

Darbības programma: “Uzņēmējdarbība un inovācijas”
Prioritātes numurs un nosaukums: 2.1. “Zinātne un inovācijas”
Pasākuma numurs un nosaukums: 2.1.1. “Zinātne, pētniecība un attīstība”
Aktivitātes numurs un nosaukums: “Atbalsts zinātnei un pētniecībai”

Projekta Nr. 2010/0250/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/086
Projekta nosaukums: ”Multifunkcionāla inteliģenta transporta sistēmas punkta tehnoloģija” (MITS)

Līguma noslēšanas datums: 10.12.2010.g.
Projekta sākuma datums: 01.01.2011.g.
Projekta beigu datums: 1.12.2013.g.

Eiropas Reģionālā attīstības fonda saņēmējs: Elektronikas un datorzinātņu institūts (EDI)

Skoču projekts:
Invazīvo un neinvazīvo sensoru pielietojšanas un iestrādes ceļa segumā iespējas

Projekta zinātniskais vadītājs: Leo Seļavo, Ph.D. vad. Pētnieks

Projekta izpildītāji:

Vad.pētn. Dr.sc.comp. Kārlis Freivalds
Vad.pētn. Dr.sc.comp. Mihails Broitmans
Zin. Asist. Mārtiņš Liepiņš
Zin. Asist. Aivars Ševerdaks
Zin. Asist. Roberts Kadiķis
Prog. Inž. Normunds Šilinskis

Pētnieks Uldis Grunde /Profesionāla rakstura dabrs bez atlīdzības/
Zin.Asist. Artis mednis /Profesionāla rakstura dabrs bez atlīdzības/
Zin.Asist. Andris Gordjušins /Profesionāla rakstura dabrs bez atlīdzības/

Saturs

Ievads	3
1. Neinvazīvie sensori, to pielietojums	4
1.1. Video kameras, to pielietojums	4
1.1.1 Video kameraas pielietojums automašīnu detektēšanai	4
1.1.2 Video kameru pielietojums numura zīmju atpazīšanai	6
1.2 Akustisko sensoru pielietojums transporta līdzekļu detektēšanai	7
1.3 Pasīvie infrasarkanās enerģijas sensori	8
1.4 Ultraskaņas sensoru izmantošana transporta līdzekļu detektēšanai	10
1.5 Mikroviļņu radari	11
1.6 LIDAR izmantošana transporta plūsmas monitoringam.	12
2. Invazīvie sensori, to pielietojums	13
2.1. Induktīvās cilpas	13
2.2. Magnētiskie sensori, to pielietojums transporta līdzekļu atpazīšanā	14
3. Brauktuves stāvokļa un laika apstākļu noteikšana	15

Ievads

Skiču projekts “Invazīvo un neinvazīvo sensoru pielietošanas un iestrāds ceļa segumā iespējas” ir ERAF 2.1.1.1 aktivitātes ietvaros atbalstītā projekta “Multifunkcionāla inteliģenta transporta sistēmas punkta tehnoloģija” (MITS) aktivitātes rūpnieciskais pētījums rezultāts. Skiču projekts apskata dažādus risinājumus un iespējas transporta līdzekļu reģistrēšanai.

Automašīnu skaita uz ceļa virsmas iespējams iegūt izmantojot dažādus sensorus, kurus savukār var iedalīt invazīvos un neinvazīvos. Invazīvie sensori tiek iestrādāti ceļa segumā kopā ar seguma klāšanu vai arī pēc ceļa seguma uzklāšanas. Jebkurā gadījumā invazīvo sensoru izmantošana noved pie ceļa seguma bojāšanas. Invazīvo sensoru apkalpošana un iestrāde ceļa segumā prasa satiksmes plūsmas pilnīgu vai daļēju apturēšanu, kas intensīvas satiksmes apstākļos rada daudz neērtību. Neinvazīvie sensori ir tādi sensori, kuri informāciju par satiksmes stāvokli spēj dot atrodoties blakus brauktuvei, vai arī virs brauktuves. Neinvazīvie sensori nekādā veidā nebojā ceļa segumu, kā arī ir vienkārši apkalpojami un neprasa satiksmes bloķēšanu to nomaiņas vai remonta gadījumā. Multifunkcionāla inteliģenta transporta sistēmas punkta tehnoloģijas projekta izstrāde tiek balstīta uz maksimāli neinvazīvu sensoru kopas izmantošanu, taču arī invazīvie sensori dod savu ieguldījumu transporta līdzekļu detektēšanā.

1. Neinvazīvie sensori, to pielietojums

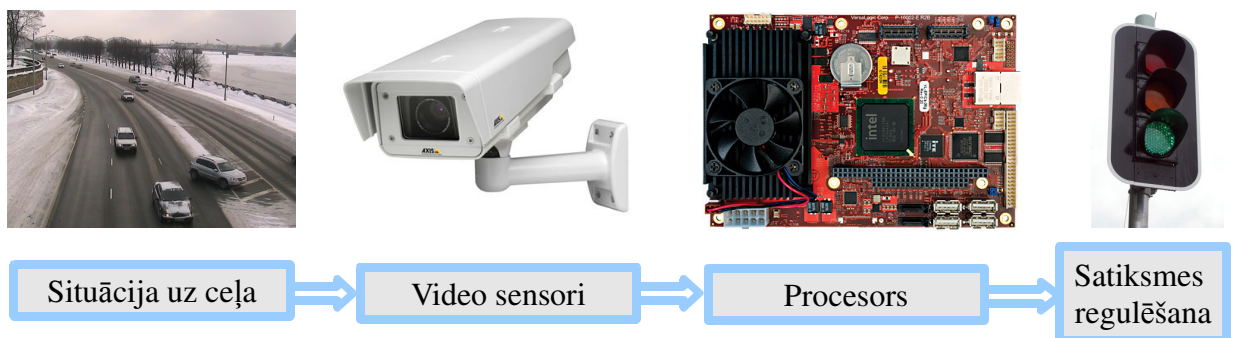
Neinvazīvie sensori ietver plašu sensoru klāstu. Veicot jaunāko transporta līdzekļu detektēšanas sensoru analīzi, atliek secināt, ka attīstības tendences transporta līdzekļu reģistrēšanā pāriet uz šo sensoru klasi, kas ir arī saprotams, jo iejaukšanās ceļa segumā rada neērtības gan autoceļu uzturētājiem, gan satiksmes dalībniekiem.

