

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Būvniecības
fakultāte
Transportbūvju
institūts

Atis Zariņš

AUTOCEĻA DINAMISKĀ UZTVERE, VIZUĀLĀS
KVALITĀTES NOVĒRTĒŠANAS UN
OPTIMIZĀCIJAS IESPĒJAS

Transporta un satiksmes nozare,
Sauszemes transporta un infrastruktūras apakšnozare
Promocijas darbs doktora grāda iegūšanai

Zinātniskais vadītājs

Dr.sc.ing., profesors

Juris Naudžuns

Rīga 2006

DARBA VISPĀRĒJS RAKSTUROJUMS

Darba aktualitāte

Arvien straujāka tehnoloģiju attīstība un sabiedrības labklājības līmeņa celšanās ir nepārprotama mūsdienu civilizācijas pazīme. Šo procesu tiešas sekas ir nemitīgs transportlīdzekļu skaita pieaugums. Pieaugot transportlīdzekļu, un šajā gadījumā - automobiļu, skaitam, vienlaicīgi attīstās arī to konstrukcija, iespējas un funkcionālie parametri. Līdztekus automobiļu skaita pieaugumam, nepārtraukti aug arī to vadītāju skaits, turklāt pieredzējušo un profesionālo autovadītāju vietā nāk jauni, bez pieredzes un ar minimālām braukšanas iemaņām.

Saskaņā ar statistiku ceļu satiksmes negadījumos (CSNg) ik gadu pasaulē bojā iet vairāk kā miljons cilvēku un 20-30 reizi vairāk tiek savainoti. Vidēji 1-3% no katras valsts kopprodukta aiziet šo negadījumu sekū likvidācijai. Šo statistikas rādītāju pieaugumu pēdējos gadu desmitos ir izdevies samazināt pateicoties mērķtiecīgu un efektīvu pasākumu īstenošanai. Taču, lai varētu tos realizēt, nepieciešams precīzs pamatojums, kurš izskaidrotu negadījumu cēloņus. Kā izriet no pētījumiem, tad 65 % no visiem CSNg, tos izraisījuši autovadītāja rīcība un 25,5 % - autovadītāja rīcība kopā ar apkārtējo vidi. Tātad šie iemesli ir dominējošie un tas nozīmē, ka minēto pasākumu pamatojums meklējams arī starp autovadītāja rīcības motīviem un apkārtējās vides un tostarp arī redzamās autoceļa situācijas ietekmei uz tiem.

Ievērojot minētās likumsakarības, vienlaicīgi ar tehnikas un tehnoloģiju progresu atbilstošā veidā nepieciešams attīstīt un uzturēt arī vidi, kurā funkcionē transportlīdzekļi un kurā tos vada autovadītāji, proti - autoceļus. Autoceļš šajā kontekstā jāaplūko gan kā viens no fizikālas sistēmas *automobilis - ceļš* elementiem, gan arī kā nozīmīga autovadītāja darba vietas sastāvdaļa. Ja pirmajā gadījumā tas nozīmē automobiļa kustības dinamikas prasību ievērošanu, tad otrā to nosaka sistēma *autovadītājs - automobilis - ceļš*, kuras nozīmīgākais elements neapšaubāmi ir autovadītājs. Autoceļš, kā neviena cita inženierbūve ir saistīts ar cilvēka psiholoģiska, fizioloģiska un arī estētiska rakstura īpatnību klātbūtni tajā. Un nesalīdzināmi nozīmīgāk, kā citām inženierbūvēm, šiem faktoriem vajadzētu ietekmēt ceļa konstrukciju. No to ievērošanas atkarīga droša satiksme, tātad arī cilvēku veselība un dzīvība.

Patreizējā projektēšanas praksē ir dotas vispārīgas prasības, kuru ievērošana bieži vien ir apgrūtināta nekonkrētu formulējumu dēļ. Precīzas norādes par projektēšanas nosacījumiem

ir dotas tikai atsevišķām situācijām un nenodrošina projektētāju ar pilnvērtīgu un argumentētu informāciju. Tas saistīts ar nepietiekamu ceļa funkcionēšanas un uztveres aspekta akcentējumu gan projektēšanas normatīvajos dokumentos, gan nozares zinātniskajā un mācību sfērā. Līdz šim nav precīzi definēti daudzi aktuāli kritēriji un atrisinātas to ievērtēšanas iespējas, kas ļautu pilnvērtīgi ievērtēt minētos ceļa funkcijas aspektus projektējot, kā arī pārbaudīt pēc tiem jau esošus autoceļus.

Līdz šim veiktie pētījumi ceļa trases kvalitātes nodrošināšanas virzienā ir aptvēruši salīdzinoši šaurus problēmas apakšvirzienus. Ir noskaidrotas daudzas svarīgas detaļas, bet nav fiksēts to statuss pētāmās sistēmas hierarhijā un nav iezīmēti tālākās attīstības un pētījumu virzieni.

Darba mērķis un uzdevumi

Šī darba mērķis ir noskaidrot iespējas nodrošināt esošo un projektējamo autoceļu horizontālā un vertikālā plānojuma parametrus, atbilstošus automobiļu tehnisko parametru attīstības tendencēm, un vienlaicīgi arī veidojot drošus autovadītāja darba apstākļus, ievērojot viņa uztveres īpatnības automobiļa vadīšanas procesa ietvaros. Lai noskaidrotu autoceļa trases parametru ietekmi uz autovadītājam nepieciešamās informācijas apjomu un tās kvalitāti, ir nepieciešams precizēt autoceļa kvalitātes jēdzienu, ietverot tajā tās kategorijas, kuras izriet no autovadītāja uztveres īpatnībām, un ņemot vērā uztveres procesam raksturīgās pazīmes. Lai to panāktu, jāizvērtē un jāpapildina arī zināmie kvalitātes kritēriji. Balstoties uz secinājumiem, kuri izdarīti analizējot projektēšanas praksē un līdzšinējos pētījumos iegūtajiem rezultātiem, šī darba ietvaros tika formulēta hipotēze, saskaņā ar kuru autovadītāja uztveres process automobiļa vadīšanas gadījumā ir dinamisks. Tādā gadījumā mainās vairāku autoceļa redzamā attēla vizuālā kvalitātes kritēriju nozīme. Šī darba uzdevums ir pārbaudīt šīs hipotēzes patiesumu un atbilstoši rezultātam koriģēt kritērijus un kvalitātes vērtēšanas nosacījumus.

Lai nodrošinātu autoceļa trases ģeometrijas optimizācijas iespēju, kuras mērķis ir panākt trases kvalitātes uzlabojumu, ir jānoskaidro nepieciešamo un iespējamo uzlabojumu virzieni, un pamatojoties uz autoceļa trases kvalitātes jēdziena definīciju, jāprecizē izmantojamo kritēriju hierarhiskās attiecības.

Jāizvērtē patreiz praksē izmantoto ceļa trases apraksta matemātisko modeļu, ki arī projektēšanas metožu piemērotība nepieciešamo optimizācijas risinājumu realizācijai. Jāizstrādā atbilstošas metodes un matemātiskie modeļi, kuri piemēroti optimizācijas

risinājumu turpmākai attīstīšanai un realizācijai praksē.

Darba zinātniska novitāte

Zinātniskā novitāte izriet no kompleksas sistēmpiecejas uzstādītā mērķa sasniegšanai, ceļa trases kvalitātes jēdzienā apvienojot gan fizikālas dabas sakarības, gan no cilvēka uztveres psihofizioloģijas īpatnībām izrietošas sakarības. Pārbaudāmo sakarību, modeļu un kritēriju novērtēšanai ir izveidoti attiecīgi algoritmi, kā arī sastādītas datorprogrammas. Autoceļa trases kvalitātes jēdziens šajā kontekstā tiek aplūkots, kā no sistēmas *autovadītājs - automobīlis - ceļš* izrietošu attiecību un kritēriju komplekss, kura būtība balstīta uz tās centrālo objektu - autovadītāju. Atšķirībā no iepriekšdefinētām kvalitātes sistēmām, šī ir balstīta uz bioloģiskas vadības sistēmas modeli, un līdz ar to, tā ir orientēta uz humānām vērtībām, kuras, kā parādīts šajā darbā, ir tieši atkarīgas no autoceļa trases vizuālās kvalitātes.

