

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ӘОЖ 621.3 (043)

Қолжазба нұсқасында

Садықов Сакен Қуанышевич

Берлген аумақтағы жағыдайды бақылауға арналған радиосигнал жүйесін
басқару алгоритімін құру

Магистр академиялық дәрежесін іздену үшін

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7M06201 – «Телекоммуникациялар» мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ОӘК 681.586'34 (043)

Қолжазба нұсқасында

Садыков Сакен

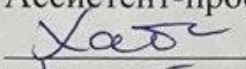
Магистр академиялық дәрежесін іздену үшін

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация тақырыбы Берлген аумақтағы жағыдайды бақылауға арналған радиосигнал жүйесін басқару алгоритімін құру.
Мамандық 7М06201 - Телекоммуникациялар

Ғылыми жетекші,

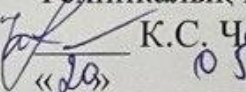
Ассистент-профессор

 А. Хабай


«20» 05 2022 ж.

Оппонент,

Техникалық ғыл.канд., АУЭС профессоры

 К.С. Чежимбаевна

«20» 05 2022 ж.

Нормобақылаушы: 

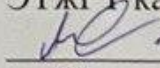
Сениор-лектор, доктор PhD

Н.Қ. Смайлов

«20» 05 2022 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

ЭТЖҒТ каф. меңгерушісі м.а

 Е.Таштай

«20» 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

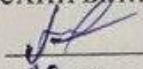
Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

7M06201 – Телекоммуникация

БЕКІТІЛДІ

ЭТ ж ҒТ кафедра меңгерушісі
техн.ғыл.кан, профессор

 Е. Гаштай
« 20 » 05 2020
ж

Магистрлік диссертацияны орындауға ТАПСЫРМА

Магистрант: Садыков Сакен Куанышевич

Тақырыбы: «Берлген аумақтағы жағыдайды бақылауға арналған радиосигнал жүйесін басқару алгоритімін құру».

Университет ректорының «03» қараша 2020ж. №2034-М бұйрығына өзгерістермен бекітілген.

Дайын диссертацияны тапсыру уақыты: «30» мамыр 2022ж.

Жұмыстың алғашқы мәліметтері: 1. ГОСТ Р ISO 11551-2015 Радар және радарлық құрылғылар. Лазерлер және лазерлік кондырғылар ..

Диссертацияда өңделетін сұрақтар, диссертацияның қысқаша мазмұны:
Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

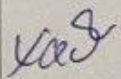
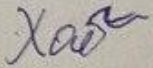
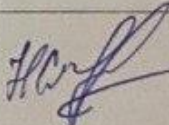
- а) Радар негізінде нысананы бақылау сызбасы;
- б) Бақылау алгоритімінің математикалық моделі;
- в) Бақылау алгоритімін экспериментте бақылау;

Ұсынылатын негізгі әдебиет 38 атау:

Магистрлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерізімі	Ескерту
Радарлардың артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтау	01.10.2020 -01.01.2021	орындалды
Радардан келіп түсетін сигналдардың сипаттамаларын зерттеу.	01.01.2021–01.05.2021	орындалды
MatLab бағдарламасында басқару алгоритмін құру.	01.09.2021–01.05.2022	орындалды

диссертацияға қатысты бөлімдерді көрсете отырып, аяқталған магистрлік
диссертацияға консультанттарды және нормабақылаушылардың
қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңес берушілер Т.А.Ә. (ғылыми дәрежесі)	Қол қойылған күні	Қолы
Диссертациялық жұмыстың тақырыбын талдау	ЭТЖҒТ каф.ассистент- профессор PhD докторы Хабай А.	10.01.2021 ж.	
Теориялық ақпарат	ЭТЖҒТ каф.ассистент- профессор PhD докторы Хабай А.	01.05.2021 ж.	
Нормабақылаушы	Доктор PhD, ассоц профессор Смайлов Н.К.	27.05.2022 ж.	

Ғылыми жетекші

Хабай А.

