, se detektor poveže z urnikom, kjer se kasneje lahko določi pričakovane obremenitve v planih odstopanja od plana in čas odstopanja od plana. Rezultat teh parametrov je alarmna situacija, ki jo lahko detektor dogodkov poda kot alarm ali kot opozorilo.

3.4.1.10 Alarm hitrosti

Alarm hitrosti spremlja hitrosti v prometnem toku in hitrosti posameznih prevozov. Tako glede na nastavitve generira alarm za previsoke ali prenizke hitrosti

Alarm hitrosti (speed alarm) generira vizualni signal, ki se ga lahko:

- prikaže na zaslonu v oknu kontrolne postaje
- dodeli na EIM izhod (izhod na DPM).

Izhodni signal je lahko zvezen in variira med vrednostmi alarma: nizka, srednja ali visoka. Lahko pa odda signal takrat, ko vozilo ali skupina vozil prekorači hitrost, ki smo jo prednastavili. Detektor lahko vežemo na več detektorjev hitrosti. V takem primeru, se alarm generira vsakič, ko je na katerem od detektorjev prekoračena hitrost, ki je nastavljena na detektorju alarma hitrosti.

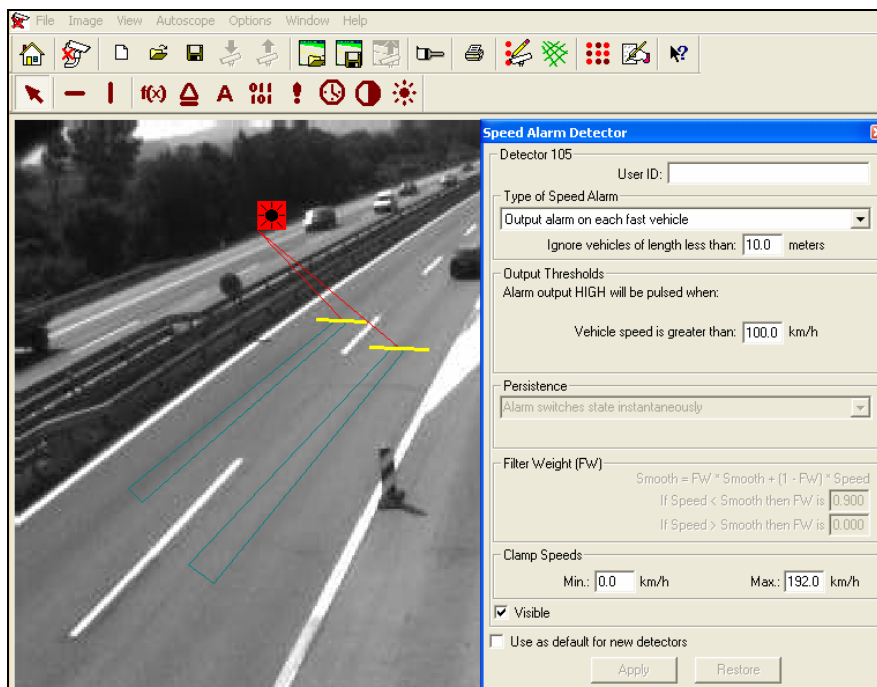
Alarm se lahko doda kateremu koli številu detektorskih parov števec/hitrost. Izhod takega detektorja se poveže z DPM-jem in se s tem izboljša vodenje in nadzor prometa. Tako lahko na primer opozarjamo večja vozila (dolžino prednastavimo) pred zahtevnimi odseki na nevarnost in jim na spremenljivem prometnem znaku posebej prikažemo omejitev hitrosti.

Alarm je nastavljen glede na vrednost alarma oz. intenziteto alarma. Le ta pa je vezana na več vrst nadzora prometa. Tako je lahko vezana na:

- hitrost enega vozila
- hitrost N skupine vozil (N prednastavimo)
- povprečno hitrost v obdobju N sekund (N prednastavimo)
- hitrost »počasnih« in »hitrih« vozil

Nastavljen pa je tudi čas oz. pogoj izhoda. Lahko je:

- takojšen (ko je izpolnjen zgornji pogoj)
- ko določena skupina vozil izpolni pogoj
- ko je določen čas izpolnjen pogoj



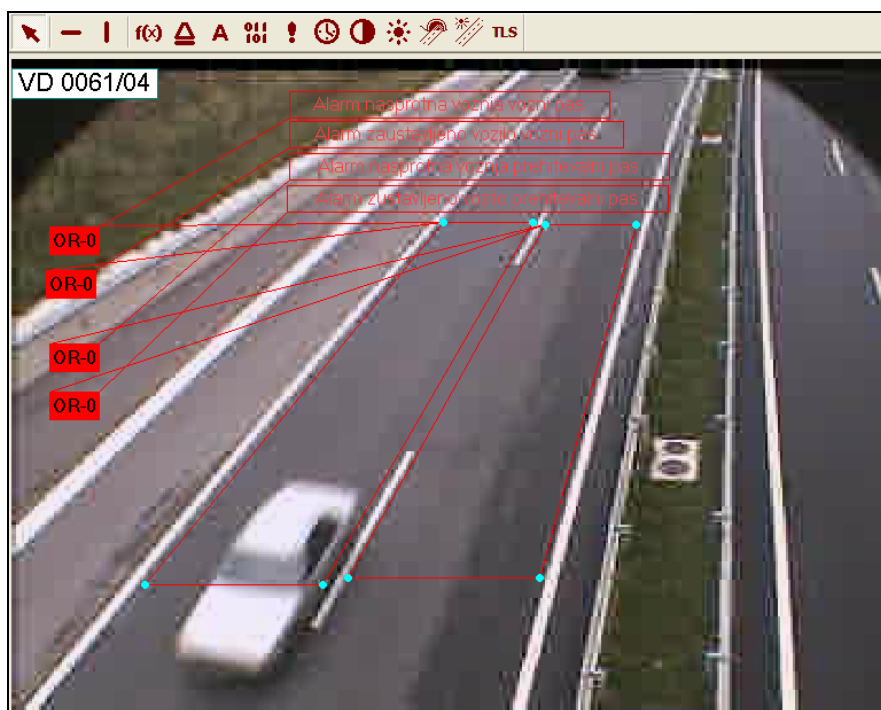
Slika 34: Alarm hitrosti in njegove nastavitve

Detektorju lahko določimo naslednje lastnosti:

- Detector Title - Ime Detektorja; detektorju se prida ime ali opis, kar v nadaljnji obdelavi detektorske slike in ostalih operacijah kot je npr. zbiranje podatkov, olajša delo.
- Type of Speed Alarm – Tip alarma hitrosti;

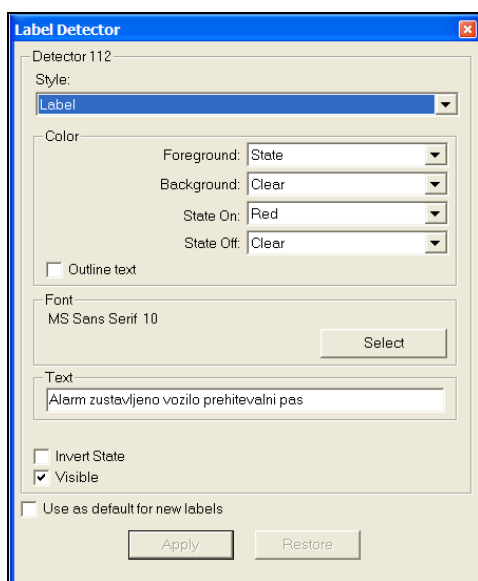
3.4.1.11 Naslovni detektor

Naslovni detektorji so namenjeni prikazovanju informacij v video sliki enote in prenašanju signalov iz drugih enot ali signalnih krmilnih kartic. Na detektorski sliki se ga uporablja za prikazovanje sporočil in določenih parametrov procesorske enote. Detektorju se dodeljuje člane na isti način kot ostalim podobnim detektorjem.



Slika 35: Primer uporabe naslovnega detektorja

V detektorsko sliko se ga umesti preko ikone **A**. Ob namestitvi v sliko se mu določi naslednje Lastnosti:




Slika 36: Lastnosti naslovnega detektorja

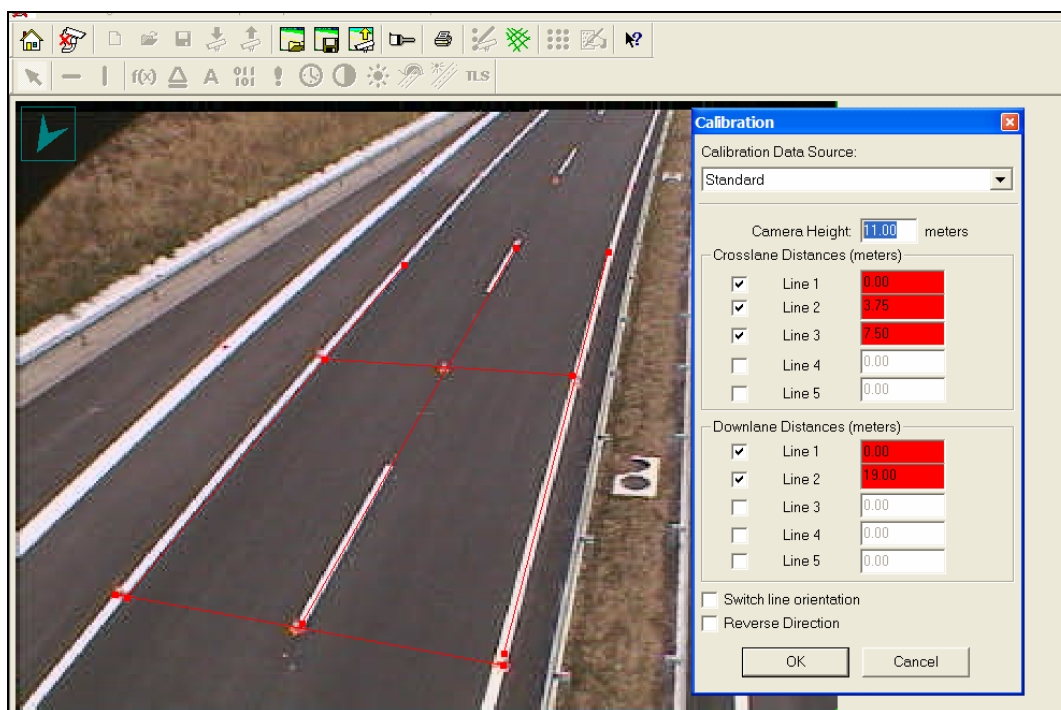
- Detector Title - Ime Detektorja; detektorju se prida ime ali opis, kar v nadaljnji obdelavi detektorske slike in ostalih operacijah kot je npr. zbiranje podatkov, olajša delo.
- Style – Delovanje; v tem razdelku se določi delovanje naslovnega detektorja oziroma tekst ali spremenljivko, katero naj prikazuje. Primeri:
 - Label – Tekst: tekst, ki se prikazuje neodvisno ali odvisno od delovanja na nazivni detektor povezanih detektorjev ali potencialnih vhodov, na video sliki.
 - Clock – Ura: na video sliki se prikazuje ura,
 - Network address – mrežni naslov; prikaže se mrežni naslov procesorske enote v internetnem okolju,....
- Font – font; oblika in velikost prikazanih informacij v naslovnem detektorju,
- Text – tekst; možnost se nam odpre samo pri določenih izbranih delovanjih, omogoča vpisovanje poljubnega teksta v naslovni detektor,
- Visible – Viden; ali je detektor na izhodni video sliki viden ali ne.