Lai atrisinātu vairākus ceļa ģeometrijas optimizācijas uzdevumus ir izmantotas metodes, kuras šim nolīkam darba ietvaros ir adaptētas no dažādām zinātnes jomām, kā arī izveidotas tieši konkrētā mērķa sasniegšanai.

Praktiska nozīme

Darba ietvaros iegūtais ceļa trases matemātiskais modelis, kurš balstīts uz racionālo splainu funkcijas izmantošanu, ņemot vērā tā salīdzinoši vienkāršo struktūru, ievērojami vienkāršo ceļa projektēšanas algoritmu izveidošanu un attiecīgo aprēķinu veikšanu. Šis modelis ļauj projektējot ievērtēt arī agrāku pētījumu rezultātā iegūtas sakarības, kuru esamībai līdz šim bija lielākoties teorētiska vērtība. Izveidotās datorprogrammas ir noderīgas pētījumu turpināšanai, un izstrādāto ceļa projektu, kā arī esošo ceļu izvērtēšanai un analīzei. Piemērojot noskaidrotos telpiskās projektēšanas optimizācijas risinājumus projektēšanas praksē, būs iespējams panākt ceļu projektu kvalitātes uzlabojumu, kam jāizpaužas gan to izbūves un uzturēšanas izmaksās, gan satiksmes drošības līmeņa kāpumā.

Darba nozīmes vērtējumā izdalāmi trīs galvenie iegūto rezultātu pielietojuma virzieni, kuros tie jau šobrīd tiek veiksmīgi lietoti:

- Praktiskā nozīme - projektēšanas darbu un to rezultātu analīzes teorētiskajam un metodiskajam nodrošinājumam,
- Zinātniskā nozīme - tālāko pētījumu teorētiskā un metodiskā pamatojuma izstrādei,

- Pedagoģiska nozīme - ceļu telpiskās projektēšanas kursa teorētiskā un metodiska materiāla veidošana un attīstīšana.

Aizstāvēšanai tiek izvirzīti šādi pētījuma rezultāti

- Pirmo reizi parādīts autoceļa trases uztveres modeļa struktūras apraksts un tā analīze, un uz to pamata izdarītie secinājumi par:
 - o automobiļa vadīšanas procesā iesaistītā autovadītāja situācijas uztveres dinamisko raksturu,
 - o adekvātam vadības lēmumam nepieciešamās informācijas saturu un kvalitāti,
 - o autoceļa vizuālās kvalitātes raksturu un novērtēšanas kritērijiem,
- Pirmo reizi definēta un pamatota autoceļa trases kvalitātes struktūra sistēmā *autovadītājs - automobilis - ceļš*, un uz to pamata izdarītie secinājumi par:
 - o autoceļa trases kvalitātes funkcijas ciklisko raksturu,
 - o autovadītāja, kā vadības lēmumu pieņemošā un kvalitātes funkciju noteicošā elementa lomu;
- Autoceļu trases apraksta modeļu analīze un piedāvātais modeļa risinājums uz nevienmērīga racionālā B-splaina funkcijas bāzes,
- Autoceļa trases vizuālās kvalitātes optimizācijas algoritms

Darba sastāvs un apjoms

Promocijas darbs sastāv no 5 nodaļām, slēdziena un bibliogrāfiskā saraksta. Darba apjoms: 132 lappuses, 48 attēli, 4 tabulas, bibliogrāfijas saraksts, kas satur 77 nosaukumus, 3 pielikumi.

Promocijas darba rezultāti ziņoti un apspriesti četrās starptautiskās konferencēs:

- IV Conference on Road Traffic Safety Problems in Roads and Bridges, (Pultuska, Polija, 2000., maijs),
- Nordic-Baltic Transport Research Conference, (Rīga, 2000. g., aprīlis)
- 42. RTU starptautiskā zinātniskā konference, (Rīga, 2001. g. oktobris)

- 45. RTU starptautiskā zinātniskā konference, (Rīga, 2004. g. oktobris)

Pētījumu problēmas un rezultāti izklāstīti 4 publikācijās (sk. 23. lpp.)

DARBA SATURS

Pirmaiā nodaļā ir atrunāta darba aktualitāte un dotas atsevišķas vispārīgas norādes par pētījumu virzieniem un to rezultātu pielietošanas iespējām.

Otrā nodaļā veltīta pašreizējās situācijas aprakstam un bibliogrāfiskajos avotos atrodamajai informācijai par promocijas darba tēmas jautājumiem. Minētie jautājumi ir aplūkoti atsevišķās grupās, atkarība no to piekritis kādam no definētajiem pētījuma uzdevumiem.

Pārskatot autoceļa trases kvalitātes problēmas atspoguļojumu, noskaidrots, ka eksistē vairākas, un daudzos gadījumos nesaistītas, šī jēdziena definīcijas un interpretācijas. Vairākos avotos ceļa trases kvalitātes jēdziens tiek saistīts vienīgi ar mehāniskas un ekonomiskas dabas kritērijiem. Virknē gadījumu tas viennozīmīgi tiek saistīts arī ar trases vizuālajiem parametriem, jeb autoceļa redzamā attēla kvalitāti.

Ir skaidri saskatāma autoceļa trases kvalitātes jēdziena evolūcija, kas tieši saistīta ar ceļa uztveres un vizuālās kvalitātes jautājumu izpēti. Motivāciju un pamatvirzienus šai izpētei devis vācu arhitekts A.Zeiferts, bet to attīstījuši un savu ieguldījumu devuši V.Babkovs, V.Pfeils, F.Freisings, H.Lorencs, P.Dzenis, V.Lobanovs, J.Naudžuns un daudzi citi. Literatūras apskats liecina, ka salīdzinoši izsmelto dati ir iegūti par vizuālo skaidrumu un plūdenumu gan atsevišķi aplūkotu telpiskas trases (3D) līkņu gadījumiem, gan šādu līkņu dažādām konfigurācijām. Visus minētos pētījumus vieno tas, ka pētāmā ceļa attēla analīze ir veikta statistiskam, jeb attēlam no fiksēta stāvpunkta. Šāds attēls nav raksturīgs situācijai, kurā atrodas autovadītājs, mirklī, kad viņš pieņem vadības lēmumu. Tajā pat laikā var pieņemt, ka iepriekšējos pētījumos noskaidrotās likumsakarības paliek spēkā, arī dinamiski mainīgas uztveres situācijā. Tādējādi atliek noskaidrot papildus likumsakarības, kuras, ievērtējot arī jau zināmās, no statistiskas uztveres elementiem, formē dinamiskas uztveres modeli.

Saskaņā ar esošo autoceļa vizuālās uztveres teoriju, ir izdalāmas trīs pamatkritēriju grupas ceļa vizuālās kvalitātes raksturošanai:

- *vizuālais skaidrums*, ar kuru saprot attēla elementu liekuma atbilstību attiecīgo trases plāna elementu liekumam,
- *plūdenums*, kurā tiek vērtētas autoceļa trases elementu daļu liekuma parametru vērtības, un
- *harmonija, ritms un stils*, kas raksturo trases elementu, un arī fona atsevišķo elementu un to mijiedarbības parametru savstarpējās attiecības.