1.1 Video kameras, to pielietojums

Video kameras kā sensori datu iegūšanai par satiksmes plūsmu, intensitāti un objektu atpazīšanu tiek plaši izmantotas. Galvenā video kameru priekšrocība ir liels informācijas apjoms, ko var iegūt. Video kameru datu apstrādei, salīdzinot ar citiem satiksmes sensoriem, nepieciešama salīdzinoši liela skaitļošanas jauda. Taču video sensori ir vienīgie, kuri var sniegt informāciju gan par satiksmes intensitāti, gan laika apstākļiem, satiksmes negadījumu, kā arī atpazīt konkrētus objektus. Video kameru izmantošana ir pilnībā neinvazīva pret ceļa segumu, tādēļ šī tehnoloģija tiek plaši izmantota.

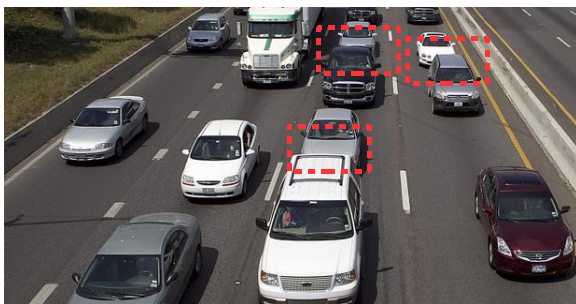
1.1.1 Video kameras pielietojums automašīnu detektēšanai

Viens no projektā lietojamiem neinvazīvajiem sensoriem ir video kameras. Šādi sensori spēj sniegt daudzpusīgu informāciju par salīdzinoši plašu ceļa apgabalu. Apstrādājot ar kameru iegūtos datus, iespējams noteikt automašīnu skaitu, to kustību, ātrumu, gabarītus. Pirmais uzdevums kadru apstrādē ir atklāt automašīnas esamību, kas vēlāk ļaus novērtēt citus transportlīdzekļa parametrus.

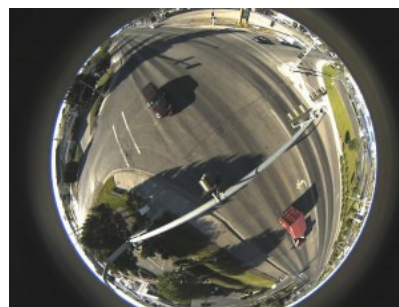


1.1. att. Video apstrādes sistēmas daļa ITS

Kameras novietojums ietekmē atklāšanas precizitāti, kā arī nosaka ceļa posmu, par kuru iespējams iegūt interesējošo informāciju. Precīzāka automašīnu atklāšana iespējama, ja kamera novietota virs ceļa un vērsta 90° leņķī uz leju – tādējādi automašīnas neaizklāj viena otru (aizklāšanas piemērs redzams attēlā 1.2.a). Šāds novietojums savukārt samazina kadrā redzamo ceļa apgabalu. Lai apmierinātu abas prasības vienlaicīgi, tiek piedāvāts 1.3. attēlā parādītais risinājums.



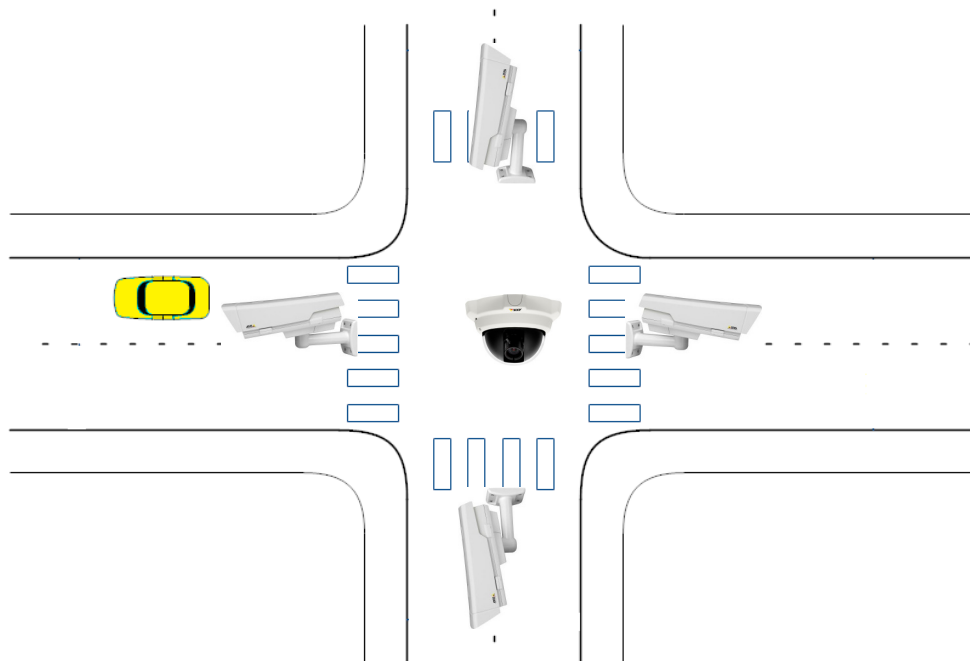
a)



b)

1.2. att. a) mašīnu aizklāšanās, kas rodas dēļ kameras novietojuma leņķa pret ceļu; b) kamera ar 360° novērošanas leņķi

Virs krustojuma novietota kamera ar 360° novērošanas leņķi, kas dod līdzīgu rezultātu 1.2.b. attēlā redzamajam. Kamera ļauj precīzi izdalīt automašīnas, kas piebraukušas tuvu krustojumam. Savukārt, lai novērtētu situāciju tālākā attālumā no krustojuma, tiek uzstādītas papildus kameras, kur katra vērsta attiecīgi novērojamā ceļa virzienā.