3.4.2 Izdelava detektorske slike

Detektorsko sliko za posamezno video detekcijsko enoto se pripravi po končnem nameščanju vira video slike. Pri izdelavi take slike oziroma nameščanju virtualnih detektorjev je potrebno upoštevati željene izhodne podatke, karakteristike prometa na opazovanem odseku, karakteristike in delovanje virtualnih detektorjev in zmožnosti same kamere glede na programsko in strojno opremo.

3.4.2.1 Priprava detektorskega polja

Glede na osnovno metodo detekcije na podlagi video slike, je nujno potrebno za uspešno detekcijo umeriti vidno polje kamere. S kalibracijo vidnega polja se umesti kamero – vir video signala glede na polje detekcije v vseh treh prostorskih dimenzijah. Umerjanje se izvaja v editorju detektorjev s klikom na ikono . Pri tem se nam preko zajete slike prikaže mreža, katere linije lahko premikamo in jim nastavljamo tako smer kot tudi dolžino.



Slika 37: Umerjanje polja detektiranja

Poleg slike se nam odpre okno (Calibration), v katerem se nastavi vse parametre potrebne za kalibracijo detekcijskega polja. Parametre, ki jih moramo določiti so:

- Calibration Data Source – Vir podatkov kalibracije; imamo možnost izbira Standard, kar nam omogoča, da polje kalibriramo sami. Druga možnost je izbira Tunnel lane Detector Default, ki nam poda določeno kalibracijo polja iz privzetega stanja.

3.4.2.2 Nadzor nad prometnim pasom na odprti cesti

Nadzor nad prometnim pasom ter vozili v prometnem toku na odprti cesti se izvaja s predpostavko, da v običajnih prometnih razmerah vozila potujejo nemoteno brez ustavljanj. Zaustavitev vozila se v tem okolju interpretira kot izredni dogodek. Ta predpostavka vpliva na postavitev in izbiro ostalih detektorjev, ki so potrebni za detekcijo vseh željenih parametrov.

Detektorsko sliko lahko razdelimo na dve vrsti detekcije:

- Detekcija osnovnih parametrov prometnega toka in

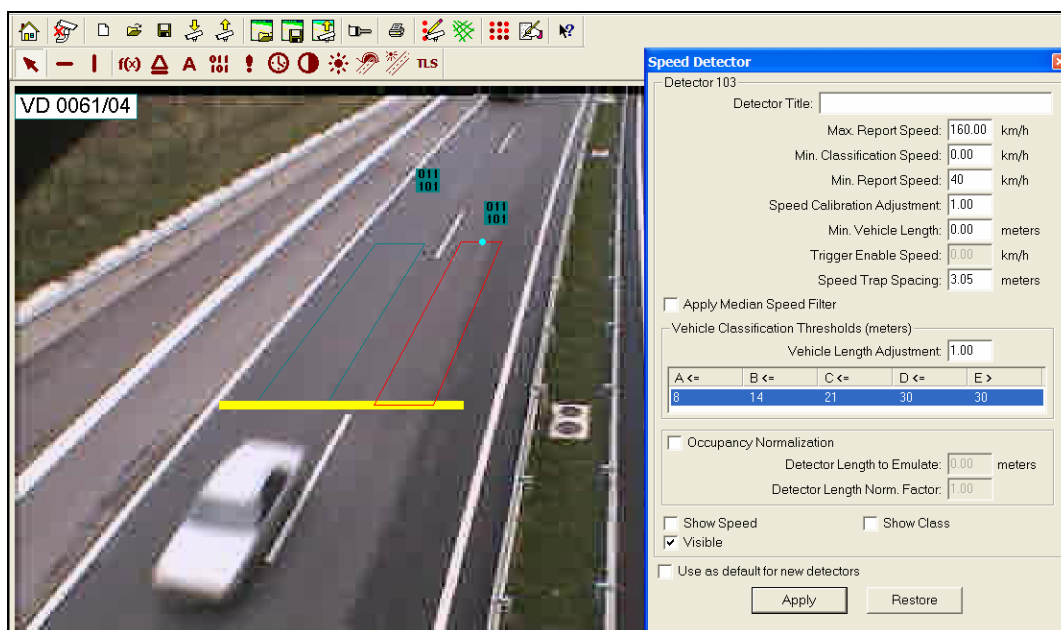
- Detekcija izrednih dogodkov v prometnem toku.

3.4.2.2.1 Detekcija osnovnih parametrov prometnega toka

Osnovni parametri prometnega toka, ki jih želimo detektirati s pomočjo virtualnih detektorjev v detektorski sliki so:

- Skupni pretok vozil q ,
- pretok vozil po posameznih razredih q_r ,
- skupna povprečna hitrost v_{pop} ,
- povprečna hitrost po posameznih razredih v_{popR} ,
- časovna zasedenost detektorja,
- gostota prometnega toka,
- povprečen razmik med vozili.

Za zbiranje osnovnih prometnih podatkov je potrebno izbrati ustrezen virtualen detektor, kar je opisano v poglavju (3.4.1). Detektor mora zaznati posamezen prevoz vozila, izmeriti njegovo hitrost in določiti razred vozila. Vsi ostali zgoraj navedeni parametri so računski oziroma, se jih izračunava iz posameznih prehodov vozil. Kombinacija, katera nam posreduje vse željene podatke, je kombinacija detektorja hitrosti in detektorske postaje.



Slika 38: Postavitev in določanje lastnosti detektorjev hitrosti v detektorski sliki na AC

Detektorju hitrosti se določi parametre, kateri so smiselni za cestni odsek, katerega nadzorujemo. Primer na sliki je primer nadzora na avtocesti. Hitrosti pri normalni prometni obremenitvi in dobrih vremenskih razmerah ne pade pod 40 km/h. Tako je nastavljena najnižja podana hitrost na 40 km/h, kar pomeni, da bo za vsa vozila, katerih hitrost je izmerjena pod 40 km/h, podana kot 40 km/h. Vsa vozila, ki potujejo s hitrostjo nižjo od nastavljene meje, se z drugimi detektorji javi kot izredni dogodek »počasi vozeče vozilo«. Taka nastavitev je določena tudi za najvišjo podano hitrost. Določene so tudi dolžine, ki predstavljajo meje klasifikacijskih razredov vozil.

Poleg nastavitve detektorja hitrosti, je potrebno nastaviti tudi avtomatski števec, ki deluje skupaj z detektorjem hitrosti. Pri avtomatskem števcu se nastavi pozicijo sonca v času dneva in smer vožnje.

Pri postavitvi detektorja hitrosti je potrebno paziti, da se le-ta postavi na kar se da uniformno podlago in da kateri koli del para detektorjev ne pokriva talnih označb na cesti. To preprečuje napačne detekcije in detekcije, ki so posledica premikanja vira video slike.

Za računske dele prometnih podatkov se na detektor hitrosti veže detektorsko postajo, s katere se pridobiva željene podatke.

3.4.2.2.2 Detekcija izrednih dogodkov

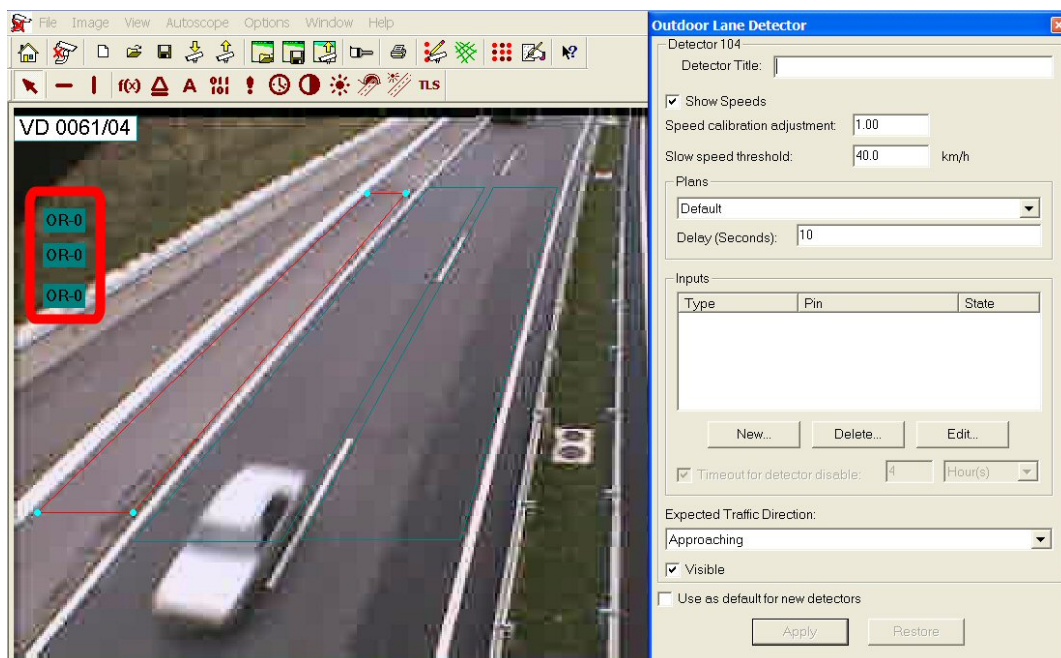
Med izredne dogodke na odprti cesti štejemo:

- Zaustavljeno vozilo,
- Počasi vozeče vozilo in
- Vozilo, ki potuje v nasprotno smer vožnje.

Razvoj detekcije izrednih dogodkov s pomočjo video detekcijskih virtualnih detektorjev je ponudil dva različna pristopa detektiranja oziroma izbire detektorjev:

- Za vsak dogodek ena vrsta detektorjev - detekcija je vključevala smerne detektorje prisotnosti in alarme hitrosti vezane na detektorje hitrosti.
- Za vse dogodke ena vrsta detektorja - izredne dogodke se detektira s pomočjo zunanjega linijskega detektorja (OLD) na odprti trasi in tunelskega linijskega detektorja v predorih.

Izbira načina detekcije je odvisna od mesta postavitve, željenih izhodnih podatkov in ostalih vrednosti in podatkov, ki jih želimo pridobivati z detekcijske slike. Razvoj in primerjava sta dodatno opisani v poglavju Primeri. V tem poglavju je razloženo postavljanje zunanjega linijskega detektorja.



Slika 39: Postavitev in določanje lastnosti zunanjega linijskega detektorja v detektorski sliki na AC

Nastavitve, ki jih je potrebno nastaviti pri vsaki postavitvi zunanjega linijskega detektorja so:

- Slow Speed Threshold; kjer nastavimo mejo hitrosti pod katero se javlja alarm za počasno vozilo.
- Delay; v sekundah podamo čas, ki mora preteči po tem ko se vozilo zaustavi, da detektor javi alarm za zaustavljeno vozilo.
- Expected traffic direction; nastavev, kjer določimo smer vožnje preko detektorja.

Poleg zunanjih linijskih detektorjev moramo postaviti in na detektorje povezati še funkcijske detektorje, ki posredujejo in definirajo alarm na zunanjem linijskem detektorju.

Problemi in detajlne specifične nastavitve detektorjev za prepoznavanje izrednih dogodkov na cesti so opisani v naslednjem poglavju Primeri.