Katra kritēriju grupa ir pārstāvēta ar sakarībām, kuras pēc dažādiem parametriem raksturo attiecīgo ceļa attēla kvalitātes pazīmi. Darbā ir sniegti literatūrā sastopamo kritēriju analīze un to lietošanas iespēju apskats. Kā zīmīgākais vizuālā skaidruma kritērijs ir minams J.Naudžuna definētais:

$$KR \geq 0 \text{ ja, } /K / \leq /K_s/ \quad (1)$$

kur; K - ceļa elementa līnijas perspektīvās projekcijas (attēla) liekums,

R - atbilstošās plāna līknes rādiuss,

K_s - eksperimentāli noteiktais liekuma vizuālās uztveres sliekšnis. Kā

plūdenumu raksturojošā zīmīgākā sakarība minama P.Dzeņa un J.Naudžuna formulētā:

$$K = \frac{x_E^3}{ah^2 R}$$

kur; x_E - attēla līnijas liekuma ekstrēma punkta abscisa,

a - skata punkta attālums līdz projekcijas plaknei,

h - skata punkta augstums virs brauktuves.

Par autoceļa trases optimizācijas pēc ceļa redzamā attēla vizuālās kvalitātes iespēju pētījumiem, bibliogrāfiskajos avotos ir salīdzinoši maz ziņu. Secināts, ka vairumā gadījumu optimizācijas problēma risināta ļoti šauri definētai problēmai. Virknē gadījumu pētījumi beigušies bez konkrētiem praktiski realizējamiem priekšlikumiem. Tas lielākoties ir bijis saistīts ar analītiskai izpētei un apstrādei neparocīgo klasisko autoceļa trases matemātiskā apraksta modeļi (taisne, pārejas līkne, riņķa loks), uz kuru balstīta šībrīža projektēšanas prakse. Kā zīmīgākie risinājumi ir atzīmēti:

- B.Hovarda (Howard), Z.Bramnika (Bramnick) un J.Šova (Shaw) optimālā liekuma principa formulējumu, ar kura palīdzību iespējams analītiski noteikt kritērija funkcijai atbilstošo minimālo līknes liekumu.
- Ierobežotā garenslīpuma princips, kuru formulējuši P.Dzenis un J.Naudžuns, un vēlāk to pašu ideju praktiski realizējis M.de Smits (deSmith).

Atzīmēts, ka bibliogrāfiskajos avotos nav iegūti dati par 3D ceļa trases līnijas optimizācijas metožu esamību. To vietā eksistē virkne empīriskā rakstura rekomendāciju, ar kuru ievērošanu tiek garantēts noteikts ceļa vizuālās kvalitātes līmenis

Apkopojot zināmos datus par izvirzītajiem jautājumiem ir fiksēti vismaz divi aspekti, ar kuriem var pamatot statistiska attēla nepiemērotību pilnvērtīgu autoceļa vizuālās kvalitātes kvantitatīvu parametru noteikšanai:

- ja diskretizējot autovadītāja uztverto nepārtraukto informācijas plūsmu, to nosacīti

var sadalīt atsevišķās epizodēs, kuras līdz šim pieņemts asociēt ar no autovadītāja redzes punkta novērojamo situācijas centrālo projekciju, tad katras epizodes uztveršanai ir atvēlēts ierobežots laika sprādis. Šādi novērošanas apstākļi neizbēgami tiek ignorēti analizējot statistiskus attēlus,

- uztverta tiek nevis statistiska aina, bet kustība, tātad svarīgas varētu būt arī situācijas pirms aplūkotās, resp. ainas elementu parametru izmaiņu raksturs.

Pamatojoties uz minētajiem apsvērumiem ir formulēta hipotēze, ka autoceļa trases parametru projektēšanai nepieciešamie vizuālās kvalitātes kritēriji ir nosakāmi balstoties uz adekvātas *dinamiskas* situācijas analīzi.

Trešajā nodaļā ir detalizēti aplūkots automobiļa vadīšanas process, ar mērķi noskaidrot autoceļa trases parametru ietekmi uz minētā procesa rezultātu un trases kvalitāti, kā arī pārbaudīt iepriekš formulētās hipotēzes patiesumu. Izpētes uzdevums šādi ir formulēts, lai iegūtu datus par autoceļa trases uztveres raksturu un īpatnībām, no kā savukārt izriet kvalitātes definīcija un iespējamās optimizācijas mērķa funkcijas izvēle.

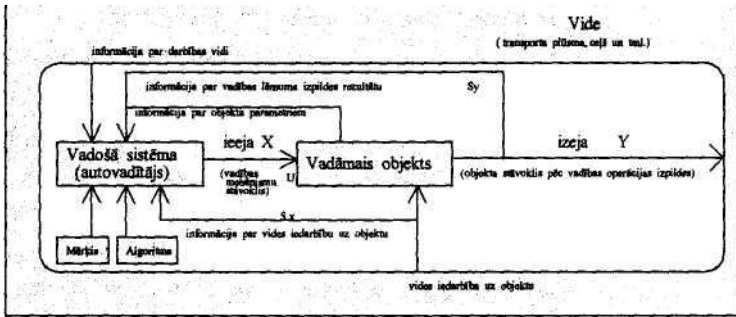
Lai precīzāk definētu kvalitātes funkciju, ir noskaidrota kvalitātes jēdziena definīcija aplūkotajā kontekstā. Noskaidroti divi aspekti, saskaņā ar kuriem līdz šim lietots kvalitātes jēdziens:

- kvalitāte kā autoceļu, vai tā atsevišķu elementu identificējošs īpašību kopums, un
- kvalitāte, kā autoceļa īpašību novērtējuma instruments.

Noskaidrota katra aspekta būtība un atbilstoši tai virzīta tālāka procesa izpēte. Secināts, ka, lai iegūtu vispārīgāku autoceļa trases kvalitātes definīciju, nepieciešams sistematizēt katru kvalitātes sistēmas elementu un precizējot to hierarhiskās attiecības, veidot situācijai atbilstošu kompleksu kvalitātes jēdzienu. Balstoties uz bibliogrāfisko datu analīzi ir norādīts uz faktiem, kas liecina par ceļa trases vizuālās kvalitātes ietekmi uz satiksmes drošību.

Tā kā viens no šīs struktūras elementiem ir autovadītājs - humāna būtne, tad pastāv salīdzinoši neliela iespēja procesu pētīt ar tiešu eksperimentu. Tāpēc šajā gadījumā pētījums balstīts uz aplūkojamās sistēmas modeļa analīzi. Analīzei tika izveidots 1. attēlā parādītais procesa modelis. Pētāmā procesa vadības algoritms izveidots kā secīgas vērtēšanas pie diviem operatoriem - identifikācijas jeb informācijas iegūšanas un lēmuma pieņemšanas, ciklisks process (sk. 2. att), kuri noris saskaņā ar mērķi. Ar automobiļa vadīšanu, šajā modelī, netiek saprasta manipulēšana ar stūri un svirām, bet gan daudz plašākā nozīmē - kā *automobiļa*

vadītāja sevis orientēšana nepazīstamā telpā. Šādā gadījumā vizuālā aina jeb nepazīstamās telpas attēls, kuru viņš redz, ir uzskatāma par nepazīstamā vadāmā objekta sastāvdaļu, nevis



1. att. Automaģiļa vadības sistēmas shēma.

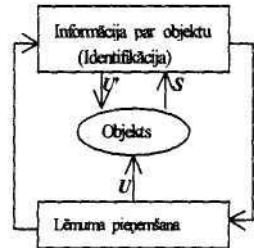
par vidi, kā tas ir, ja apskata ceļu kā statisku objektu. Par vadāmā objekta ieeju X tādā gadījumā ir uzskatāms novērojamais telpas attēls pirms vadības operācijas U , bet par izeju Y' - *reāli novērojamais* attēls pēc šīs operācijas. Izeja Y ir *sagaidāmais* telpas attēls. Tā kā aktīvs eksperiments netiek veikts, tad izeja Y' ir uzskatāma par pasīva eksperimenta (novērojuma) rezultātu, un vadības uzdevums var tikt reducēts uz *sagaidāmā telpas attēla Y un novērojamā attēla Y' starptības minimizēšanu:*

$$f(F'(X, U) - Y^*) \rightarrow \min, \quad (3)$$

$$U \in \Omega$$

kur; F' - *v sagaidāmā reakcija identifikācijas stadijā iegūtais objekta apraksts,*

Ω - *pieļaujamo vadības iedarbību kopa.*



2.att. Vadības algoritms

Tādā lēmuma pieņemšanas stadijā tiek definēts objekta modelis, mērķis un *vairākas* iespējas šo mērķi sasniegt. Lēmums, tādā gadījumā, būs tā iespēja no iespēju kopas Ω , kas, vadoties pēc analogijas ar modeli F' , novedīs objektu vistuvāk vēlamajai situācijai Y^* , garantējot drošu satiksmi.