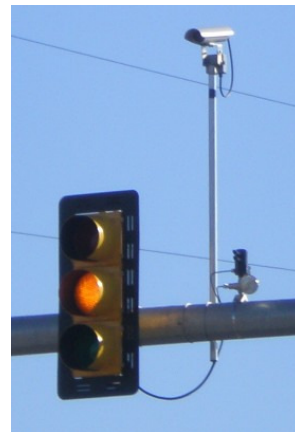


1.3. att. Kameras izvietojums, lietojot 360° kameru un parastas IP kameras katrai joslai

Daudzās kameras noved pie lielākām nepieciešamajām skaitļošanas jaudām saņemto kadru apstrādē. Ne vienmēr arī iespējams novietot 360° leņķa kameru virs krustojuma. Lētāks paņēmieni būtu parastu kameru lietošana. Krustojuma viena ceļa novērošanu veiktu viena kamera, novietota virs ceļa. Jo augstāk kamera novietota, jo lielāka iespēja reizē apmierināt prasību par precizitāti un novērojamo apgabalu. Attēlā 1.4.a parādītā ceļa gadījumā kameras novietošana būtu īstenojama pozīcijā 1. Attēlā 1.4.b. parādīts, kā kameras augstumu šajā pozīcijā iespējam vēl paaugstināt.



a)



b)

1.4. att. Kameras novietojums, izmantojot esošo ceļa infrastruktūru

Ja kameru nav iespējams novietot virs ceļa, to var novietot arī ceļa sānos, piemēram, uz sānos novietota luksofora (pozīcija 2 attēlā 1.4.a), vai arī uz apgaismojuma staba (pozīcija 3), kas dotajā gadījumā ir augstāks. Kameras novietojums ceļa sānos samazinās automašīnu atklāšanas precizitāti, jo tagad aizklāt viena otru var ne tikai mašīnas, kas brauc viena aiz otras, bet arī blakus joslās braucošās automašīnas.

Secināms, ka piedāvātais video apstrādes algoritms ļauj izvietot kameras dažādos variantos, ņemot vērā jau esošo infrastruktūru uz katra interesējošā ceļa posma. Izvietojums ietekmē precizitāti un kadrā redzamo ceļa apgabalu.

1.1.2 Video kameru pielietojums numura zīmju atpazīšanai

Transporta numura zīmju atpazīšanai un transporta līdzekļu reģistrēšanai parasti izmanto dažādas video kameras, jo katram no uzdevumiem ir dažādas prasības pret attēlu kvalitāti, kadru skaitu sekundē, kā arī sensora novietojumu. Numura zīmes atpazīšana sistēmas parasti sastāv no:

- video kameras (IP kameras)
- infrasarkanā staru prožektora
- datora ar programmatūru

Lai objektu atpazīšanas sistēma būtu piemērota transporta numura zīmju noteikšanai, izvēloties video kameru, jāievēro vairāki nosacījumi:

- izšķirtspējai jābūt ne mazākai kā 4 CIF (640X480)
- slēdža ātrumam jābūt fiksētam un ne mazākam kā 1/10000 s
- jābūt dienas/nakts režīmam ar mehānisku IR filtra noņemšanu
- jāizmanto šaurleņķa objektīvs (fokusa attālums ap 50 mm)

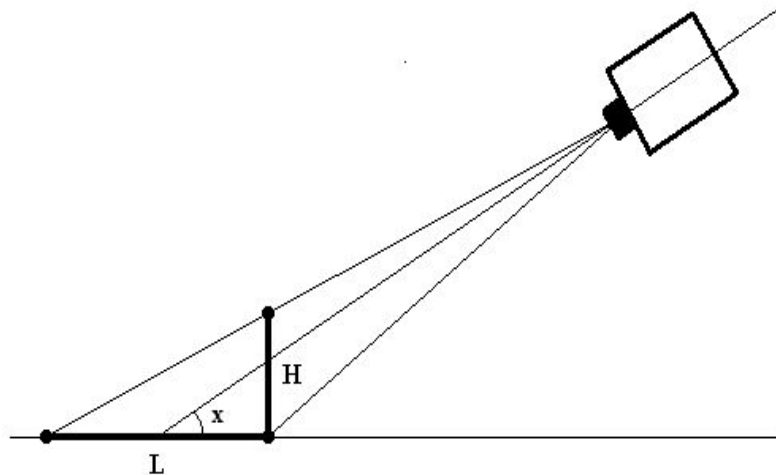
Minētais slēdža ātrums ir pietiekams, ja automobiļa pārvietošanās ātrums ir līdz 90 km/h. Lai iegūtu pēc iespējas kvalitatīvākus attēlus, kā arī lai droši varētu noteikt transporta līdzekļa numura zīmi, kura pārvietošanās ātrums ir ievērojami lielāks par 90 km/h, vēlams izmantot lielāku slēdža ātrumu, t.i. līdz 1/20000 s. Parasti numura noteikšana izmanto nakts režīmu ar IR prožektora izmantošanas iespēju. Video kameras

objektīva optiskajai daļai jābūt IR korigējamai, jo kamera arī tiek izmantota dienas režīmā. Ievērojot šo prasību vienlīdz ass attēls būs gan diennakts tumšā gan gaišā laikā iegūtajiem attēliem. Lai reģistrācijas numuru noteikšanas sistēma spētu darboties nepārtraukti (arī ziemas apstākļos), video kamerai jāspēj darboties gan zemās, gan augstās temperatūrās. Parasti šo sliekšni elektroniskā ierīcē nosaka no -40 līdz $+50$ °C. Viena no ieteicamajām video kamerām, kura spēj nodrošināt visas minētās prasības ir AXIS P1344-E ar objektīvu AXIS 5502-221. Parasti numura zīmju reģistrēšanas sistēmās izmanto IR prožektoru ar darbības attālumu 25 -30 m. Ir divu veidu numura noteikšanas sistēmas:

- reāla laika darbības
- datu pēcapstrādes darbības.

Reāla laika darbības sistēmām jāspēj nodrošināt liela skaitļošans jauda, jo kvalitatīvai numuru atpazīšanas sistēmai nepieciešas veikt ierakstu ar ātrumu 25 kadri sekundē. Apstrādājot datus vēlāk, nepieciešams nodrošināt video datu saglabāšanas funkciju. Šāds risinājums vairāk tiek orientēts uz konkrētu parametru sliekšņošanu un atsevišķu interesējošo objektu izdalīšanu.

Lai iegūtu labu rezultātu numura zīmju detektēšanā un atpazīšanā, jāievēro konkrēti



1.5. Attēls. Video kameras uzstādīšana numura zīmju noteikšanai

video kameras uzstādīšanas parametri (1.5 attēls). Video kamerai jābūt uzstādītai virs konkrētās brauktuves joslas, kurā ir mērķis atpazīt transporta līdzekļu numura zīmes. Kameras novietojuma virzienam jāsakrīt ar transporta plūsmas virzienu L, vai arī jābūt novietotai pretēji plūsmai. Kameras un leņķis attiecībā pret taisni, kas vilkta kameras uzstādīšanas augstumā paralēli zemes virsmai, neradīst pārsniegt 30° . Parasti kameras numura zīmju atpazīšanai uzstāda līdz 4 m augstumam.