3.4.2.3 Nadzor nad prometnim pasom na mestni cesti

Nadzor na prometnim pasom na mestni lahko razdelimo na dva dela in sicer na del:

- Kjer je prometni tok neoviran (na mestu detekcije ne prihaja do zastojev),
- Kjer je prometni tok oviran (na mestu detekcije prihaja do zastojev).

Tako kot pri ostalih namestitvah, se tudi na mestnih cestah uporablja detekcijo prometa za pridobivanje osnovnih podatkov o prometnem toku. Vendar se večina detektorjev nameščenih na mestnih omrežjih uporablja za vodenje drugih naprav največkrat semaforških naprav. Tako so detektorji nameščeni na mestih, kjer je prometni tok oviran in je način detekcije in interpretacija podatkov z detektorjev drugačna in zahteva poseben pristop.

V primerih, ko se video detekcija uporablja za vodenje semaforške naprave, se detektorje uporablja kot detektorje prisotnosti oziroma najavne detektorje. V ta namen se uporablja detektor prisotnosti, katerega delovanje se izboljšuje z uvedbo smernega detektorja prisotnosti. Detektorje oziroma njihove izhode se nato veže na izhodne signale, ki posredujejo statuse detektorjev krmilni semaforški napravi. Velika prednost uporabe video detekcije v namen emulacije detektorjev v prometno odvisno vodenem križišču je možnost spreminjanja detektorske slike brez večjih posegov. Tako se lahko prilagodi mesta detekcije in pogoje najave tako, da signalni program prometno odvisnega križišča deluje optimalno na sami detektorski sliki.

4 ŠTUDIJSKI PRIMERI

V tem poglavju so opisani primeri postavitve in uporabe video detekcijskih sistemov proizvajalca ISS (Image Sensing Systems) v Sloveniji od faze projektiranja do faze izvedbe in predaje naročniku. Primeri obsegajo tako postavitve na mestnih cestah kot avtocestah in hitrih cestah. Sistemi video detekcije so povezani s centralnimi sistemi, semaforскими napravami in spremenljivo prometno informativno signalizacijo.

4.1 *Video detekcijski sistemi na avtocestah*

Video detekcija se na avtocestah in hitrih cestah uporablja pri nas kot del inteligentnih prometnih sistemov. V tem poglavju so predstavljeni projekti, v katerih je video detekcija prisotna kot samostojen sistem ali kot podsistem nekega večjega inteligentnega prometnega sistema. Predstavljeno je delovanje sistema, delovanje in namen video detekcije znotraj sistema, postavitve in umerjanje video detekcijskih enot ter problematika vrednotenja podatkov.

Opisani primeri sistemov video detekcije se glede na funkcije delijo na:

- Sisteme video detekcije, ki zbirajo tako podatke o prometnem toku kot tudi podatke o izrednih dogodkih v prometnem toku na cestah,
- Sisteme video detekcije, ki so specializirani za določene izredne dogodke v prometnem toku (kolona, zaustavljeno vozilo,...).

Prvi sistem video detekcije na AC v Sloveniji je bil postavljen testno v okviru razvojno - raziskovalne naloge z naslovom Detekcija prometnih objektov v prostem prometnem toku in spremljanje prometa z video procesnimi enotami, ki jo je za DARS d.d. opravilo podjetje Traffic Design d.o.o.. Ob pojavu prvih sistemov za nadzor in vodenje prometa je bil video detekcijski sistem vključen v SNVP kot podsistem detekcije prometnega toka. Ob spoznavanju možnosti in delovanja video detekcije kot detekcije prometnega toka, je bilo kasneje v okviru razvojnih programov postavljeno še nekaj video detekcijskih sistemov, ki so delovali kot detektorji kolone in se je na podlagi njihovih izhodnih podatkov vodilo znake za

obveščanje voznikov o nastali koloni. Iz teh projektov se je kasneje razvil projekt obveščanje voznikov o dolžini kolone ob cestnih zaporah na AC.

4.1.1 Video detekcija kot del SNVP

Sistem nadzora in vodenja prometa (SNVP) je mehanizem, ki se na podlagi vhodnih podatkov odloča za ukrepe, ki jih voznikom sporoča preko spremenljive prometno-informativne signalizacije (SPIS). Zaradi različnih vplivov na vožnjo posameznega voznika in zahtevnosti same trase, je bilo potrebno na obravnavani trasi postaviti mnogo tipal za različne prometne in druge količine.

Zaradi varnosti podatkov in načrtovane optične komunikacijske mreže je bil za potrebe SNVP nameščen video detekcijski sistem Autoscope Solo Pro.

Sistem video detekcije je bil skupaj s sistemom mikrovalovnih detektorjev vključen v sistem za nadzor in vodenje prometa kot podsistem z namenom zbiranja podatkov o prometnem toku in detekcije vseh pojavov v prometnem toku. Konfiguracija trase in objektov na trasi so pogojevali mesta namestitve znakov SPIS (spremenljiva prometno informativna signalizacija). Na znakih SPIS so nameščeni mikrovalovni detektorji, ki z drugačno tehnologijo zagotavljajo enake vhodne podatke za SNVP kot video detekcijske enote in sistem. Tako so kamere nameščene med znaki SPIS na takih mestih, da se zagotovi zadostna pokritost trase z detektorji prometnega toku. Poleg teh točk video detekcijske enote detektirajo in nadzirajo promet tudi na izključnih in priključnih rampah na avtocesto.

4.1.1.1 Struktura sistema

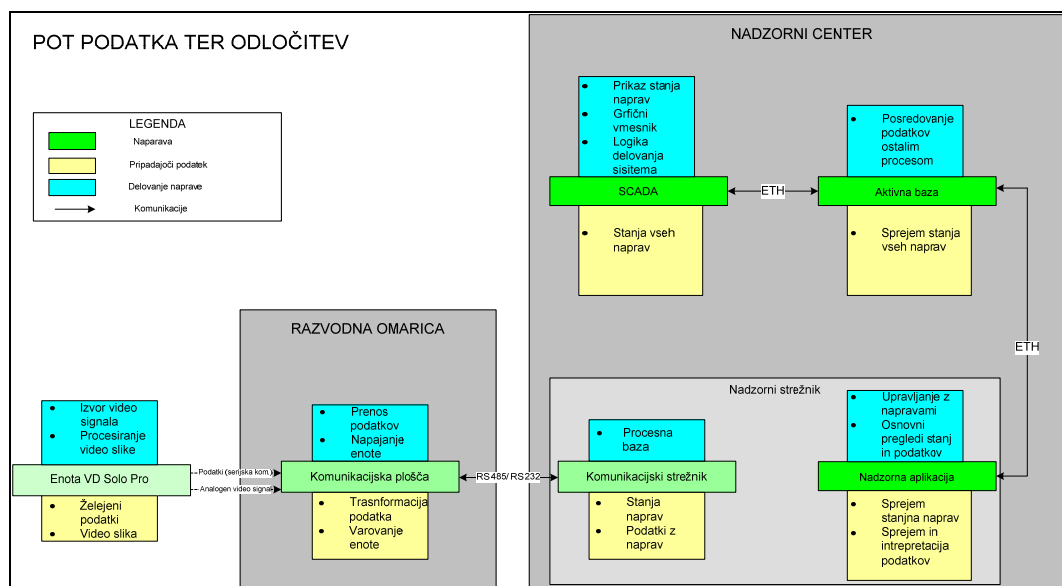
Video detekcijski sistem ima v sistemu nadzora in vodenja prometa dve funkciji, kateri vplivata na odločitve SNVP, to sta:

- zbiranje prometnih podatkov:
 - skupno število vozil v intervalu,
 - število vozil po posameznem razredu v intervalu,
 - povprečna hitrost prometnega toku,
 - povprečna hitrost vozil po posameznem razredu,

- časovna zasedenost,
- detektiranje alarmnih situacij:
 - zaustavljeno vozilo,
 - vožnja v napačno smer.

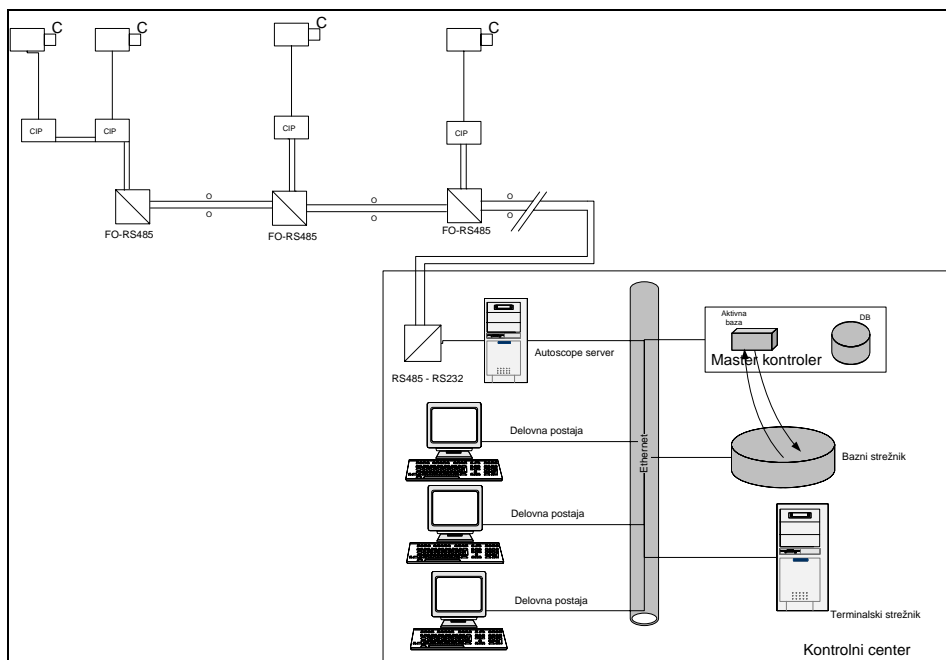
Video detekcijski sistem je načrtovan in izveden procesorsko decentralizirano ter podatkovno centralizirano. To pomeni, da se vse video slike procesirajo na detekcijskih točkah samih, kjer se podatki tudi interpretirajo. Podatki so nato preneseni do centralnega dela sistema, ki je povezan za aktivno podatkovno bazo SNVP. Podatki se zbirajo, statistično analizirajo ter pripravijo za posredovanje aktivni podatkovni bazi, kjer je z mestom in vsebino zapisa podatek pripravljen za prebiranje glavnega dela sistema SCADA.

Centralni del video detekcijskega sistema je video detekcijski strežnik. Na njem deluje posebej v ta namen razvita aplikacija, ki preko komunikacijskega strežnika (COM Server – del aplikacije Autoscope) zajema podatke s posameznih video detekcijskih enot. Vsi prometni podatki so vezani na prometni pas. Zajem se vrši v dveh časovno različnih korakih, glede na naravo podatka. Tako se vsi statistični prometni podatki (štetja, hitrosti,...) posredujejo v aktivno bazo vsako minuto. Podatki o izrednih dogodkih pa se posredujejo v sistem vsak cikel zajema podatkov, kar ustreza časovnemu oknu 1 sekunde. Aplikacija poleg zajema in posredovanja podatkov o prometnem toku spremlja tudi delovanje vseh video detekcijskih enot (diagnostika).