No iepriekšminētā tiek secināts, ka automaģiļa vadīšanas procesā vadības lēmuma pieņemšanai nepieciešamā informācija sastāv no:

- informācijas par identificēto situāciju F' , kura ir atkarīga no ieejas pazīmēm X un vadības iespējām U , un kura sastāv no:

- o informācijas par fiksētajiem automobiļa kustības parametriem,
 - o novērotās situācijas uz ceļa (brauktuves stāvoklis, satiksmes plūsma u.t.t.)
 - o novērotajiem ceļa trases parametriem un to izmaiņām
- informācijas par atbilstošu etalonsituāciju (piederze) Y^* . Tā satur objekta reakcijas aprakstu situācijā ar identiskām pazīmēm, un vai nu eksistē autovadītāja apziņā, ja viņa pieredzē šādas situācijas ir bijušas, vai arī viņš to ģenerē ekstrapolējot situācijas. Tāpat ir izdarīts secinājums par to, ka informācijas plūsmai, kuru autovadītājs izmanto vadības lēmuma sintēzei, ir dinamisks raksturs, jo esošais stāvoklis $y(t)$ ir atkarīgs no iepriekšējā laika mirklī pieņemtā vadības lēmuma, kurš savukārt no $y(t-l)$ uti Tāpēc, lai garantētu vadīšanai pietiekamu informācijas apjomu un kvalitāti, nosakot ceļa trases parametrus, ir jārēķinās ar uztveres procesa dinamiku. Ar šiem secinājumiem ir apstiprināta iepriekš pieņemtā hipotēze.

Lai noskaidrotu nepieciešamos autoceļa redzamā attēla vizuālās kvalitātes vērtēšanas kritērijus kontekstā ar iepriekš apstiprināto hipotēzi ir nepieciešams noteikt vai precizēt virkni psihofizioloģisku parametru, kuri raksturo uztveres dinamiku. Tādi parametri it, piemēram, reakcijas ātrums, skatiena koncentrācijas sadalījums, redzes asums, dziļums un dinamika u.c. uztveres īpatnības. Šie jautājumi pēti darba turpinājumā.

Pamatojoties uz psihofizioloģijas teoriju, ir apstiprinātas hipotēzes par etalonsituāciju eksistenci autovadītāja apziņā, kuras tieši ietekmē pieņemto vadības lēmumu, kā arī par autoceļa uztveres procesa dinamisko raksturu. Analizējot uztveres procesa nosacījumus automobiļa vadīšanas gadījumā, pamatojoties uz Džerksa - Dodsona likumu, ir noskaidrots, ka eksistē optimāls autovadītāja emocionālais stāvoklis, kuram atbilst augstākās darba spējas. Tāpat ir norādīts, ka emocionālo stāvokli tieši ietekmē darbības vide, un šajā gadījumā - arī ceļa trases vizuāli uztveramie parametri un to izmaiņas raksturs. Redzamās ceļa ainas neatbilstība reālai situācijai var izsaukt stresa stāvokli, un no otras puses - nabadzīga informācijas plūsma "iemidzina" autovadītāja uzmanību. Abos minētajos gadījumos viņa darba spējas krītas, un līdz ar to veidojas neadekvāta vadības lēmuma pieņemšanas iespēja. Un abos gadījumos, kā šīs sakarības arguments figurē ceļa trases parametri.

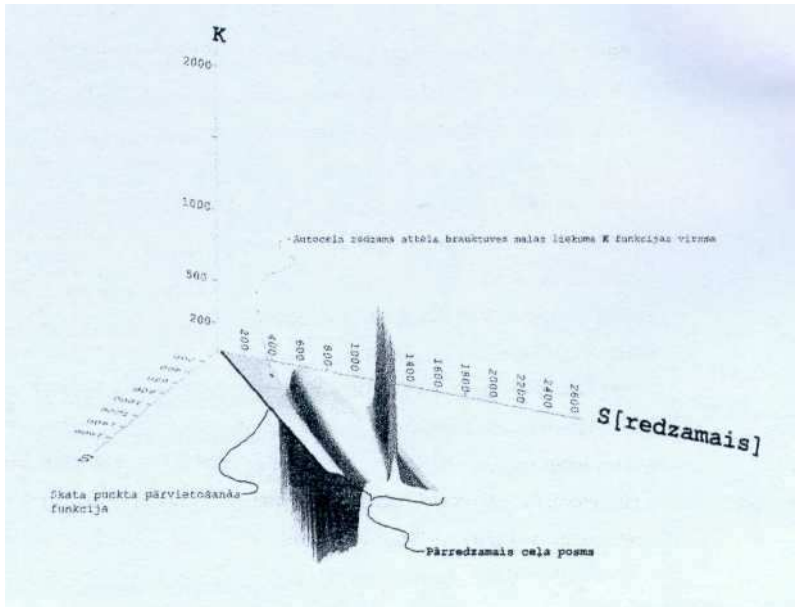
No psihofizioloģijas pētījumiem izriet arī adekvātam vadības lēmumam nepieciešamās informācijas apjoms un kvalitāte. Kā noskaidrots, tad pamatinformāciju par redzamā attēla saturu un īpašībām novērotājs iegūst no attēla elementiem ar lielāko liekumu. Pie kam šo parametru vērtības jānosaka saskaņā ar atbilstošiem uztveres sliekšņiem, kuri nosaka attiecīgā parametra uztveres robežu. Autoceļa trases attēla gadījumā šo sliekšņu vērtības (statiskām

situācijām) ir noskaidrotas. Tomēr vienlaicīgi ir norādīts, ka ar psihofizikas metodēm šobrīd iespējams kvantitatīvi salīdzināt vien uztveres kairinātāju iedarbības izraisīto sajūtu attiecības nevis to absolūtās vērtības. Līdz ar to arī ievērtējot zināmo uztveres sliekšņu vērtības, ir jāreķinās ar attiecīgo parametru attiecībām. Autovadītājs nespēs noteikt redzamās ceļa trases absolūtos parametrus. Pieņemot vadības lēmumu, viņš orientēsies pēc redzamajām un novērtējamajām attiecībām. Aplūkota ir arī fona nozīme nepieciešamās informācijas kvalitātes struktūrā. Līdzīgi kā trases elementi, arī fons veido redzamā attēla emocionālo potenciālu. Fons kontekstā ar pamatelementiem var būt par optisko ilūziju avotu, kuras jūkami pazemina attēla informatīvo kvalitāti.

Ievērojot uztveres aktīvo raksturu, proti -jebkura uztveres procesa pamatā ir aktīva rīcība, kā to nosaka uztveres psihofizioloģijas teorija, ir secināts, ka arī aplūkojamais ir vērtējams kā aktīvas uztveres process. Tāpat informācijas plūsma ir aktīvas uztveres procesa rezultāts. Un tai ir jābūt tādai, pēc kuras parametru izmaiņas var *adekvāti* spriest par novērojamā objekta (šajā gadījumā - autoceļa trases) parametriem.