1.2 Akustiskio sensoru pielietojums transporta līdzekļu detektēšanai

Akustiskie sensori ir pilnībā neinvazīvi pret ceļa segumu. To uzstādīšana neprasa satiksmes plūsmas apturēšanu vai ierobežošanu. Akustiskie sensori satiksmes plūsmas monitorēšanai pārsvarā tiek lietotas ASV, Eiropas zonas valstīs to izplatība ir mazāka. Akustiskie senori parasti tiek novietoti brauktuves malā (1.5 attēls).



1.5. attēls. Akustiskā sensora novietojums

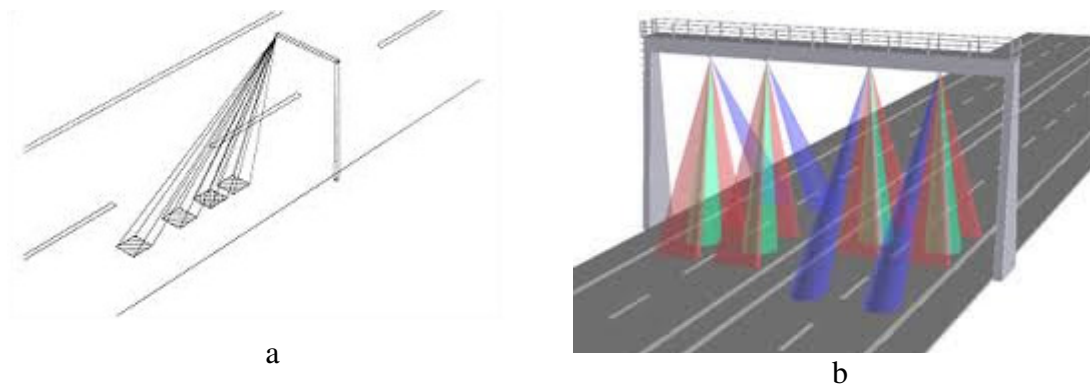
Akustiskā sensora darbības princips tiek balstīts uz automašīnas dzinēja un riepu radītās skaņas uztveršanu. Jo ātrāk automašīna pārvietojas, jo lielāku “troksni” tā rada. Dēļ šī iemesla minētos sensorus pārsvarā uzstāda uz auto ātrgaitas maģistrālēm. Sensoru uzstādīšanai īpaša infrastruktūra nav nepieciešama, jo akustisko sensoru iespējams uzstādīt uz masta, kurš var tikt izmantots arī citu funkciju pildīšanai, vai arī uz apgaismes staba. Akustiskā sensora darbības pamatā ir vairāki mikrofoni. Ja nepieciešams noteikt skaņas virzienu viendimensionālā telpā, minimālais mikrofonu skaits, ar kuru iespējams noteikt skaņas pienākšanas virzienu, ir trīs. Taču parasti akustiskie sensori tiek izvietoti uz auto maģistrālēm, kur katrā braukšanas virzienā ir vairākas joslas. Šādā gadījumā rodas nepieciešamība veikt skaņas noteikšanas leņķi divdimensionālā telpā. Lai nodrošinātu šāda uzdevuma izpildi, nepieciešama mikrofonu matrica ar 3x3 akustiskajiem sensoriem. Jo lielāks izmantoto mikrofonu skaits, jo lielāka skaitļošanas jauda nepieciešama signāla apstrādei, pie tam dati no katra mikrofona jāapstrādā reālā laikā. Ir pieejami dažādi algoritmi akustiskā signāla leņķa noteikšanai, taču visus algoritmus vieno kopīga iezīme – paralēlā skaitļošana. Visoptimālākais veids paralēlās skaitļošanas uzdevumu veikšanai ir izmantot FPGA iespējas, kas arī dažādos risinājumos tiek darīts.

Uzstādot akustisko sensoru, jāveic kalibrācija, atkarībā no sensora novietošanas augstuma un leņķa pret brauktuves virsmu. Dažu ražotāju izveidotā prakse ir piedāvāt rekomendējamus uzstādīšanas augstumus un leņķus, kas vienkāršo uzstādīšanu, jo nav nepieciešams apmācīts cilvēks, kurš veic sensora kalibrāciju atkarībā no uzstādīšanas vietas. Precizitāte un aprēķinu sarežģītība ir atkarīga no mikrofonu matricas novietojuma ģeometrijas attiecībā pret brauktuvi. Vairāku joslu gadījumā tiek pielietota virziendarbības maiņa ar aiztures palīdzību. Izmantojot iepriekš aprēķinātas aiztures tiek panākts, ka mikrofonu pāris ir jūtīgāks noteiktā virzienā, tādā veidā kombinējot vairākas aiztures pa mikrofonu pāriem gan horizontālā, tā arī vertikālā plaknē tiek pārklātas braukšanas joslas un noteikti apgabali katrā joslā. Pēc tam attiecīgi katrā apgabalā tiek fiksēts tajā esošais troksnis, pēc kura savukārt apstrādes algoritms lemj, tā ir automašīnas vai kāda cita avota radītā akustiskā enerģija. Izmantojot akustiskos sensoru iespējams noteikt automašīnas esamību, veikt automašīnu skaitīšanu, noteikt aptuvenu kustības ātrumu aprēķinot laiku starp divām jūtības zonām vienā braukšanas joslā

ņemot vērā pieņemtu automašīnas garumu.