Slika 40: Podatkovna pot video detekcijskega sistema v SNVP

Komunikacije video detekcijskega dela lahko razdelimo na dva dela glede na vrsto signala in spet na dva dela glede prenosnega medija. Za nemoteno delovanje in uspešno diagnostiko video detekcijskega sistema je bilo potrebno postaviti tako podatkovno (data) komunikacijsko mrežo in mrežo za prenos izhodnih video slik. Podatkovna mreža, ki se uporablja v sistemih SNVP, je mreža serijske komunikacije RS 485. Mreža ima pasovno širino 115200 bit/s, ki je predoločena s komunikacijskimi zmoglostmi procesorja video detekcijske enote in prenosne optične opreme. Konfiguracija mreže je linijska in naprave se v mrežo priklapljujejo po načelu »drop – insert«. Prenos slike v taki konfiguraciji sistema je namenjen zgolj video nadzoru in pregledu slik ob konfiguraciji video detekcijskega sistema. Ne glede na uporabo video signalov, se je prenos video signalov izvedel po sistemu »točka - točka«. Sistem prenosa je vključeval video preklopnike ali selektorje preko katerih se izbira željeni video signal za prikaz na video steni ali posameznemu monitorju.



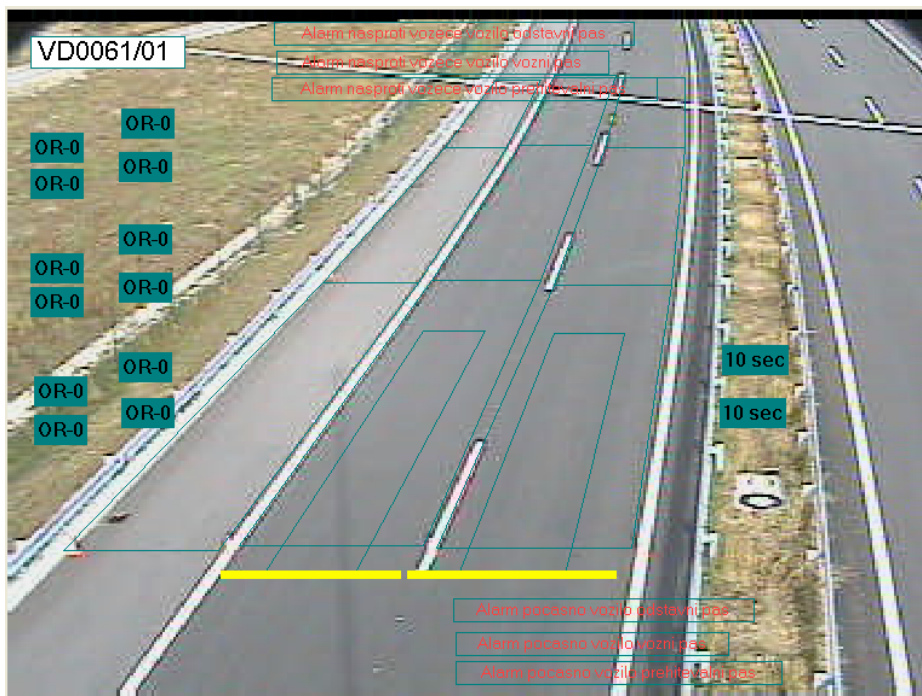
Slika 41: Shema povezav video detekcijskega sistema v SNVP

4.1.1.2 Detektorske slike

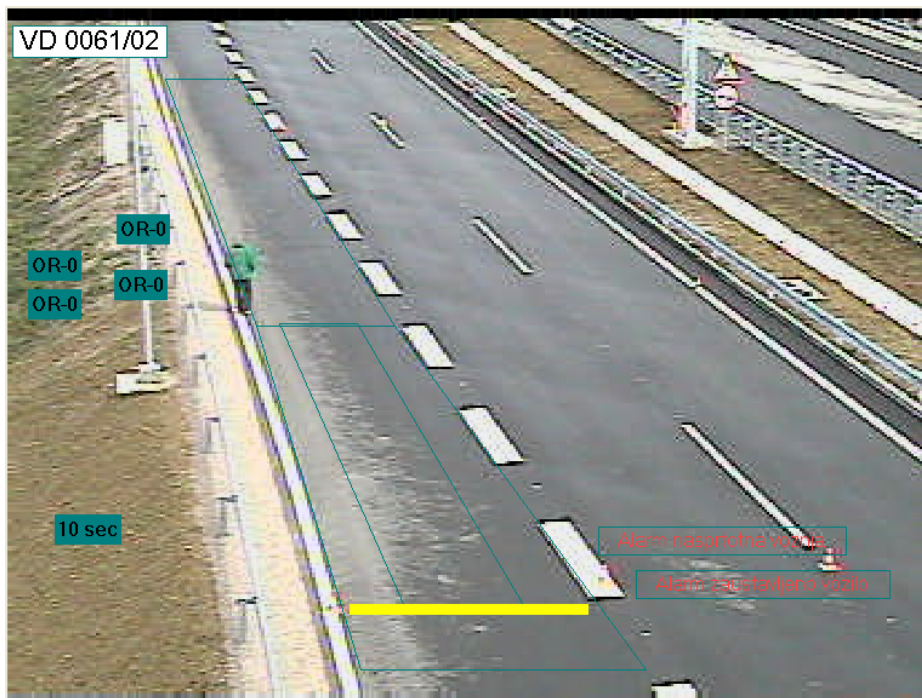
Detektorske slike so pripravljene glede na mesto namestitve kamere ter podatke, ki jih je potrebno na tem mestu zbirati. Vse detektorske slike oziroma video detekcijske enote, ne glede na mesto postavitve, opazujejo prihajajoči promet. Taka postavitvev je posebej pomembna pri detekciji v nočnem času in pri klasifikaciji posameznega vozila. V projektu sta bili v grobem uporabljeni dve detektorski sliki. Sliki se razlikujeta glede na mesto namestitve in sicer glede na video detekcijske enote, ki pokrivajo:

- odprti del trase AC,
- območje priključkov (uvozno/izvozne rampe).

Razlika med detektorskimi slikami je predvsem v količini detektorjev ter hitrosti vozil, ki so detektirana na zgoraj navedenih mestih namestitve. Problematika in razlike, ki pri tem nastajajo, so obremenitev procesorske enote kamere ter različne svetlobne razmere v času noči, saj so skoraj vsi priključki na slovenskih avtocestah osvetljeni.



Slika 42: Primer video detekcijske slike na odprti trasi



Slika 43: Primer video detekcijske slike na območju priključka – izvozna rampa

Detektorske slike vsebujejo več vrst detektorjev, kateri se uporabljajo oz. interpretirajo kot sami ali so v pomoč kakšnemu drugemu detektorju oz. funkciji pri zanesljivosti in verodostojnosti izhodnega podatka.

4.1.1.2.1 Detekcija osnovnih parametrov prometnega toka

Za merjenje hitrosti, štetje in klasifikacijo vozil je na detektorski sliki nameščen detektor hitrosti. Ker je za sistem SNVP pomembna struktura prometa, štetje in meritve hitrosti po pasovih, ima vsak pas svoj detektor hitrosti. Na vsak detektor hitrosti je vezana detektorska postaja.

Detektor hitrosti je postavljen tako, da je števec kar se da dolg, vendar še vedno ne pokriva nobene izmed talnih označb. Dolžina je določena avtomatsko glede na hitrosti, ki jih želimo meriti. Detektor je postavljen na tako mesto, kjer vozila prevažajo preko njega tako, da prevozijo kar največjo površino detektorja. Detektorska postaja je vezana na detektor in potrebni podatki z nje, se kasneje v centralnem delu zbirajo in vsako minuto pošljejo v aktivno bazo centralnega sistema SNVP.

Posebno pozornost je bilo potrebno posvetiti avtomatskemu števcu, ki skupaj za detektorjem hitrosti deluje v paru kot sprožilec. Temu detektorju je bilo potrebno nastaviti stran vpada sončne svetlobe v posameznih delih dneva in smer prevažanja vozil. V primerih, ko nastavitve niso bile pravilne, je prihajalo do napačnih štetij. Detektor je tako v časovnih intervalih, ko so bile sence velike in močne, preštel preveč vozil. V primerih, ko je bila smer prevoza vozila preko detektorja napačno nastavljena, pa je detektor hitrosti preštel premalo prevozov vozil.

4.1.1.2.2 Detekcija izrednih dogodkov

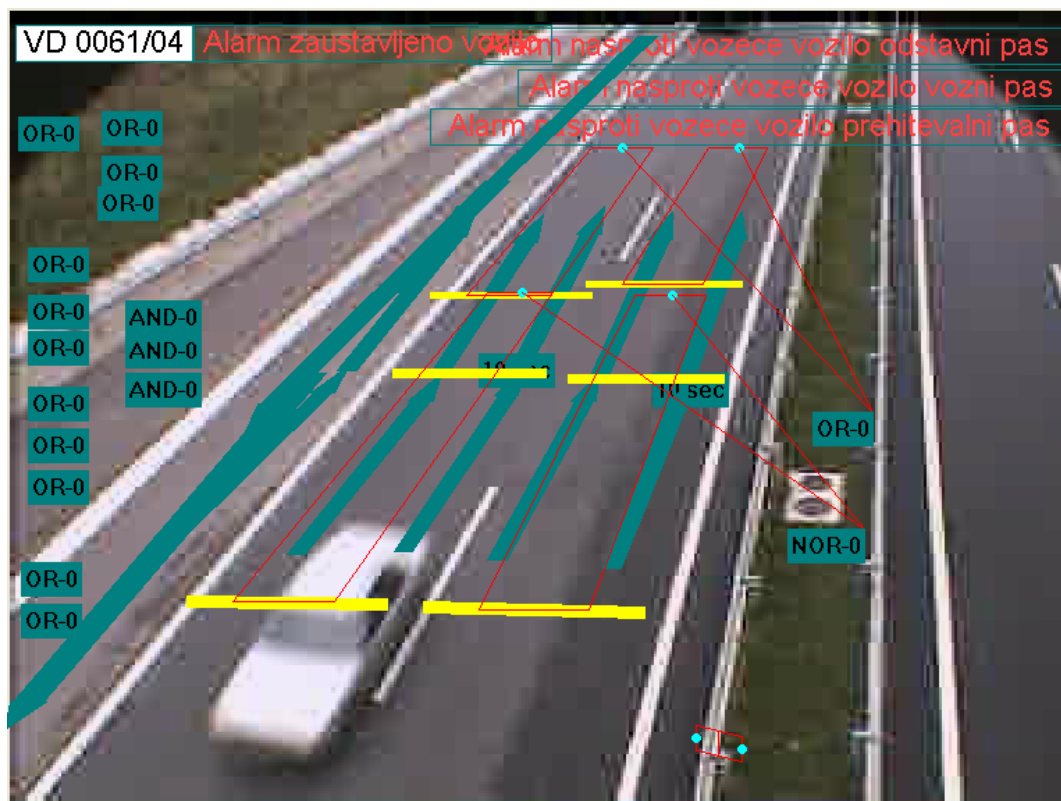
Izredni dogodki se detektirajo z zunanjimi linijskimi detektorji. Ti so nameščeni tako, da posamezen detektor pokriva po en vozni oziroma odstavni pas. Alarmi o izrednih dogodkih se v center prenašajo preko funkcijskih detektorjev, ki definirajo alarm in nato naslovnih detektorjev, ki prikažejo alarm na izhodnem video signalu in katerih izhode se interpretira kot podatke o izrednih dogodkih v centralnem delu sistema.