Lai nodrošinātu ceļa trases vizuālās analīzes iespēju pamatojoties uz iepriekš aprakstīto dinamisko uztveres modeli, darba ietvaros tika izveidots autoceļa attēla novērtēšanas algoritms. Saskaņā ar augstākminēto, par zīmīgāko attēla parametru ir uzskatāms tā elementu liekums. To apliecina arī citu autoru līdz šim veiktie pētījumi. Ievērojot secinājumus par uztveres dinamisko raksturu tika izveidots dinamiska attēla, t.i. attēla, kurš novērots no kustībā esoša skata punkta liekuma grafiks. Atšķirībā no statiska attēla liekuma grafika tam ir trīs dimensijas un grafiski attēlots, tas veido 3D virsmu (sk. 3.att). Šajā diagrammā attēlota attēla līnijas liekuma K punktā S atkarība no skata punkta atrašanās vietas S_{skata} . Šādā veidā iegūts liekuma grafiks dod iespēju novērtēt:

- attēla līnijas liekuma attīstību skata punktam pārvietojoties,
- vizuālā skaidruma kritēriju, un
- liekuma atbilstību atbilstošajiem uztveres sliekšņiem, jeb plūdenuma kritēriju.



3. att. Autoceļa redzamā attēla elementa (līnijas) liekuma funkcija

Atzīmēta arī dinamiskas ceļa ainas iegūšanas un analīzes būtiska atšķirība no statiska attēla īpašībām - autoceļa redzamā attēla dinamiskais vērtējums ir funkcija gan no novērojamā ceļa trases posma parametriem, gan arī no skata punkta trajektorijas parametriem. No šī formulējuma izriet fakts, ka praktiski ir reāli neiespējams atrast divus dažādu ceļu posmus, no kuriem var iegūt identiskus novērojamo ceļa elementu dinamiskos attēlus. Līdz ar to vizuālā analīze katram aplūkojamajam ceļa posmam ir unikāla procedūra un nevar tikt balstīta uz analogijām. No līdz šim autoceļa trases redzamā attēla vizuālajai analīzei izmantotā statistiskā attēla ir iegūstami tikai dati un tāpat arī vērtējami par attiecīgā parametra raksturu vienā griezumā paralēli $S[\text{redz}]$ asij (no viena skata punkta). Piedāvātais analīzes instruments dod iespēju apstrādāt šī parametra datus pa visu vērtējamā ceļa posmu, turklāt arī citos griezumos vai interpretācijās (piemēram: ekstrēma raksturu, elementa parādīšanās nobīdi u.c.)

Šajā darbā kā vērtēšanas kritērijs ir lietots RPI izstrādātais plūdenuma kritērijs, kurš definēts kā attēla līnijas vizuāla lūzuma uztveres sliekšnis. Tā vērtība ir atkarīga no attāluma līdz lūzumam, un arī tas ir attēlojams kā virsma. Savietojot abu funkciju virsmas, grafiski ir noskaidrojama trases neatbilstība kritērijam, kā arī tās lokalizācija. Aprakstītais princips izmantots autoceļa trases attēla, kurš novērojams no kustībā esoša skata punkta, parametru

analīzei. Atzīmēts, ka vispārīga gadījumā redzamais ceļa attēls ir telpisks, tātad pētāms ar hologrammetrijas palīdzību. Lai vienkāršotu analīzi un aprēķinus, telpiskā projekcija līdz šim parasti tiek degradēta par plaknes projekciju - perspektīvo attēlu. Norādīts, ka ar pētāmo objektu, vērtējot vizuālās īpašības, ir uzskatāms laikā mainīgas sistēmas attēls. Un tātad, analizējot tā īpašības bez statistiskiem attēla raksturojumiem Ψ ir jāapskata arī diferenciālās

īpašības, diferencējot pēc laika $\frac{d\Psi}{dt}$ Tātad sistēmas dimensija vispārīgajā gadījumā ir $3D+1$.

Ievērojot to, ka laiks ir kustības parametrs, kurš projektēšanas stadijā eksistē abstrakti, tad analīzei un vērtēšanai noteikta pārejas sakarība

$$\frac{d\Psi}{dt} = V \frac{d\Psi}{ds} \quad (4)$$

kur s ir skata punkta trajektorijas novietojuma funkcija.

Kā nozīmīgs kritērijs atzīmējama novērojamā parametra attīstības adekvātums. Līnijas liekuma gadījumā svarīgs ir liekuma funkcijas ekstrēma vērtības un parādīšanās nobīdes vērtības attīstība skata punktam pārvietojoties. Noskaidrots, ka, otrā plāna un tālāku attēla daļu elementiem vērtējams ir liekuma virziena adekvātums oriģinālam. Nesakritības gadījumā būtisks ir pārvērsuma vietas attālums līdz kritiskajam lēmuma pieņemšanas punktam. Tas, savukārt, ir atkarīgs no ātruma. Tāpat noskaidrots, ka ceļa redzamā attēla elementa priekšplāna punkta liekuma ekstrēma nobīdei pret oriģinālu arī ir jābūt vismaz lēmuma pieņemšanai nepieciešamajā attālumā pirms attiecīgā punkta.

Aplūkota vērpes izmantošanas iespēja ceļa trases analīzē. Ievērojot to, ka tā nav definēta taisnei, kas līdz šim ir plaši tiek izmantota projektēšanas praksē un ir būtisks autoceļa trases elements, visaptverošs tās pielietojums arī nākotnē netiek prognozēts. Vērpī analīzei var lietot, ja trase veidota no vismaz C^2 nepārtraukti gludas, telpiskas (3D) līnijas. Izpētīts, ka, šādu līniju var iegūt lietojot telpiskus splainu vai klotoidu trases apraksta modeļus, bet to nevar ar klasisko ceļa trases apraksta modeli.

Ceturtnā nodaļa ir veltīta ceļa trases apraksta modeļu uzbūves un iespēju izvērtējumam. Aplūkoti plašāk lietotie apraksta modeļi, kā arī piedāvāts jauns ceļa matemātiskā apraksta risinājums, kurš atļauj izmantot šajā darbā aplūkotās projektēšanas un optimizēšanas iespējas un priekšrocības. Kā plašāk izmantotais, bez klasiskā modeļa, ir atzīmēts splainu trases modelis, kuram atkarībā no izmantotā splaina funkcijas tipa iespējams definēt vairākas modifikācijas.

Klasiskais autoceļa apraksts balstīts uz trīs pamatelementu:

- taisnes,

- riņķa loka (horizontālajā projekcijā), vai parabolas (vertikālajā projekcijā), un
- pārejas līknes

fragmentu secīgu izkārtojumu divās neatkarīgas projekcijās. Elementu fragmentu savienojumu vietām tiek uzlikts C^2 gluduma nosacījums horizontālajā projekcijā un C^1 gluduma - vertikālajā projekcijā. Katrā projekcijā fragmentu izkārtojums un to parametri tiek organizēti saskaņā ar zināmajām telpiskās projektēšanas rekomendācijām. Kā atzīmēts, šāda līnijas apraksta kārtība nodrošina liekuma rādiusa funkcijas nepārtrauktību plāna elementiem, un virziena jeb krituma nepārtrauktību vertikālajiem, kas ir priekšnoteikums ceļa trases atbilstībai automobiļa kustības dinamikas pamatprasībām. Tomēr, ja vērtē autoceļa trases vizuālo īpašību analīzes un optimizācijas iespējas, tad jāsecina, ka klasiskais modelis nenodrošina pietiekami efektīvas metodes ne redzamā ceļa attēla analīzei, ne nepieciešamo izmaiņu ievērtēšanai ceļa trases aprakstā. Piemēram, ja attēla analīzes rezultātā noskaidrots, ka nepieciešams mainīt, kādas attēla līnijas formu, tad klasiskā modeļa gadījumā, nevar lietot tiešas analītiskas metodes, lai noskaidrotu sakarību starp maināmo parametru un atbilstošo attēla līnijas formas parametru, jo trases līnija kādā noteiktā punktā vispārīgajā gadījumā ir veidota no dažādu elementu fragmentiem un to īpašības katrā projekcijā ir definētas ar dažādām funkcijām. Turklāt norādīts, ka klasiskajā modelī izmantotai klotoidai piemīt ierobežots brīvības pakāpju skaits. Tāpat ierobežotas ir manipulācijas iespējas ar šī elementa parametriem.