1.3 Pasīvie infrasarkanās enerģijas sensori

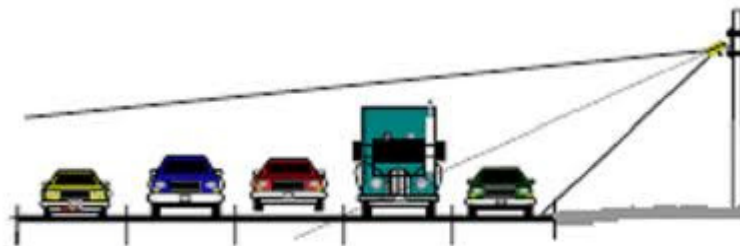
Pasīvie infrasarkanā starojuma sensori (PIR) ir pilnībā neinvazīvi sensori, kurus parasti uzstāda tieši virs brauktuves. Ja katrā virzienā ir vairākas joslas, virs katras tiek uzstādīts viens PIR sensors (attēls 1.6.b). Ja katrā virzienā ir tikai viena braukšanas josla, sensoru var uzstādīt virs brauktuves (attēls 1.6.a), vai arī brauktuves malā uz apgaismes staba vai masta (attēls 1.7.). Novietojot sensoru brauktuves malā, vairāku joslu gadījumā jāņem vērā, ka tuvākā joslā braucošs kravas transporta līdzeklis var “aizēnot” tālākās joslās braucošu vieglo transporta līdzekli. Risinājums ir izvēlēties augstu mastu (10-15 meti), kurā novietot sensoru, vai arī izvairīties no PIR sensoru novietošanas brauktuves malā vairāku joslu gadījumā



1.6. Attēls. Sensoru novietojums uz ceļa

a) Vienas braukšanas joslas gadījums (PIR) b) vairāku braukšanas joslu gadījums (PIR, ultraskaņa)

Izšķir aktīvos un pasīvos infrasarkanos (IR) sensorus. Aktīvie IR sensori satiksmes plūsmas monitorēšanai tikpatkā netiek izmantoti. Satiksmes infrastruktūrā pārsvarā tiek izmantoti pasīvie infrasarkanie sensori (PIR). PIR sensoru darbības pamatā ir objekta izstarotā infrasarkanā starojuma uztveršana. Jebkuram objektam, ja vien viņa temperatūra nav vienāda ar apsālūto nulli, piemīt īpašība izstarot enerģiju infrasarkanajā diapazonā. PIR sensori spēj detektēt tikai kustībā esošus objektus. Ja transporta līdzeklis iebrauc sensora darbības zonā un apstājas, tas vairs netiek detektēts, tiek detektēts tikai iebaušanas fakts. Par PIR sensora mīnusu var uzskatīt spēju detektēt objektu, kura temperatūra ir atšķirīga no apkārtējās vides. Transporta līdzeklis, kurš nav uzsilis (temperatūra vienāda ar apkārtējās vides temperatūru), ar PIR sensoru netiek detektēts.



1.7. Attēls. PIR sensora novietojums brauktuves malā.

Satiksmes monitoringam var izmantot viendimensionālus vai arī vairāku dimensiju PIR sensorus. 1.6. attēlā redzami vairāku dimensiju (zonu) PIR sensori. Vairāku dimensiju PIR sensors tiek iegūts izmantojot Freneļa lēcu vai prizmu, uztverošais elements jebkurā gadījumā paliek viens. Izmantojot vairāku dimensiju PIR sensoru, iespējams noteikt arī transporta līdzekļa pārvietošanās ātrumu. Šajā gadījumā ir jāizpildās nosacījumam, ka attālums starp tālākajiem uztveršanas segmentiem ir mazāks par vidējo attālumu starp braucošiem transporta līdzekļiem.

PIR sensoru uzstādīšana ir salīdzinoši vienkārša un nav invazīva pret ceļa segumu. Gadījumā, ja sensorus uzstāda virs brauktuves, nepieciešams uz laiku ierobežot satiksmi. PIR sensoru negatīvajiem aspektiem var uzskaitīt transporta līdzekļu detektēšanas kļūdas palielināšanos intensīva lietus, sniega vai biezas miglas apstākļos. Tāpat nepieciešams tīrīt sensoru freneļa lēcas vai prizmas, kuras ar laiku paliek netīras un samazinās infrasarkanā starojuma caurlaides spēja, kas savukārt palielina transporta līdzekļu detektēšanas kļūdu.

1.4 Ultraskaņas sensoru izmantošana transporta līdzekļu detektēšanai

Ultraskaņas sensorus izmanto gan satiksmes līdzekļu monitoringam, gan transporta līdzekļu augstuma noteikšanai pirms tuneļiem un gaisa pārvadu caurbrauktuvēm. Ultraskaņas sensorus parasti novieto virs brauktuves (1.8 attēls).



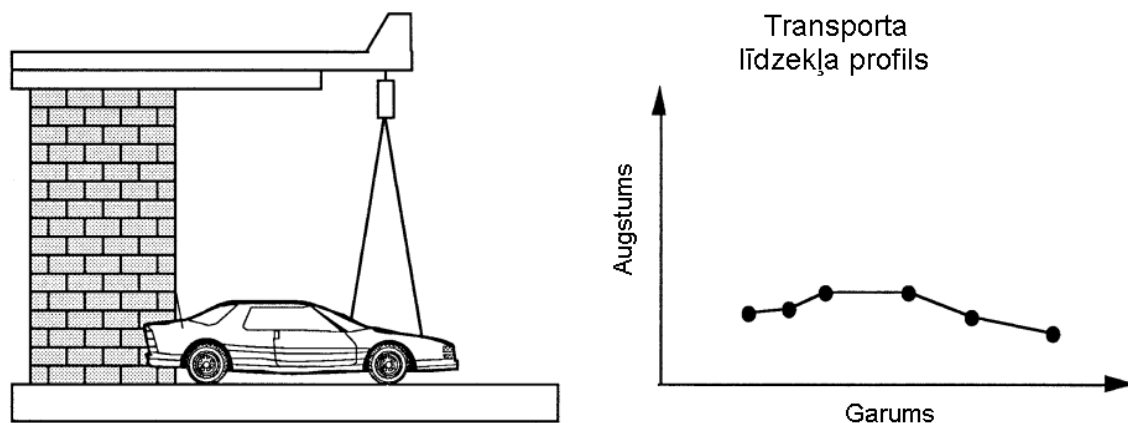
1.8. Ultraskaņas sensoru izvietošana uz brauktuves

Vairāku joslu gadījumā virs katras joslas jāatrodas pa vienam sensoram. Ir gadījumi, kad ultraskaņas sensoru novieto noteiktā augstumā paralēli brauktuvei, taču šādā gadījumā tiek detektēti visi transporta līdzekļi, arī tie, kas pārvietojas pretējā virzienā. Ultraskaņas sensori ir aktīvie sensori – tie izstaro augstas frekvences skaņu, parasti 25 – 50 kHz diapazonā, kura daļēji atstarojas no objektiem un tiek pēc tam uztverta. Izmantojot ultraskaņas sensorus var noteikt gan attālumu līdz transporta līdzekļiem, ko parasti izmanto transporta līdzekļu augstuma noteikšanai, gan transporta līdzekļu

klātbūtni (1.9. attēls). Izmantojot Doplera ultraskaņas detektoru iespējams noteikt arī transporta līdzekļa ātrumu. Ātruma noteikšana arī iespējama, izmantojot vairāku zonu ultraskaņas sensorus, taču šādi risinājumi nav izplatīti inteliģentās transporta sistēmās. Ultraskaņas sensoru izmantošanai ir vairāki mīnusi:

- veikspējas samazināšanās svārstoties apkārtējās vides temperatūrai
- precizitātes samazināšanās gaisa turbulences plūsmu rezultātā
- vairāku joslu gadījumā nepieciešami vairāki sensori
- intensīvas satiksems gadījumā var rasties problēmas ar transporta līdzekļu blīvumu uz brauktuves noteikšanu.