Pri nastavljanju teh detektorjev je bilo potrebno poleg osnovnih nastavitev spremljati in testirati na posameznih lokacijah tudi čas detekcije oziroma zadrževanja signala za zaustavljeno vozilo. Ti časi se razlikujejo tako po posameznih lokacijah kot tudi po posameznih voznih pasovih.

4.1.1.3 Razvoj detektorske slike

Detektorska slika se razvijala skupaj z razvojem programske opreme, ki deluje na procesorjih video detekcijskih enot. Spremembe in uvedbe novih detektorjev ter menjave detektorjev so bile posledica nezadovoljive detekcije tako osnovnih količin prometnega toka kot tudi izrednih dogodkov v prometnem toku.

V času takoj po postavitvi je sistem deloval z verzijo 7.03 programske opreme, ki je bila razvita s strani proizvajalca opreme ISS. V tej različici programske opreme so bile izdelane tudi vse detektorske slike za video detekcijske enote. Zaradi problemov s štetjem in detekcijo izrednih dogodkov se je po treh mesecih delovanja nadgradilo osnovno programsko opremo z verzijo 8.11 programske opreme.



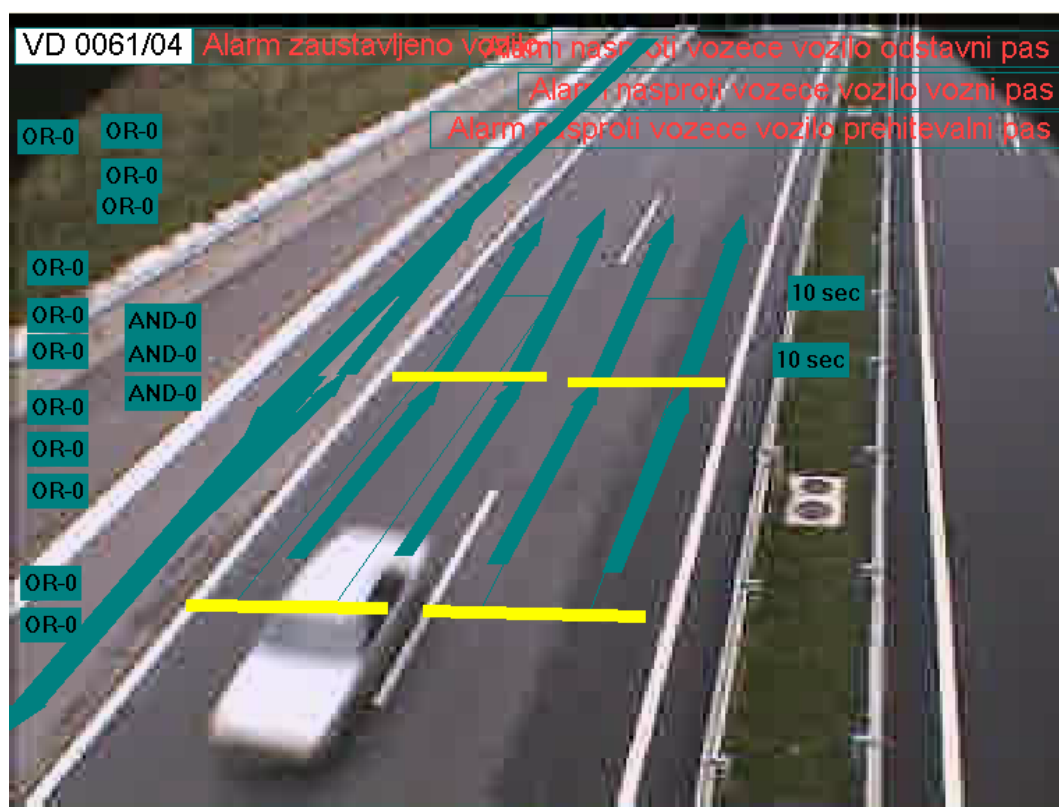
Slika 44: Primer detektorske slike v programski verziji SV 7.03

Detektorska slika v programski verziji 7.03 je vsebovala dva detektorja hitrosti. Bližji par detektorjev je bil namenjen detekciji v dnevnem času, drugi par, ki je bolj oddaljen, pa detekciji v nočnem času. Preklop detektorjev se je izvajal preko detektorja kontrasta in dveh nasproti delujočih funkcijskih detektorjev. Na voznem in prehitevalnem pasu so se zaustavljena oziroma počasi vozeča vozila detektirala preko detektorjev hitrosti. Analizirala se je hitrost posameznih prevozov vozil in ko je bila hitrost prevoza izmerjena pod 30 km/h je bil javljen alarm. Na odstavnem pasu in vožnja v nasprotni smeri se je detektirala z detektorji prisotnosti, ki so bili usmerjeni glede na namen.

Problem take detektorske slike je veliko število detektorjev in s tem visoka obremenjenost procesorja, kar pripelje do slabšega delovanja detektorjev. Detektorji hitrosti so pri nekaterih prevozih izmerili napačne vrednosti hitrosti in tako so se pojavili lažni alarmi. Posledica preobremenjenosti procesorja pa je tudi ohromljeno delovanje procesiranja senc. Tako so vozila (predvsem tovorna), ki so peljala po drugi strani AC s svojimi sencami, ki so na strani

AC, kjer deluje detekcijska enota, metala senco, potovale v nasprotni smeri. Te sence so sprožale alarme za opozorilo nasprotne vožnje.

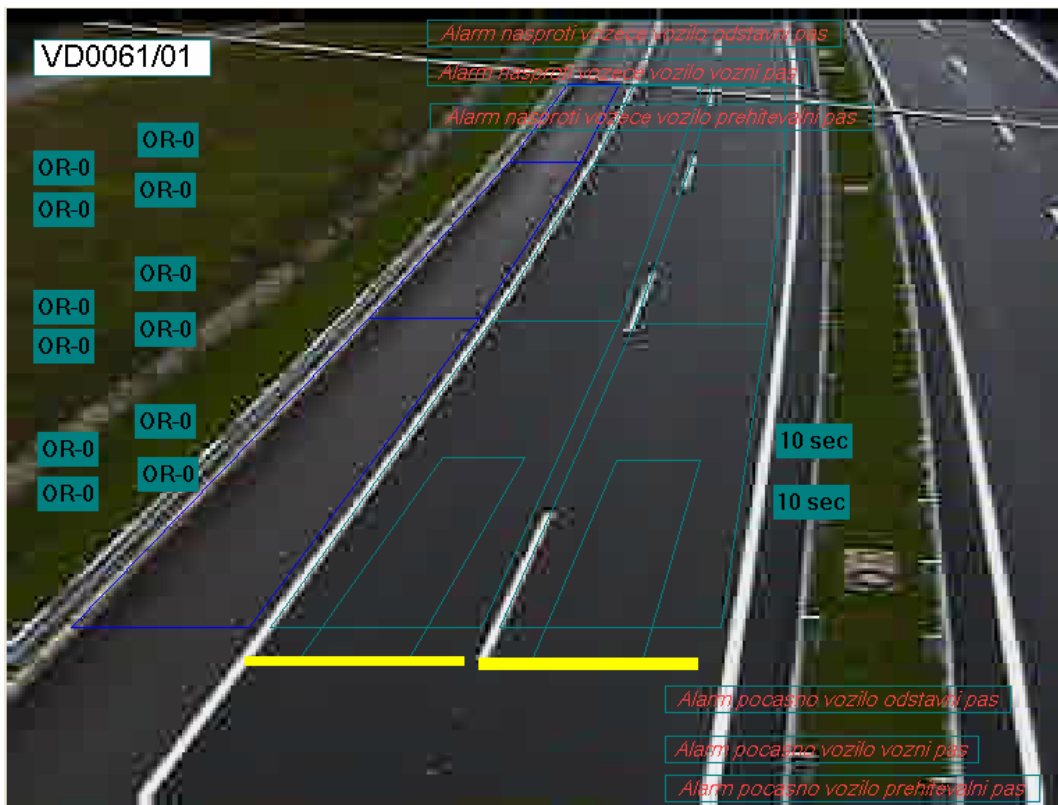
Z razvojem programske opreme se je izboljšalo delovanje detektorja hitrosti in avtomatskega števca. Ta izboljšava je pripomogla h poenostavitvi detektorske slike. Tako je bil v novo detektorsko sliko vključen le en par detektorjev hitrosti. Iz detektorske slike se je odstranilo tudi detektor kontrasta. S tem spremembami se je znižala obremenitev procesorja. Kljub izboljšavam so se še vedno pojavljali problemi z lažnimi alarmi vožnje v nasprotni smeri, ki so bili posledica senc.



Slika 45: Primer detektorske slike po izboljšavi delovanja detektorja hitrosti

Z razvojem verzije programske opreme 8.12 se pojavi zunanji linijski detektor, ki nadomesti detektorje prisotnosti in analizo hitrosti na detektorju hitrosti. Z njegovo uvedbo v detektorsko sliko se je zmanjšalo število alarmov, vendar se je zmanjšala tudi uspešnost detekcije nasproti

vozečih vozil. V ta namen je bil skupaj s proizvajalcem video detekcijske opreme opravljen test.



Slika 46: Primer detektorske slike v programski verziji SV 8.12

4.1.1.3.1 Umerjanje detekcije nasprotne vožnje

Test se je odvijal na zaprtem delu hitre ceste Razdrto – Vipava. Na testu so sodelovali tudi razvojni inženirji podjetja ISS. Tako se je koda programske opreme spreminjala na sami lokaciji testa. Spodaj sledijo rezultati testa, kjer se primerja delovanje dveh različnih verzij programske opreme.

Preglednica 2: Preglednica testiranja nasprotne vožnje SV 8.12

Verzija V8.12				
Kazalec obremenjenosti procesorja	Št. prevozov	Št. nezaznanih prevozov	Delež nezaznanih prevozov [%]	Pogoji testiranja
60-70	75	17	77	dan oblačno -
130	27	18	33	
175	29	21	28	
60-70	20	18	10	sončno
140	17	15	12	
65	10	10	0	noč
120	10	10	0	
60-70	19	18	5	hitrost > 80km/h

Preglednica 3: Preglednica testiranja nasprotne vožnje SV 8.30B razvite ob testiranju

Verzija V8.30B				
Kazalec obremenjenosti procesorja	Št. prevozov	Št. nezaznanih prevozov	Delež nezaznanih prevozov [%]	Pogoji testiranja
60-70	25	5	80	dan oblačno -
145	27	9	67	
200	31	15	52	
60-70	20	10	50	sončno
166	17	9	47	
65	10	10	0	noč
120	10	10	0	
60-70	20	19	5	hitrost > 80km/h

4.1.1.3.2 Umerjanje štetja

Kontrola natančnosti štetja posameznih detektorskih enot se je izvajala z opazovanjem delovanja posameznih detektorskih naprav, katerih štetja so v bazi podatkov odstopala od povprečnih štetij na zaprtem odseku. Primerjalo se je štetja z mikrovalovnih detektorjev in video detekcijskih enot. Primerjave so se izvajale med posameznimi merilnimi točkami in na zaprtih odsekih AC (kjer ni virov in ponorov prometnih tokov).