Kā alternatīvi autoceļa trases apraksta modeļi ir aplūkoti splainu trases modeļi, kuru lietošana praksē, līdz šim gan ir aprobežojusies vien ar atsevišķiem gadījumiem. Saskaņā ar pētījumu, ir jānodala vairāki splainu trases definīcijas veidi, kā arī jāizšķir arī vairāki splainu funkciju veidi. Splainu trases apraksta uzdevumu var definēt kā:

- interpolāciju
- izlīdzināšanu (minimizāciju), un
- aproksimāciju.

Minētas un analizētas plašāk zināmās splainu funkcijas, un to lietojums ceļa trases aprakstam:

- kubiskais splains,
- Bežjē (Bezier) funkcijas,
- Catmull-Rom funkcijas,
- B-splains
- NURB-splains (Non Uniform Rational B-spline).

Secināts, ka visbiežāk līdz šim literatūrā aprakstīta ir kubiskā splaina izmantošana

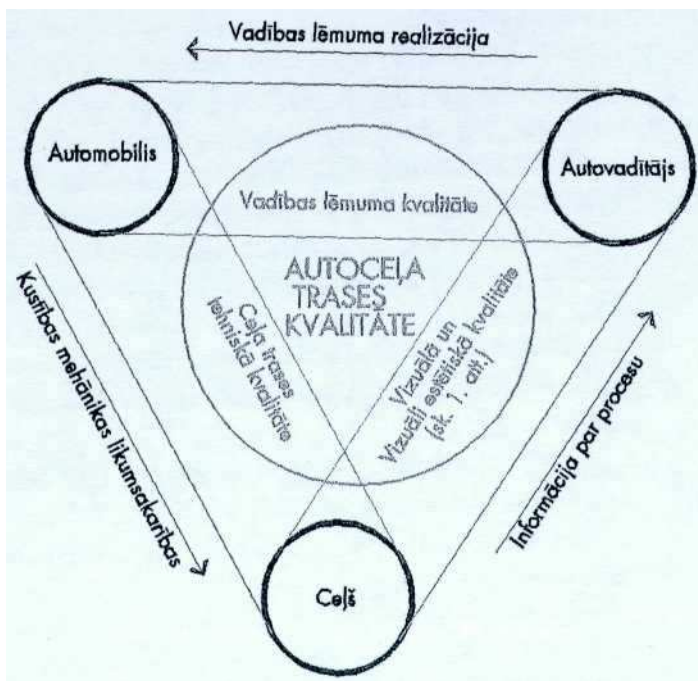
ceļa trases aprakstam un trases apraksta uzdevums līdz šim ir ticis definēts kā aproksimācija vai interpolācija. Autoceļa trase ar splaina funkcijas definīciju projektēta vien atsevišķos gadījumos. Pārsvārā gadījumu splains lietots ka palīginstrumentu ceļa trases elementu analīzei, kas dod iespēju apiet sarežģītumus, kurus nosaka klasiskā trases apraksta izmantošana. Darbā aplūkoti splainu funkcijas ceļa trases aprakstā, priekšrocības un trakumi. Kā būtiskākais trūkums minēta līdzšinējos pētījumos, kā arī splainu teorijā norādītie fakti par novērojamajam oscilācijām interpolācijas uzdevuma gadījumā. Kā trūkumi atzīmēti līnijas formas izmaiņa plašā apgabalā atsevišķas lokālas izmaiņas rezultātā, un regulāru formu (taisne, riņķa loks) apraksta iespējas trūkums, kuri dažādā pakāpē raksturīgi atsevišķām splainu funkcijām. Kā priekšrocība tiek atzīmēta iespēja ar vienu, nepārtrauktu funkciju definēt 3D ceļa trasi ar nepieciešamo gluduma pakāpi, ko nenodrošina klasiskais apraksta modelis.

Pamatojoties uz analīzi ir secināts arī, ka starp aplūkotajām autoceļa trases aprakstam visatbilstošākais autoceļa trases aprakstam ir NURB-splains. Ar šo splaina funkciju pastāv iespēja definēt taisni un riņķa loku, kā arī tam ir salīdzinoši elastīgas manipulācijas iespējas ar līnijas formu.

Piektajā nodaļā ir aplūkoti jautājumi, kas saistīti ar autoceļa trases optimizācijas iespējām. Lai runātu par optimālu ceļa trasi, jādefinē kritēriji, pēc kuriem vērtēt attiecīgas īpašības. Taču kritēriji mēdz būt pretrunā viens otram. Tādā gadījumā, lai noteiktu katra kritērija nozīmi, nepieciešams tos organizēt noteiktā hierarhijā. Tas šajā gadījumā ir izdarīts definējot autoceļa trases kvalitātes sistēmu. Tā veidota balstoties uz šajā darbā noskaidroto autoceļa uztveres modeli un vadības sistēmu ar tai piemītošo dinamisko raksturu. Paplašinot ceļa vizuāli estētiskās kvalitātes sistēmu, un pievienojot tai sistēmu *automobilis - ceļi* un *autovadītājs - automobilis* kritērijus, iegūta 4. attēlā parādīta ceļa trases kvalitātes sistēma. Šāda kvalitātes sistēma attiecināma uz autoceļa trases kvalitāti sistēmā *autovadītājs - automobilis - ceļš*. Saskaņā ar šo sistēmu katrs tās attīstības etaps ir atkarīgs no iepriekšējā. Šim principam ir pakārtota arī izveidotā cikliska rakstura kvalitātes sistēma. Visi ceļa trasi noteicošie kritēriji ir sadalīti divās grupās:

- primārie, kuri tieši ietekmē vadības lēmuma kvalitāti, un
- sekundārie, kuri ietekmē vadības lēmuma realizācijas iespējas.

Ievērojot adekvātam vadības lēmumam nepieciešamās informācijas apjomu un kvalitāti, primārie kritēriji ir tie, kuri nosaka ceļa trases vizuālo kvalitāti, un līdz ar to no tiem izriet autoceļa trases parametru galīgā risinājuma izvēle. Primārie kritēriji izriet no ceļa trases



4. att. Autoceļa trases kvalitātes sistēmas modelis

īpašību atbilstības autovadītāja psihofizioloģiskajām īpašībām; piem. uztverei, reakcijai u.c., un autoceļa trases kvalitāti, tātad, nosaka tās telpisko elementu spēja gan nodrošināt kvalitatīvu informāciju, gan optimālu autovadītāja emocionālo līmeni. Noteicošais parametrs, pēc kura var veikt optimizāciju, ir ceļa vadošo līniju perspektīvā attēla liekums un no tā atvasināti lielumi, kuri ir tieši atkarīgi no ceļa trases ģeometrijas, tātad ir izsakāmi kā funkcionāli no tās. Savukārt sekundārie ir tie, kuri nosaka ceļa trases atbilstību automobiļa kustības dinamikas prasībām, un kuri ir pakārtoti primārajiem kritērijiem. Vadības lēmuma kvalitāte šajā gadījumā ir uzskatāma par mērķa funkciju, kuras vērtība jāpanāk optimāla.