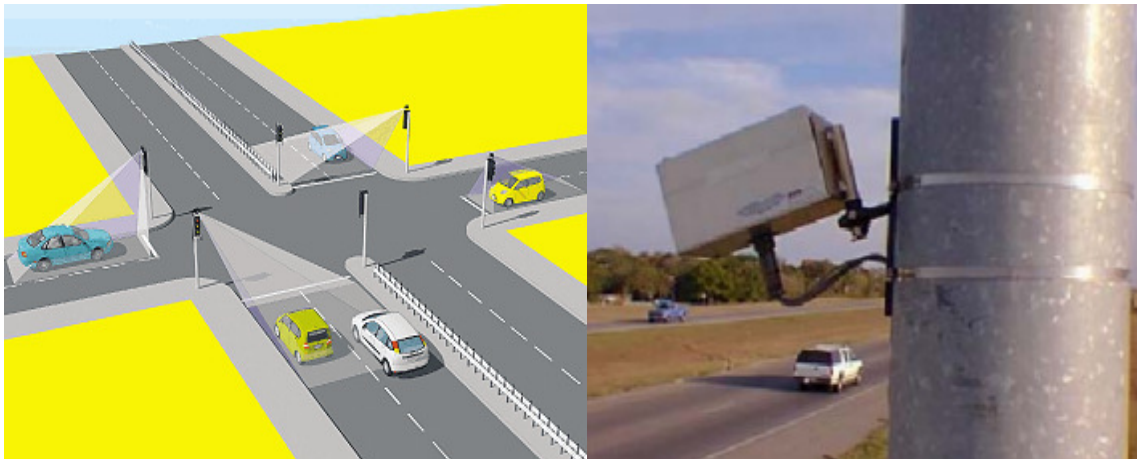
Ultraskaņas sensora uzstādīšana nav invazīva pret ceļa segumu. Šo sensoru uzturēšanas izmaksas jau izveidotās infrastuktūrā ir zemas, jo nav nepieciešama speciāla apkalpošana. Parasti ultraskaņas sensorus uzstāda paralēli citiem sensoriem.



1.9. Ultraskaņas sensora izmantošana transporta līdzekļa augstuma noteikšanai

1.5 Mikroviļņu radari

Mikroviļņu radari parasti tiek izmantoti transporta līdzekļu pārvietošanās ātruma noteikšanai. Transporta līdzekļu detektēšanai tos izmanto retāk. Mikroviļņu radarus bieži izmanto, lai pirms prauktuvju krustojuma noteiktu transporta līdzekļa ātrumu un gadījumā, ja tas pārsniedz noteiktu sliekšni, attiecīgajā joslā tiek ieslēgts sarkanais signāls. Mikroviļņu radari var tikt novietoti gan paralēli, gan perpendikulāri brauktuvei (1.10. attēls) noteiktā augstumā. Radarus novieto gan brauktuves malā, gan arī tieši virs



1.10 Attēls. Mikroviļņu radaru izvietojums

virs brauktuves (atkarīgs no iespējām un izveidotās infrastruktūras)

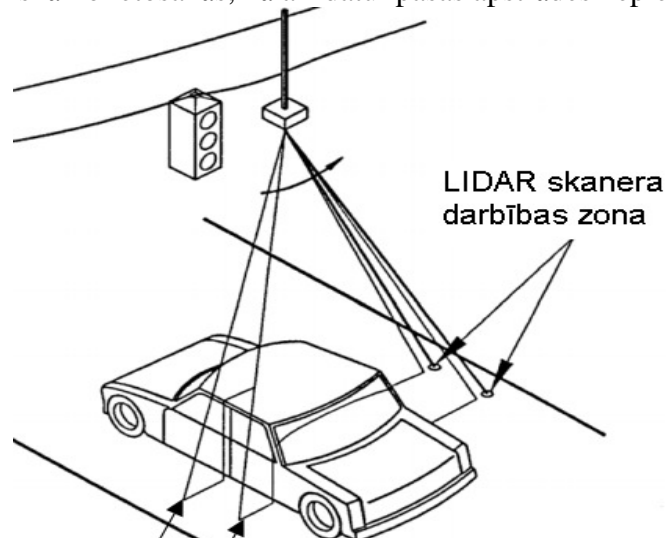
Izšķir divu mikroviļņu radaru tipus:

- Stacionāras frekvences radari (CW)
- Frekvences modulēti stacionāras frekvences radari (FMCW)

Izmantojot CW radarus iespējams noteikt tikai transporta līdzekļa ātrumu. Turpretī ar FMCW radariem iespējams noteikt gan transporta līdzekļa ātrumu, gan arī tā esamību radara darbības zonā, gadījumā ja transporta līdzeklis ir apstājies.

1.6 LIDAR izmantotšana tranpsorta plūsmas monitoringam

LIDAR (light detection and ranging) tehnoloģiju izmantošana transporta plūsmas analīzei tikpatkā netiek izmantota, lai gan šī sensora sniegtā informācija ir ļoti informatīva. Galvenie argumenti dēļ kuriem šo tehnoloģiju tikpatkā neizmanto ir iekārtaas mehāniskā nolietošānās, kā arī datu īpašas apstrādes nepieciešamība. LIDAR



1.11. Attēls. LIDAR novietojums transporta līdzekļu detektēšanai.

sensorus var novietot kā virs brauktuves, tā arī brauktuves malā. Klasisks LIDAR novietojums redzams 1.11. attēlā. LIDAR darbības zona ir ierobežota ar lāzera staru kūli. LIDAR darbības pamatā ir izstarotās gaismas uztveršana, kas atstarojas no dažādiem objektiem. Izmantojot šo sensoru, iespējams iegūt informāciju gan par satiksmes līdzekļu skaitu, gan blīvumu uz brauktuves, ātrumu, transporta līdzekļu garumu, kā arī veikt transporta līdzekļu klasifikāciju. Tehnoloģija pieļauj veikt gan 2D gan 3D datu apstrādi. Vairāku joslu gadījumā nav nepieciešams izmantot vairākus LIDAR sensorus, visu nepieciešamo informāciju iespējams iegūt no viena sensora. Šajā gadījumā nepieciešams speciāls programnodrošinājums, kurš paredz vairāku joslu un vairāku virzienu kustīgu objektu detektēšanu. LIDAR savu efektivitāti, līdzīgi kā video kametu sensori, zaudē intensīvas snigšanas un biezas miglas gadījumā.