Preglednica 4: Preglednica analize štetja ob dnevnem zajemu podatkov z vseh števecv prometa

Odsek	Ime detektorja	Štetje	Povprečje	Odstopanje %	Odstopanje abs
01D	MD A1D	5631			
	VD 0060/01	3893			
	MD A2D	4791	4539	5,56	253
	VD 0060/02	4286	4539	-5,56	-253
02D	VD 0061/11	4092	4114	-0,53	-22
	MD A3D	4992	4114	21,35	878
	VD 0061/12	4020	4114	-2,28	-94
	MD 01D	4088	4114	-0,62	-26
	VD 0061/01	4180	4114	1,61	66
	MD 02D	4188	4114	1,81	74
03D	MD 03D	5959	5707	4,41	252
	VD 0061/04	5691	5707	-0,29	-16
	VD 0061/05	5472	5707	-4,12	-235
	VD 0061/06				
04D	MD 04D	6386	6297	1,41	89
	VD 0062/03	5988	6297	-4,91	-309
	MD 05D	6455	6297	2,51	158
	MD 06D	6360	6297	1,00	63
	VD 0062/05				

Preglednica 5: Preglednica analize štetja ob zajemu podatkov z vseh števecv prometa v določenem delu dneva

Time	MD	VD	Odstopanje
19:00-08:00	A2D	0060/02	5,71

Time	MD	VD	Odstopanje
13:00-14:00	A3D	0061/11	3,57

Time	MD	VD	Odstopanje
19:00-09:00	A2L	0660/04	3,50

Time	MD	VD	Odstopanje
13:00-14:00	01D	0061/12	5,60

Time	MD	VD	Odstopanje
19:00-09:00	A2L	0660/03	11,46

Time	MD	VD	Odstopanje
13:00-14:00	A3L	0661/11	4,23

Time	MD	VD	Odstopanje
19:00-09:00	A2D	0061/01	12,76

Time	MD	VD	Odstopanje
13:00-14:00	A3L	0661/11	16,90

Po analizi zgoraj prikazanih štetij se je pregledovalo delovanje posameznih detektorjev in ugotavljalo vzroke za nastale razlike v štetjih.

Preglednica 6: Preglednica analize delovanja video detekcijske enote – primerjava ročnega, avtomatskega in zapisanega štetja

VD 0061/01	Ročno štetje	Prešteti nezaznav	Zapis v bazo AS	Štetje MD 02D	Uspešnost VD	Odstopanje MD ročno	Vreme
10:00- 10:30	194	3	189	197	98,45	1,55	jasno
10:30- 11:00	164	3	165	164	98,17	0,00	jasno
11:00- 10:30	156	1	158	163	99,36	4,49	jasno
11:30- 12:00	150	0	147	149	100,00	0,67	jasno
12:00- 12:30	139	0	139	142	100,00	2,16	jasno
12:30- 13:00	164	16	124	146	90,24	10,98	začetek megle

4.1.2 Detekcija kolone ob rekonstrukciji predorov

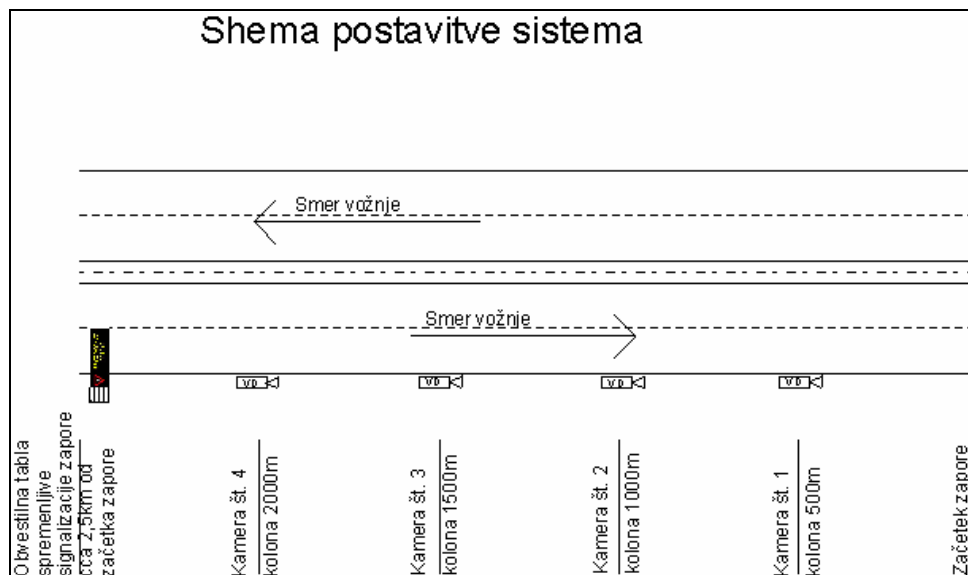
Projekt obveščanja voznikov o nastajanju kolone ob rekonstrukciji predorov na AC A2 Debeli hrib in Mali vrh je bil namenjen zviševanju nivoja usluge na AC odseku Malence – Šmarje Sap. Sistem je voznike obveščal o spremenjeni prometni ureditvi in o razdalji do začetka kolone. Sistem je pokrival vse tri krake razcepa Malence, tako da je voznike obveščal na mestih, kjer je še bil možen izvoz iz avtoceste in obvoz po regionalnih cestah oziroma cestah nižjega ranga.

Projekt oziroma sistem je bil sestavljen iz detektorjev prometnega toka in obvestilnih tabel, ki so na podlagi izhodnih podatkov detektorjev avtomatsko prikazovale ustrezne predoločene vsebine. Za detektorje prometnega toka so bili izbrani video detektorji. Zaradi prilagodljivosti

so bile obvestilne table izdelane v LED tehnologiji, kar je omogočalo boljše in hitrejšo prilagoditev sistema dejanskim stanjem na trasi.

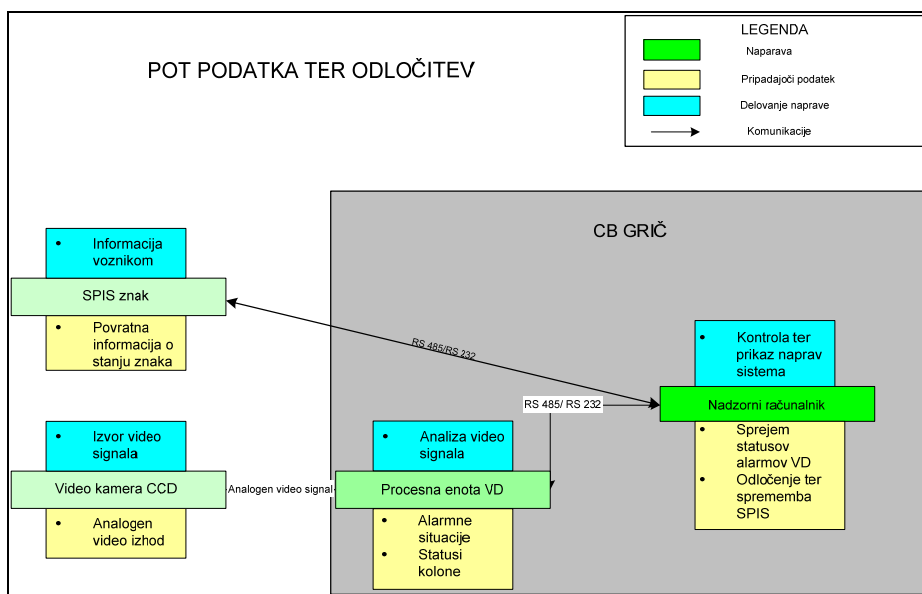
4.1.2.1 Struktura sistema

Sistem je bil sestavljen iz dvanajstih enot video detekcije in treh spremenljivih znakov v led tehnologiji. Detektorske enote so bile nameščene v tračniški izvedbi, kar pomeni, da sta bila vir slike in procesor ločena. To je poenostavilo komunikacijske poti in jih številčno zmanjšalo. Zaradi zahteve o nemotenem prenosu video signala, pa je bila posebna pozornost posvečene video optični opremi in kvaliteti optičnih prenosnih vlaken. Dodatno oteževalno okoliščino je prineslo dejstvo, da je bil sistem izdelan tako, da je bila njegova demontaža enostavna in da se je večina vgrajenih delov uporabila v nadaljnjih projektih detekcije kolone in obveščanja voznikov, vključno z osnovno kabložo.



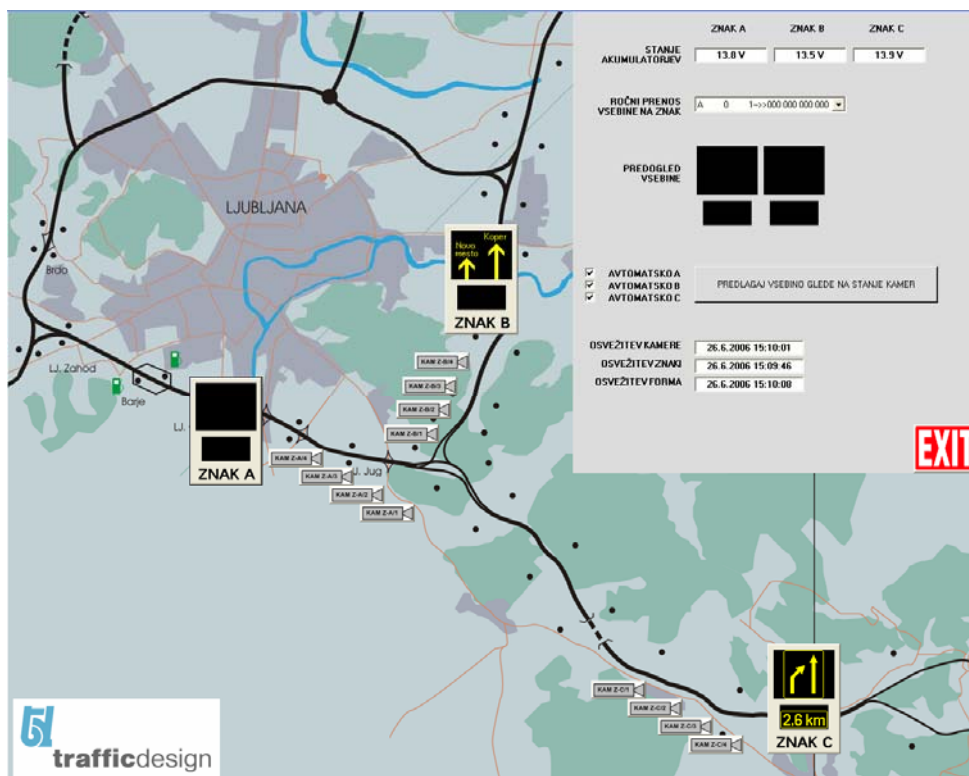
Slika 47: Osnovna shema postavitve sistema

Sistem je bil zasnovan in izveden centralno tako, da so se vse komunikacijske poti stekale v center v cestni bazi Grič, kjer so se vsi podatki procesirali in se posredovali napravam na terenu.