Ceļa trases optimizācijas gadījumā analītiski viennozīmīgi iespējams definēt praktiski vienīgi sekundāros kvalitātes funkcijas elementus. Primārie elementi tiek atvasināti no trases redzamā attēla, kurš šobrīd analīzei un novērtēšanai tiek transformēts par 2D modeli. Viennozīmīga atgriezeniska transformācija tādā gadījumā nav iespējama. Līdz ar to, zūdot

atgriezeniskai saitei, nav iespējama arī tāda funkcionēja, kurš atgriezeniski saistītu projekciju (attēlu) ar oriģinālu (ceļa trasi), definēšana. Līdz ar to tiešu analītisku metožu lietošanas iespējas autoceļa trases optimizācijas gadījumā tiek ierobežotas sekundāro kritēriju darbības zonā. Lietošanas robežu paplašināšana arī vizuālās kvalitātes optimizēšanai, būtu iespējama pie nosacījuma, ka analizējamais un vērtējamais attēls iegūts kā 3D objekts ar viennozīmīgas atgriezeniskas transformācijas iespēju. Tāds risinājums varētu būt analīzei izmantojot hologrammetrijas iespējas, vai arī attēlu iegūstot un apstrādājot ar fotogrammetrijas metodēm. Analizējot bezgalīgi maza ceļa trases aprakstam lietotas līnijas fragmenta īpašības, un pamatojoties uz *potenciālās enerģijas stacionārās vērtības principu*, ir noskaidrota līnijas potenciālās enerģijas izteiksme:

$$\Pi(S) = U - H = b \left(\int_0^S \left| \frac{du}{dS} \right| dS - s_0 \right) + \frac{1}{2} c \int_S \left(\frac{d^2 u}{dS^2} \right)^2 dS - \left(\sum_S P \Delta + \sum_S M \varphi \right), \quad (5)$$

kur; Π - potenciālā enerģija

U - enerģija, ko uzkrāj forma deformējoties ārējo ietekmju iespaidā,

H - enerģija, ko zaudē ārējās ietekmes deformējot šo formu

b - koeficients, kurš ievērtē pagarinājuma vienības nozīmi,

c - koeficients, kurš ievērtē liekuma vienības nozīmi,

H_p - ārējo ietekmju zaudētā enerģija no ceļa trajektorijas pagarinājuma,

HM - ārējo ietekmju zaudētā enerģija no ceļa trajektorijas izliekuma,

Δ - ārējās ietekmes līdzsvarotais pagarinājums,

φ - ārējās ietekmes līdzsvarotais ceļa trajektorijas izliekums,

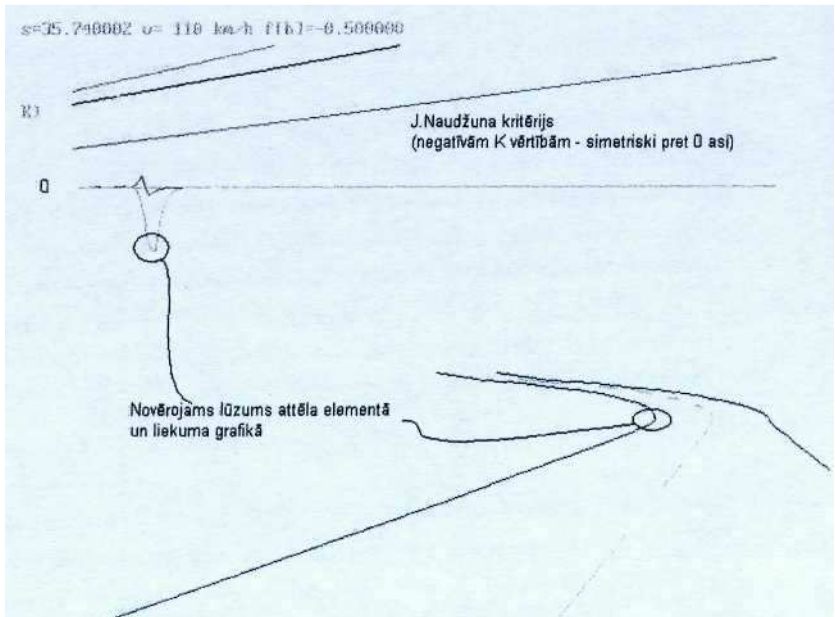
P - ārējās ietekmes tangenciālā projekcija uz meklējamo ceļa trases apraksta funkciju $u=u(S)$, un

M - ārējās ietekmes normālprojekcija uz funkciju $u=u(S)$.

Ceļa trajektorijas līnijai būs optimāls novietojums, tad, kad tās pilnās potenciālās enerģijas izteiksmei (5) pie esošiem nosacījumiem būs minimums. Tātad ir jāatrod tāds līnijas vienādojums $u(S)$, kurš dod minimumu potenciālās enerģijas izteiksmei. Lai to izdarītu tiešā veidā nepieciešams nointegrēt šo diferenciālvienādojumu. Ņemot vērā funkcijas $u=u(S)$ sarežģīto formu klasiskā ceļa trases apraksta modeļa gadījumā, praktiski vienkāršāk ir aizvietot integrēšanu ar līnijas vienādojumam līdzvērtīgas funkcijas $\hat{u}(S)$, kas dod Π izteiksmei minimālo vērtību, meklēšanu, jeb jāatrod minimums funkcionālim $\Pi(\hat{u}(S))$:

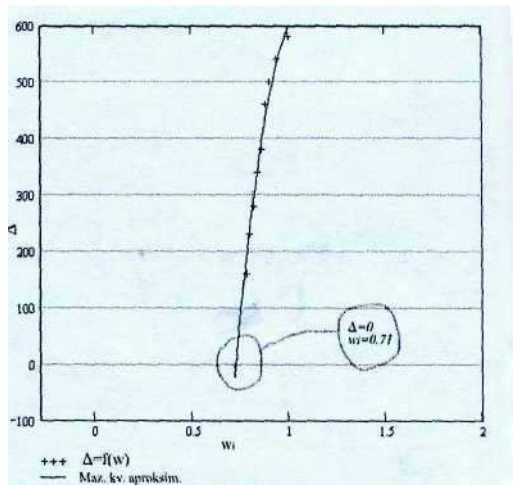
$$\delta \Pi(\hat{u}(S)) = 0.$$

(6)



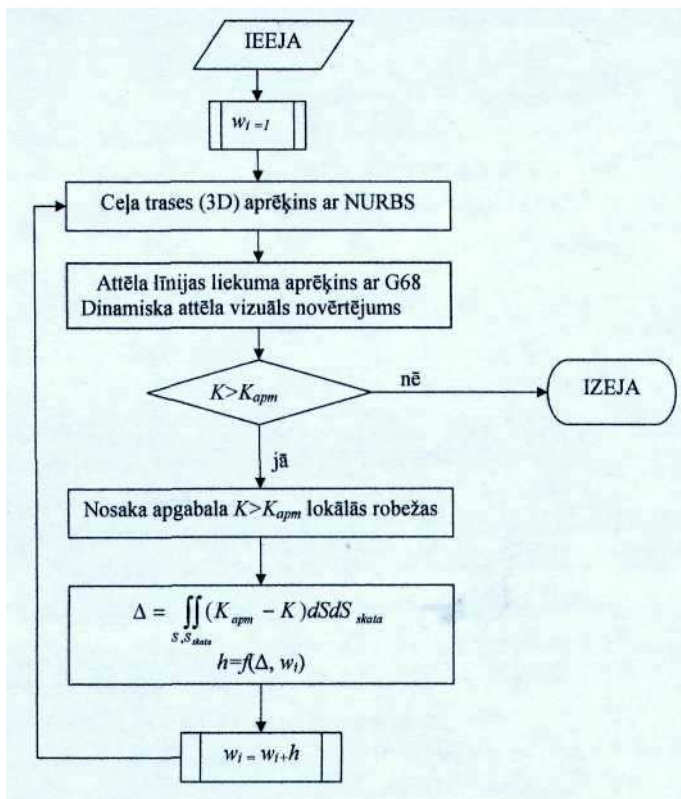
5. att. Ceļa trases vizuālas kvalitātes analīzes piemērs

Saskaņā ar iepriekšminēto, šāda pieeja ir lietojama optimizējot pēc sekundārajiem kritērijiem. Lai noteiktu projektējamā vai jau esoša autoceļa vizuālo īpašību ietekmi uz autovadītāja darba apstākļiem, un līdz ar to arī uz satiksmes drošību, ir nepieciešams iegūt šī ceļa attēlu, pie tam pietiekami adekvātu reālajiem novērošanas apstākļiem. Pilnīgi reālu attēlu iespējams iegūt vienīgi novērojot jau esošu ceļu, taču svarīgi ir ne vien atklāt trūkumus, bet gan tos nerādīt. Tāpēc ir vēlams, lai vizuālo īpašību ietekmi



6. att. Optimizācijas parametra noteikšana

varētu ievērtēt jau ceļu projektējot. Šim nolūkam izveidots algoritms ceļa vizuālās kvalitātes analīzei. Tā darbība balstīta uz šajā darbā noskaidrotajām likumsakarībām. Ceļa trases vizuālā kvalitāte tiek vērtēta pēc attēla liekuma parametriem un to attīstības rakstura, skata punktam pārvietojoties pa noteiktu trajektoriju. Saskaņā ar algoritmu ir sagatavota datorprogramma, kurā paredzēts pārbaudāmo ceļa trasi novērtēt vizuāli, pie tam vērtējot nevis statisku, bet gan dinamisku attēlu. Paralēli attēlam tiek parādīta pārbaudāmo attēla līniju liekuma grafiki, ar iespēju salīdzināt līnijas liekumu ar uztveres sliekšņa vērtību pēc RPI Autoceļu katedras noteiktā kritērija (5. att). Vienlaicīgi tiek sagatavoti dati līnijas liekuma funkcijas virsmas (sk. 3.att) izveidošanai, kas ļauj veikt detalizētu grafisku analīzi.