2. Invazīvie sensori, to pielietojums

Invazīvi sensori ir tādi sensori, kuri tiek iestrādāti ceļa segumā (uzstādīšana saistīta ar ceļa seguma bojāšanu). Invazīvo sensoru izmantošanai ir senāka vēsture kā neinvazīviem sensoriem. Pēdējos gados satiksmes monitoringam un inteliģentajām satiksmes sistēmām invazīvie sensori tiek aizstāti ar ceļa segumu nebojājošiem sensoriem.

2.1 Induktīvās cilpas

Induktīvās cilpas ir vieni no vissenāk pielietotajiem satiksmes sensoru veidiem. Šis sensoru tips savulaik ticis plaši pielietots. Arī 21. gadsimtā, kad pieejami ir dažādi citi satiksmes monitoringa sensoru veidi, induktīvo cilpu izmantošana transporta monitoringam turpinās. Induktīvās cilpas tiek tiešā veidā iestrādātas ceļa segumā, veicot asfaltbetona griešanu un kabeļa ieklāšanu.



2.1. Attēls. Induktīvās cilpas izvietojums uz brauktuves

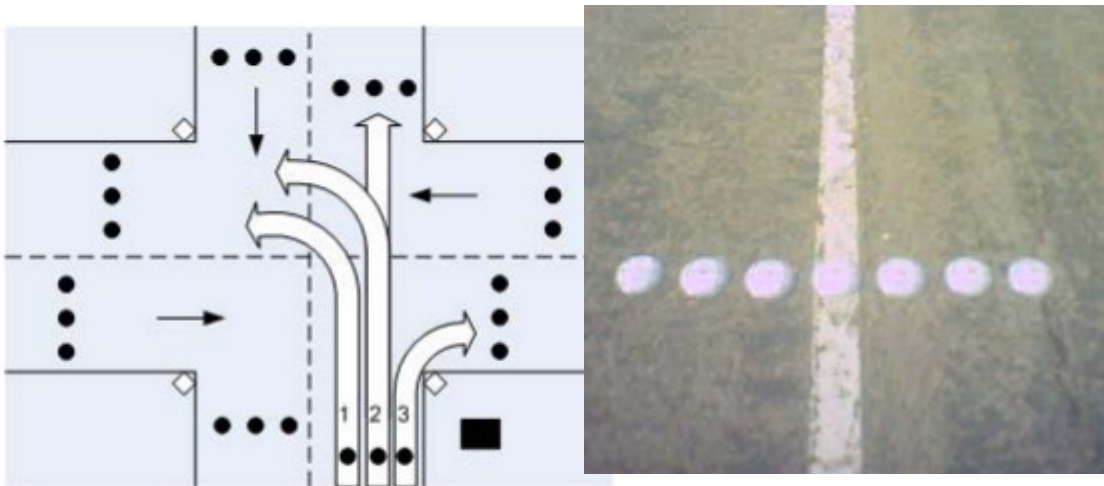
Vairāku joslu gadījumā uz katru no joslām nepieciešams izvietot vienu induktīvo cilpu (2.1 attēls). Vairākām induktīvajām cilpām var būt viens reģistrators, kurš skaita transporta līdzekļus. Induktīvās cilpas var tik izmantotas arī transporta līdzekļu ātruma noteikšanai. Tādā gadījumā cilpas tiek novietotas secīgi viena aiz otras. Nepieciešams

arī reģistrators, kurš aprīkots ar atbilstošu programmatūru. ITS attīstības tendences liecina, ka induktīvās cilpas pamazām tiek aizstātas ar citiem sensoru veidiem (neinvazīvie sensori, magnētiskie sensori). Galvenais arguments induktīvo cilpu aizstāšanā ar citiem sensoriem ir asfaltbetona seguma struktūras mainība laikā, kas izsauc dažādus induktīvo cilpu bojājumus, kā arī invazīvais raksturs pret ceļa segumu. Eksistē arī induktīvās cilpas, kuras tiek novietotas tieši virs brauktuves (piemēram pielīmējot). Parasti šo risinājumu izmanto īslaicīgam transporta līdzekļu monitoringam, kā arī zinātniskiem mērķiem. Ilglaicīga šādu, uz brauktuves novietotu, induktīvo cilpu izmantošana nav iespējama dēļ ātrās nolietojšanās transporta līdzekļu riepu iedarbības rezultātā.

2.2 Magnētiskie sensori, to pielietošana transporta līdzekļu detektēšanā.

Magnētisko sensoru izmantošana ITS sistēmās kļūst arvien plašāka. Ir dažādu veidu magnētiskie sensori, taču transporta līdzekļu detektēšanai pēdējā laikā pārsvarā izmanto AMR (*anisotropic magnetoresistive*) tipa sensorus. AMR sensora darbības pamatā ir Vinstona tilta slēgums, kuram mainās pretestība magnētiskā lauka ietekmē. Šīs pretestības izmaiņas ir ļoti nelielas, aptuveni 2-3%. Pieliekot slēgumam potenciālu starpību, magnētiskā lauka izmaiņas rezultātā mainās no Vinstona tilta noņemtais spriegums, kura izmaiņa ir daži mV. Mērot sprieguma starpību, iespējams noteikt transporta līdzekļa vai jebkura cita metāliska objekta esamību sensora tuvumā.