Slika 48: Pot podatka video detekcijskega sistema v sistemu Mobile TMS

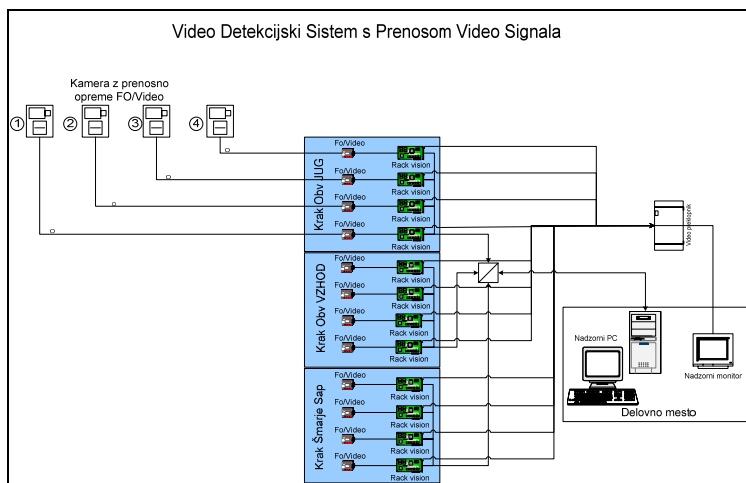
V nadzornem centru se je video signal na video detekcijskemu procesorju analiziral in posredoval v centralni računalnik, kjer je delovala računalniška aplikacija Mobile TMS (last in razvoj Traffic Design d.o.o.). Aplikacija je zajemala podatke z video detekcijskih procesorjev ter analizirala statuse predefiniranih alarmnih stanj. Na podlagi matrike možnih alarmnih stanj se je aplikacija odločala za ustrezne prometne vsebine, ki so se prikazovale na znakih spremenljive prometno informativne signalizacije (SPIS). Aplikacija je poleg osnovne logike delovanja sistema izvajala tudi zajem in posredovanje podatkov napravam na trasi. Poseben poudarek je bil na delovanju diagnostike naprav, ki so bile del sistema, v sami aplikaciji. Vsi statusi in alarmna stanja so se prikazovali na grafičnem vmesniku, ki je bil del osnovne aplikacije Mobile TMS.



Slika 49: Grafični vmesnik aplikacije Mobile TMS

Komunikacijske poti so bile izvedene po enorodnih optičnih vlaknih, kar je omogočalo nemoten in kvaliteten prenos podatkov na daljše razdalje. Video signali so se preko pogonske centrale predora Golovec prenašale do nadzornega centra in video detekcijskih procesorjev.

Komunikacija do znakov se je izvajala po standardnih komunikacijskih protokolih RS 485 in RS 232 po ločenih optičnih vlaknih.



Slika 50: Shema povezav video detekcijskega sistema v Mobile TMS

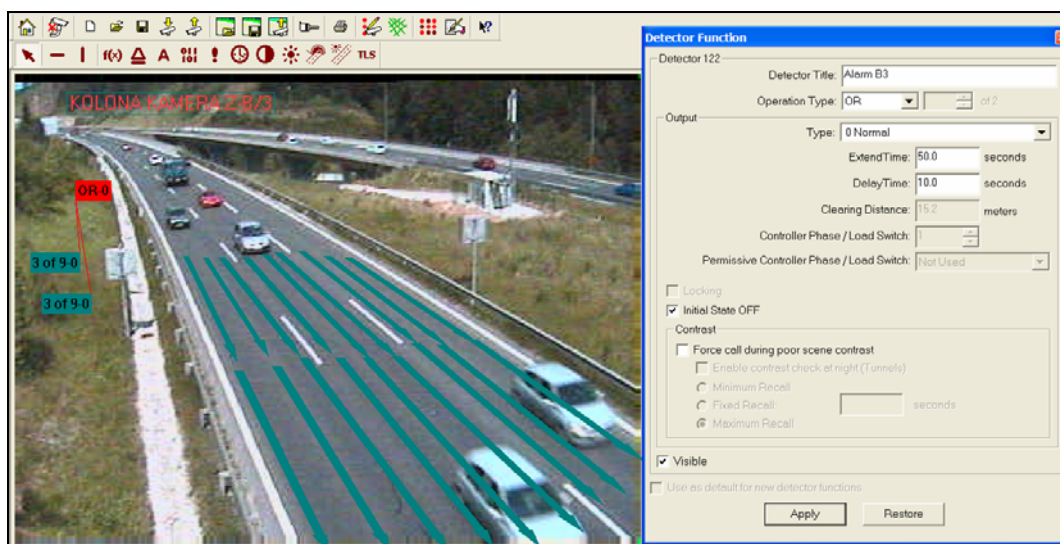
4.1.2.2 Detektorske slike

Detektorske slike na video detekcijskih procesorjih so bile pripravljene za detekcijo kolone . Zaradi hitre montaže, ki ni zahtevala večjih gradbenih del, so bile slike z kamer oziroma vidna polja kamer marsikje neidealna. To je pomenilo veliko sprememb samih video detekcijskih slik med delovanjem aplikacije. Take spremembe so bile izvedljive samo ob spremljanju delovanja detekcije ob pojavu zastojev in kolon.

Posebna pozornost je bila namenjena zadrževanje alarmnega stanja (izločanje lažnih alarmov) in podaljševanju. Na nekaterih detekcijskih slikah je bilo v namen boljše detekcije spreminjati oziroma podaljševati čase osveževanja ozadja, saj so vozila v koloni stala nepremično tudi po več minut in jih je procesor privzel kot ozadje in s tem prekinil alarmno stanje oziroma vozila niso bila detektirana.

Ker je bila video detekcija oziroma je bil video signal uporabljen kot video nadzor je vidno polje posamezne kamere pokrivalo veliko površino ceste, kar je pomenilo, da je bilo posebno pozornost posvetiti velikosti detektorjev in njihovi debelini. Opazila se je še ena posebnost oziroma problem pri detektiranju kolone na avtocesti oziroma odprti cesti, to je puščanje povečanih razmikov med posameznimi vozili. Tako so nekateri vozniki puščali velike razmike do predhodnega vozila. Ko se je taka »luknja« pripeljala v območje detektiranja video detekcijskega sistema, je video detekcijska enota prekinila pozitivno alarmno stanje na

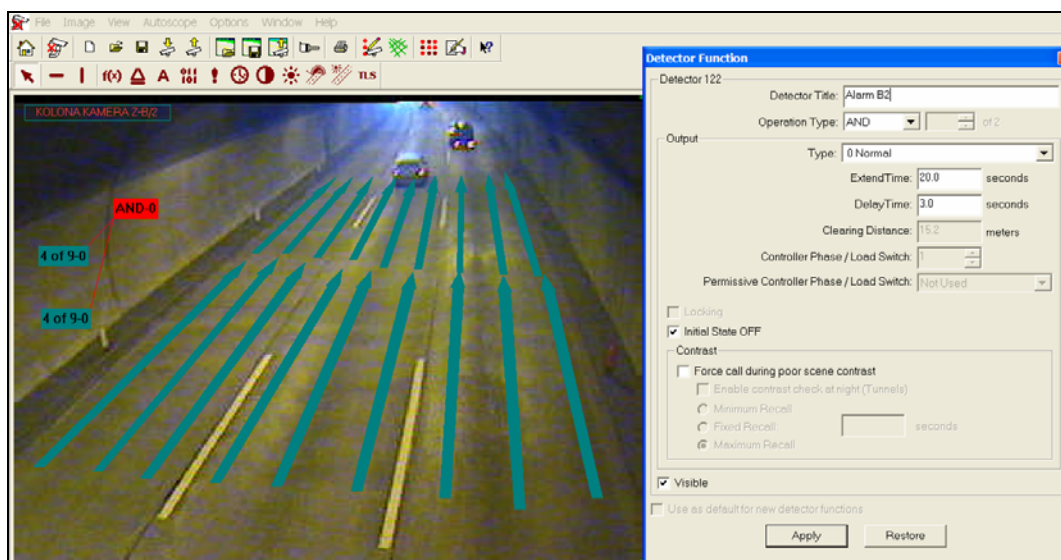
svojem odseku. Tako dogajanje je sprožilo negodovanje operaterjev, saj se je rezultat tega pojava veliko število menjav alarmnih stanj in prometnih vsebin na znakih SPIS. Zaradi napačnega alarmnega stanja so bile tudi prometne vsebine na znakih SPIS napačne. Problem se je reševal s podaljševanjem alarmnega signala. To podaljševanje je bilo oteženo, saj se na vseh detekcijskih mestih niso pojavljale »luknje« enake časovne dolžine. Tako so bili nekateri časi podaljševanja tudi do petkrat daljši od najkrajših.



Slika 51: Primer detektorske slike in določanja lastnosti funkcijskega detektorja

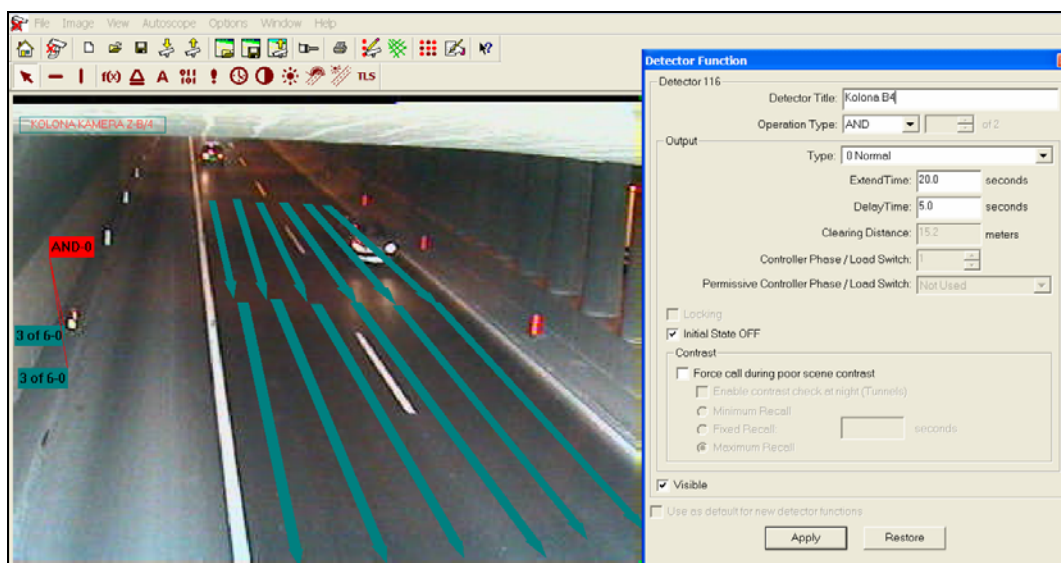
V lastnostih funkcijskega detektorja se vidi podaljšan čas pozitivnega stanja alarma, zaradi pojavov »lukenj« v kolonah stoječih vozil. Prav tako je podaljšan čas zadrževanja saj se je v večernem času pojavil problem lažnih alarmov. Sij žarometov vozil je bil na tem mestu tako močan, da je sprožil detektorje prisotnosti. In ob večjem prometnem pretoku in konstantni prisotnosti premikajočih se vozil in sijev žarometov, se je vklapljal alarm za javljanje kolone. Izbran je bil čas zadrževanja 10 s, kar pomeni, da so morali biti izpolnjeni vsi pogoji za pozitivno javljanje alarma vsaj 10 s.

Poleg pozicij so poseben izziv predstavljale kamere oziroma detekcijska polja v predorih in pokritih vkopih. Praviloma se vozila v predorih zaradi nizke pozicije namesti tako, da vozila »odhajajo« iz detekcijskega polja. To pomeni, da sprednji glavni žarometi ne posveti direktno v vir video signala in s tem ne zmanjšujejo kvalitete slike.



Slika 52: Primer detektorske slike in določanja lastnosti funkcijskega detektorja v predoru Golovec

Zaradi posebnosti postavitve in želje naročnika so kljub zgoraj omenjenim dejstvom nekatere od kamer gledale »prihajajoč« promet v predorih, kar je zahtevalo posebno pozornost pri postavitvi kamere in nastavitvi objektiv kamere.