7. att. Optimizācijas algoritms

Darba ietvaros izveidotais analīzes algoritms ir pārbaudīts optimizācijas piemēra risinājuma. Piemērā ceļa trase definēta kā NURB-splaina funkcija. Lai nodrošinātu NURB-splaina aprakstu ir izveidota datorprogramma. Saskaņā ar izvēlēto optimizācijas stratēģiju, trases vizuālās kvalitātes uzlabošana tiek veikta manipulējot ar novērotā defekta vietai tuvākās atbalsta gājienu virsotnes svāra w , izmaiņu. Šajā piemērā optimālais w , lielums aprēķināts pēc regresijas sakarības no brīvi izvēlētu faktoriālo pazīmju (w_j) noteiktām rezultatīvajām pazīmēm ar mazāko kvadrātu metodes palīdzību. Par rezultatīvo pazīmi tika noteikts tilpuma integrālis attēla līnijas liekuma virsmas un apmierinošā liekuma virsmas starpībai:

$$\Delta = \iint_{S, S_{\text{aktīva}}} (K_{\text{opt}} - K) dS dS_{\text{aktīva}} \quad (7)$$

Un par optimizācijas mērķa funkciju noteikta sakarība:

$$\Delta \geq 0 \quad (8)$$

Testa piemērā tika noteikta prasība

iegūt attēla līniju atbilstoši apmierinošam vērtējumam pēc J. Naudžuna kritērija Tika sastādīts optimizācijas algoritms, kurš parādīts 7. attēlā. Piemēra optimizācijas rezultātā tika noskaidrota vizuālās kvalitātes kritērijam atbilstoša w_i vērtība (6. att.) un iegūta atbilstoša ceļa trases apraksta funkcija

SLĒDZIENS

Promocijas darba rezultātā ir iegūti šādi galvenie secinājumi:

1. Saskaņā ar šo pētījumu automobiļa vadīšanas process ir uzskatāms par dinamisku vadības sistēmu, kura funkcionē sistēmā *automobilis - autovadītājs - ceļš*. Vadības lēmuma pieņemšanas operators ir vadošais šajā sistēmā. Un autoceļa trases projektēšanas mērķis šajā kontekstā ir tāda informācijas apjoma un kvalitātes nodrošināšana, kas nepieciešama adekvāta vadības lēmuma pieņemšanai sistēmas vadošajā elementā.
2. Autoceļa trases projektēšanas process parasti ir vērsti uz maksimālas kvalitātes sasniegšanu. Kvalitāte, saskaņā ar šo darbu, tiek definēta kā nepārtraukta cikliska struktūra, kuras katrs nākošais posms ir atkarīgs no iepriekšējo posmu rezultāta. Saskaņā ar vadības modeļa uzbūvi (3. nod.), sistēmas vadošais elements ir autovadītājs, un kvalitātes funkcija ir pakļauta vadošajam elementam. No šejienes visu trases risinājumu noteicošo kritēriju iedalījums divās grupās -

primārajos un sekundārajos. Pirmie šajā kontekstā nosaka ceļa trases vizuālo kvalitāti, bet otrie - automobiļa kustības dinamikas prasības. Šādā kārtībā veidojama arī kritēriju hierarhiskā secība nosakot to ietekmes nozīmi.

3. Uztveres psihofizioloģisko aspektu izvērtējums liecina, ka redzamais ceļa attēls tiek uztverts un vērtēts nevis kā statisks, bet gan kā dinamiski mainīgs objekts, un tā uztvere ir atkarīga kā no kustības parametriem, tā arī no autoceļa trases izveidojuma. Līdz ar to vērtējot trases vizuālo kvalitāti ir jānodrošina adekvāti novērošanas un parametru novērtēšanas apstākļi, kas panākams vērtējumam pakļaujot dinamisku ceļa tases attēlu un attiecīgi tā parametrus. Izejot no šiem rezultātiem ir definēts nākošo pētījumu uzdevums: iegūt iespēju vērtējumam pakļaut dinamisku, telpisku (3D) attēlu, kas ir tuvāks reāli uztvertajam autoceļa attēlam, kā šobrīd vērtējamie 2D attēli, un noskaidrot tiem atbilstošus vērtēšanas kritērijus.
4. Savukārt, lai nodrošinātu iespēju analizēt un novērtēt iegūto risinājumu un noteikt nepieciešamos uzlabojumus, nepieciešams vienkāršs un analītiski viengabalains trases apraksta modelis. Kā liecina piemēra optimizācijas risinājums, šādu iespēju nodrošina NURB- splaina funkcijas lietošana autoceļa trases aprakstam.

PUBLIKĀCIJU SARAKSTS

1. Zariņš A. Traffic safety and driver's psychophysiology. //In: *Proceedings of the Nordic-Baltic Transport Research Conference*, vol. 2, Session 3, pp. 3-8., Rīga, April 13-14, 2000
2. Zariņš A. Ceļa trases projekta līnijas aprakstam lietoto funkciju analīze, //krājumā RTU zinātniskie raksti Arhitektūra un būvzinātne. 191-194.lpp., - Rīga, RTU, 2001.
3. Zariņš A. Automobiļa vadības procesa struktūras analīze, //krājumā RTU zinātniskie raksti Arhitektūra un būvzinātne., - Rīga, RTU, 2006. (iesniegts un recenzēts).
4. Zariņš A. The dynamic approach to evaluation of visible road image. //In: *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, -Vilnius, VGTU, 2006, Vol 1, No.2

PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS RĪGAS TEHNISKAJĀ
UNIVERSITĀTĒ INŽENIERZINĀTŅU DOKTORA GRĀDA
IEGŪŠANAI

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts
Rīgas Tehniskās universitātes Būvniecības fakultātes zālē 2006. g. 2. novembrī pl.
14.00

Adrese: Āzenes iela 16, LV-1048, Rīga,
Latvija. Tālr.: +371-7089223, Fakss: +371-
7089223

OFICIĀLIE RECENZENTI

Prof. Dr. Donatas ČYGAS, Vilnius Gediminas Technical
University, Prof. Dr. Gundars LIBERTS, Rīgas Tehniskā
Universitāte,

Doc. Dr. Jānis VĀRNA, Rīgas Tehniskā Universitāte.

APSTIPRINĀJMS

Es apstiprinu, ka esmu izstrādājis šo promocijas darbu, kurš iesniegts izskatīšanai
Rīgas Tehniskajā universitāte inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai. Promocijas
darbs nav iesniegts nevienā citā universitātē zinātniskā grāda iegūšanai.

Atis Zariņš(paraksts)

Datums:.....

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā. Satur 5 nodaļas,
secinājumus, bibliogrāfijas sarakstu, 3 pielikumus, 48 attēlus, 4 tabulas,
kopā 156 lappuses. Bibliogrāfijas sarakstā ir 77 nosaukumi.