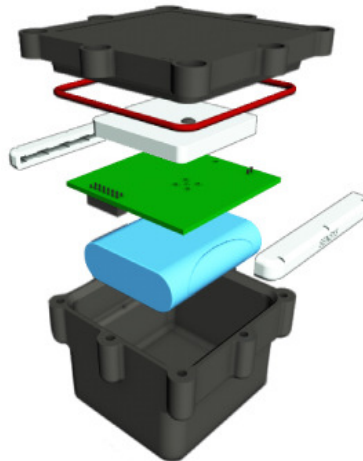
Magnētiskos senorus iestrādā brauktuvē. Sensoru novietojums iespējams gan starp joslām, kad tiek detektēts gar sensoru braucošs transporta līdzeklis, gan uz katras joslas, kad tiek detektēts pār sensoru braucošs transporta līdzeklis (2.2. attēls).



2.2. Attēls. AMR magnētiskos sensoru novietojums

Novietojot sensoru uz joslas, transporta līdzekļa detektēšana un klasifikācija ir ar augstāku precizitāti, ka starp joslām novietotu sensoru gadījumā. Izmantojot magnētiskos sensorus, iespējams veikt transporta līdzekļu klasifikāciju, kā arī noteikt pārvietošanās virzienu un ātrumu. Zinātniskajās publikācijās pēdējā laikā magnētiskie sensori tiek minēti kā bezvadu sensoru tīkla izmantošanas rezultāts. Tas nozīmē, ka

sensoriem kā barošanas avots tiek izmantots barošanas elements, kurš ir ar vairāku gadu darbaspēju, bet dati par transporta līdzekļu reģistrēšanu un klasifikāciju tiek pārsūtīti izmantojot bezvadu sakarus. Izmantotajiem AMR sensoriem ir ļoti mazs strāvas patēriņš – daži mA, kas nodrošina ilgu darbības laiku no vienas baterijas. Literatūrā bezvadu magnētiskie senori tiek minēti kā lēta alternatīva inductīvām cilpām un video apstrādes izmantošanai. Manētiskos sensorus iestrādā ceļa segumā veidojot urbumus (2.2. attēls), kuros ievieto sensoru un atlikušo izurbto daļu aizlej ar asfaltbetonu. Šāds risinājums an efektīvs sensora apkopes veikšani, jo, lai tiktu pie senora, nepieciešams veikt urbumu. Alternatīvs risinājums ir magnētisko sensoru ievietot īpašā apvalkā (2.3 attēls) ar noņemamu un hermētisku noslēgvāku. Šādu apvalku ievieto brauktuvē un



2.3. Attēls. Apvalkā iestrādāts magnētiskais sensors.

nostiprina līdz ar brauktuves virsmu . Šāds risinājums ļauj piekļūt sensoram un nomainīt gan barošanas elementus, gan arī nepieciešamības gadījumā pašu sensoru.

3. Brauktuves stāvokļa un laika apstākļu noteikšana.

Brauktuves stāvokļa noteikšana var būt gan invazīvs, gan neinvazīvs risinājums, atkarībā no pielietotās tehnoloģijas. Pirmie mēģinājumi noteikt brauktuves stāvokli bija invazīvi risinājumi. Tikai pēdējās divās desmitgadēs parādījušās jaunas – neinvazīvas tehnoloģijas, kas vairumā gadījumu balstītas uz spektroskopijas izmantošanu vai video apstrādi. Laika apstākļu noteikšanas risinājumi parasti sastāv no sensoru kopas, kas ir neinvazīvs pret ceļa segumu risinājums.

Parasti brauktuves stāvoļa sensorus un meteoroloģiskās stacijas apvieno vienā sensoru punktā, kas sastāv no vairākiem sensoriem. 3.1. attēlā redzama šāda meteoroloģiskā stacija, kas ir neinvazīva pret ceļa segumu. Šajā gadījumā brauktuves



3.1 Attēls. Neinvazīvs ceļa stāvokļa un meteo stacijas punkts

stāvokļa noteikšanai tiek izmantota spektrālās analīzes metode. Tehnoloģijas pamatā ir lāzera spektroskopijas izmantošana. Sausam, slapjam, sniegotam un apledojušam ceļa segumam ir dažādas atstarošanas īpašības, un pēc speciālas atstarotā signāla apstrādes veikšanas iespējams noteikt ceļa stāvokli. Izmantojot lāzera spektroskopijas tehnoloģiju, iespējams noteikt arī ūdens kārtas biezumu uz brauktuves, kā arī melnā ledus kārtas biezumu. Nosacījums ledus kārtas biezuma noteikšanai ir lāzera stara spēja izspiesties cauri un atstaroties no objekta, šajā gadījumā ledus slāņiem. Šādi risinājumi tiek pielietoti, jo ir neinvazīvi pret ceļa virsmu, kā arī šādas iekārta ir vienkārši uzstādīt un tās neprasa apkalpošanu.

Cits veids ir uz redzamās gaismas polarizāciju balstīta pieeja. Ūdenim piemīt īpašība mainīt gaismas polarizāciju. Raidot un uztverot atstaroto gaismu, detektorā tiek noteikta gaismas polarizācijas izmaiņas lielums, kuru novērtējot iespējams noteikt ūdens vai ledus slāņa esamību vai neesamību uz brauktuves, kā arī ūdens vai ledus slāņa aptuveno biezumu.

Ir tehnoloģijas, kuras ceļa stāvokļa noteikšanai izmanto video kameru un attēlu apstrādi. Šādu iekārtu mīnuss ir darbības atkarība no laika apstākļiem, jo intensīva lietus vai sniega, vai miglas gadījumā noteikt brauktuves stāvokli nav iespējams.

Invazīvie risinājumi ceļa stāvokļa noteikšanai var būt balstīti uz vadītspējas noteikšanu, kas ir tiešo mērījumu rezultāts, vai arī netieši – nosakot gaisa temperatūru,



3.2. Attēls. Invazīvā brauktuves stāvokļa sensora iestrāde ceļā

brauktuves temperatūru un aprēķinot mitruma punktu. Rezultātus ar augstāku ticamības pakāpi iespējams iegūt veicot tiešos mērījumus, taču netiešo mērījumu sensoru izmantošana ir lēta un dažos gadījumos (ja brauktuvs temperatūras noteikšanai tiek izmantots infrasarkanais temperatūras sensors) arī neinvazīva pet ceļa segumu. Risinājums invazīvā sensora izmantošanai, kurš nosaka gan ūdens esamību uz brauktuves, ledus esamību, kā arī tā biezumu, redzams 3.2 attēlā. Šādu sensoru uzstādīšana saistīta ar satiksmes ierobežojumiem, ko atsver augstā precizitāte ceļa stāvokļa noteikšanā.