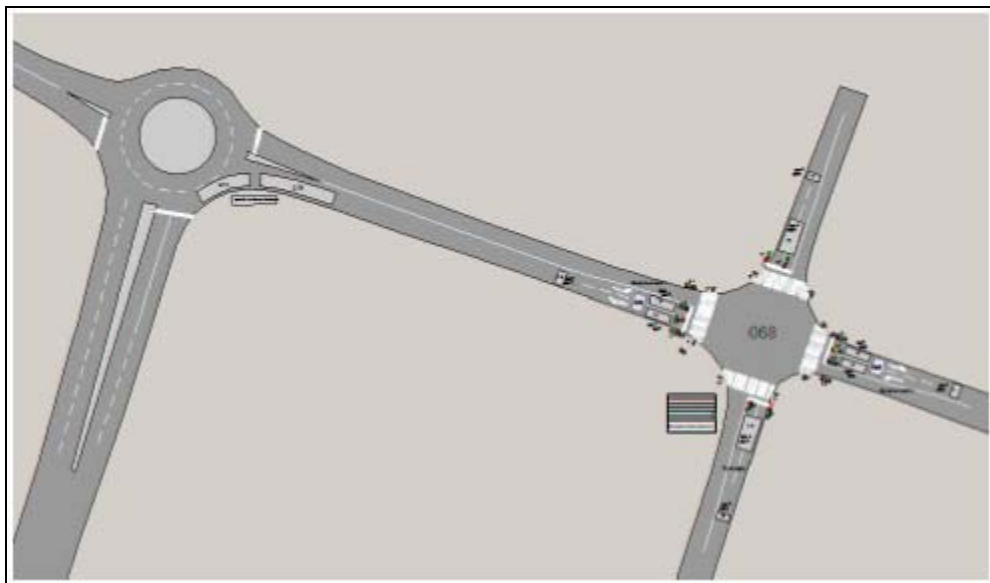


Slika 53: Primer detektorske slike in določanja lastnosti funkcijskega detektorja v pokritem vkopu Strmec

V lastnostih detektorjev opazimo različne čase podaljševanja in zadrževanja alarmnega signala. Časi so se umirjali med samim delovanjem aplikacije in v času postavljene zapore. Za uspešno kalibracijo je bilo potrebno opazovati delovanje detekcije in posameznih detektorjev »v živo«.

4.1.3 Detekcija kolone v križišču

Video detekcija se je za detekcijo kolone oziroma prisotnosti stoječih ali počasi vozečih vozil uporabila v okviru vodenja semaforkega programa v križišču Gosposvetska – Turnerjeva v Mariboru. Problematika križišča oziroma celotnega dela prometne mestne mreže je nastajanje kolone na omenjenem križišču. Kolona vozil ob konicah nastaja tudi v krožišču, kjer zaustavi tudi promet v drugih smereh.

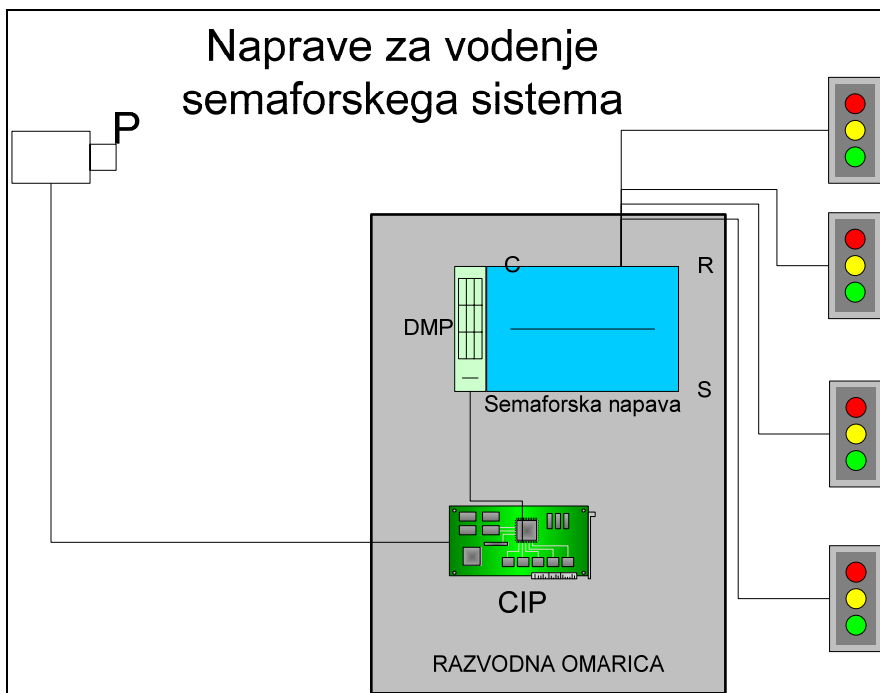


Slika 54: Situacija križišč Gosposvetska - Turnerjeva

Video detekcija se je v tem primeru izkazala za zelo fleksibilen način detektiranja, saj se je tekom kalibracije signalnega programa marsikatera sprememba opravila na sami detektorski sliki. S tem je bilo prihranjeno reprogramiranje signalnega programa in hitrejše optimiranje delovanja križišča.

4.1.3.1 Struktura sistema

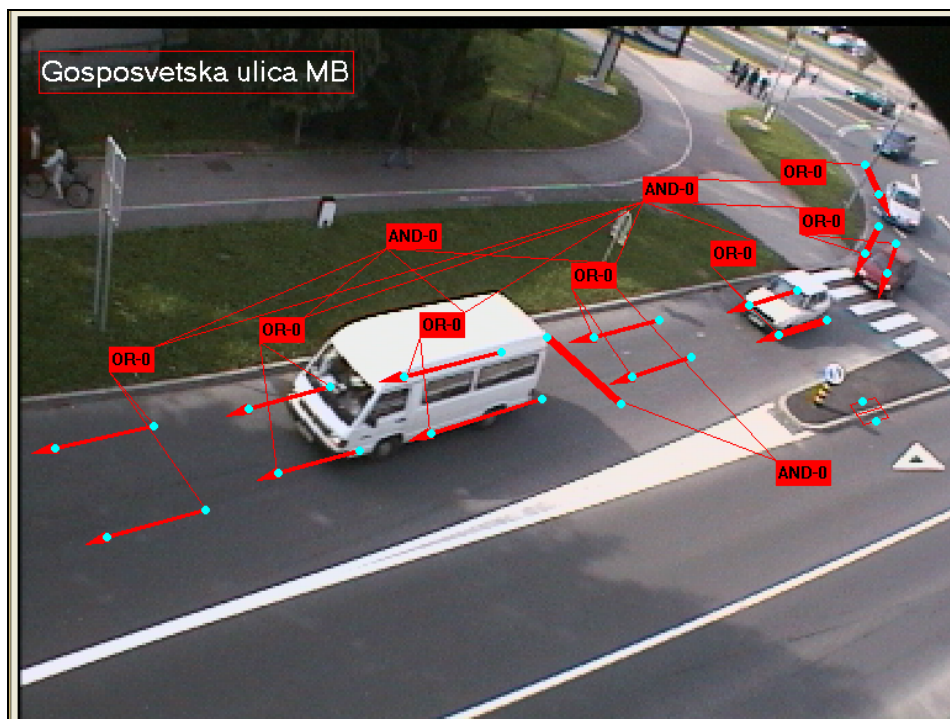
Za video detekcijsko enoto je bil izbran sistem Autoscope Solo Pro. S tem je bil izločen problem intaktnega prenosa video signala. Za komunikacijo s kontrolerjem semaforja je bila v sistem umeščena posebna DPM enota Autoscope Rack Card, ki je na podlagi delovanja procesorja posredovala stanja kolone semaforskega kontrolerju.



Slika 55: Shema strukture sistema

4.1.3.2 Detektorska slika

Detektorska slika pokriva območje izvoznega kraka krožnega križišča na Gosposvetsko ulico. Video detekcijska enota posreduje dva statusa kolone semaforski kontrolni napravi. Dolžine detektorjev in časi zadrževanja signala so določeni tako, da video detekcijska enota javi semaforski napravi pozitiven status, ko vozila na območju detektiranja stojijo oziroma potujejo s hitrostjo 5 km/h ali manj.



Slika 56: Detektorska slika – detektiranje kolone z usmerjenimi detektorji prisotnosti

5 ZAKLJUČEK

Video detekcijski sistemi se lahko uporabljajo v različnih obsegih in strukturah, kar zagotavlja veliko možnost uporabe takih sistemov v različnih sistemih za nadzor in vodenje prometa na cestah. Pri tem je lahko video detekcijski sistem voden centralno iz nadzornega centra SNVP ali pa deluje lokalno in je neodvisen od povezave s centrom. Te lastnosti omogočajo fazno gradnjo sistemov za nadzor in vodenje prometa saj ni potrebno izvesti celotnega sistema video detekcije ali SNVP v eni fazi ali enem kosu.

Video detekcija se je izkazala za fleksibilen način detektiranja prometnih tokov in objektov v prometnem toku. V nalogi so bile nazorno prikazane vse prednosti in vse omejitve, ki so se zabeležile pri izvedenih projektih. S tem namenom so prikazani vsi gradniki video detekcijskega sistema tako, da se prikaže način delovanja sistema in posamezne video detekcijske enote in s tem podkrepi ugotovitve pridobljene na delujočih video detekcijskih sistemih.

Naloga poudari pomembnost pravilne namestitve, izvedbe podpornih infrastrukturnih sistemov in v poglavju 4 predstavi različne že izvedene primere take infrastrukture, saj praktični primeri kažejo na to, da se pozicija vira video signala – kamera v večini primerov prilagaja prav omenjenim infrastrukturnim sistemom. S taki delovanjem oziroma izvajanjem video detekcijskih sistemov pa se zmanjšuje uspešnost detekcije in s tem kredibilnost teh sistemov. Izvedeni sistemi poleg načina izvedbe prikazujejo tudi raznolikost uporabe video detekcijskih sistemov in njihovo delovanje ter umerjanje na terenu.

Razvoj video detekcije je v času od prve postavitve takega sistema pri nas do danes napravil velik korak pri razvoju same detekcije objekta v prometnem toku. Tak razvoj obljublja odpravo tudi problematike navedene v diplomski nalogi. Pri takih ugotovitvah oziroma željah pa je še vedno potrebno vedeti, da se video detekcija odvija na nivoju dvodimenzionalne slike, ki je skupek barvnih točk.

Kar se ne vidi, se ne da detektirati.

VIRI

Razvojno raziskovalna naloga - Detekcija prometnih objektov v prostem prometnem toku in spremljanje prometa z video procesnimi enotami., Oktober 2003, Ljubljana, Slovenija. Traffic design d.o.o.

Maher, prof dr. T., 1994. Teorija prometnega toka. Skripta. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, FGG

Transportation Research Board, National Research Council. 2000. Highway Capacity Manual – HCM, Washington

Gorup, S., Pavlinič, B. 2004, Uporaba video detekcije na križiščih, Cestarski dnevi 2004, Portorož – zbornik.

Rijavec, R. 2000, Inteligentna video detekcija v cestnem prometu. Ljubljana. Magisterska naloga. Univerza v Ljubljani, FGG

Wide area vehicle detection system. Supervisor user guide – uporabniški priročnik ISS, 2006, California USA, Image Sensing Systems.