Магистрант

Садықов С.К

АҢДАТПА

Миллиметрлік радио толқынды радар негізінде интеллектуалды көлік нысанын анықтауда қолдану алгоритімін құру. Бүйірлік жылдамдық көлік құралының қозғалыс күйін бағалау арқылы алынады. Нысаналы қозғалыстың күйді өтеу алгоритмі көлік құралының иілу қозғалысын қарастыру арқылы ұсынылған. Сондай ақ жақсартылған адаптивті кеңейтілген Калман сүзгісі (IAEKF) мақсатты бақылаудың беріктігі мен дәлдігін жақсарту үшін қолданылады. Диссертациялық жұмыста көліктің нысандарды анықтауының радарлық алгоритмдері құрастырылады. Simulink-те автомобильдегі көп сәулелі радиолокациялық шағылысулардың мақсатты кеңейтілген бақылау моделі құрастырылады.

АННОТАЦИЯ

Разработка алгоритма для использования при обнаружении интеллектуальных транспортных объектов на базе радиолокатора миллиметрового диапазона. Боковая скорость получается путем оценки состояния движения транспортного средства. Предложен алгоритм компенсации состояния целевого движения с учетом изгибного движения транспортного средства. Усовершенствованный адаптивный расширенный фильтр Калмана (IAEKF) также используется для повышения мощности и точности контроля цели. В диссертационной работе разработаны радиолокационные алгоритмы обнаружения транспортных объектов. Simulink разработает целевую расширенную модель отражения многолучевого радара в автомобиле.

ANNOTATION

Development of an algorithm for use in the detection of intelligent transport objects on the basis of millimeter radio wave radar. Lateral speed is obtained by assessing the movement of the vehicle. The algorithm for compensating for the state of the target traffic is proposed by considering the bending motion of the vehicle. An improved adaptive extended Kalman filter (IAEKF) is also used to improve the strength and accuracy of target control. In the dissertation work radar algorithms for the detection of transport objects are developed. Simulink will develop a targeted extended model of multi-beam radar reflections in the car.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Нысананы бақылауға арналған радарларға шолу	11
1.1 Радар негізінде нысананы бақылау әдістері	11
1.2 Миллиметрлік толқынды радар және қолдану	12
1.3 Бір сызықты лазерлік радар және қолдану	13
1.4 Көп сызықты лазерлік радар және қолдану	14
1.5 Үш өлшемді көп бағытты лазерлік радар және қолдану	15
1.6 Радар сенсорын интеллектуалды жүргізу ортасын қабылдауда қолдану	16
1.7 Радиолокациялық сенсордың құрылымы және қоршаған ортаны қабылдау	17
1.8 Айнымалы гранулярлық жолдың оң жақ радиолокациялық диаграммасын құру	19
1.9 Айнымалы түйіршікті жолды иелену радиолокациялық диаграммасын пайдалана отырып ақпаратты алу әдісі	21
2 Радар арқылы нысананы бақылау алгоритімін құру	22
2.1 Радар арқылы нысананы бақылау схемасы	22
2.2 Көлікжағдайын бағалау	23
2.3 Миллиметрлік-толқын радары үшін мақсатты бақылау алгоритмі	27
2.4 Мақсатты жарамдылық сынағы	28
2.5 Мақсатты қозғалыс өтемі	30
2.6 Жолақ қатынасының сәйкестендіру моделі	34
3 Эксперимент және талқылау	43
3.1 Matlab simulink-те көп сәулелі радиолокациялық шағылысулармен бақылаудың алгоритімін құру	43
3.2 Эксперименттік платформаның құрылысы	44
3.3 Эксперимент нәтижелерін талдау	45
Қорытынды	52
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	54

КІРІСПЕ

Жұмыстың өзектілігі: Соңғы жылдары жүргізушіге көмек көрсетудің жетілдірілген жүйесі (ADAS) көліктердің жол-көлік оқиғаларын азайтуға көмектесті. Дегенмен бұлсаланы жетілдіру әліде маңызды тақырыптардың бірі болып табылады. Қазіргі кездегі кеңінен зерттелініп жатқан миллиметрлік толқындармен радар орнату оңай әрі жаңбырлы, қарлы және тұманды күндер мен түндер сияқты қолайсыз ауа-райына қатты бейімделеалады. Бағасы төмен болғандықтан нарықтағы жоғары үлеске ие болады [1].

Дегенмен, қисық сызықтарда радарға негізделген нысананы қадағалауда үш қиындық бар. Біріншіден, дәлдігі нашар деректерді байланыстырудың ауқымды есептеулері бар. Екіншіден, нысана мен көліктің жолақ орнының қатынасын дәл анықтау қиын. Үшіншіден, мақсатты бақылау алгоритмінің беріктігі мен дәлдігі нашар. **Жаңалығы** Мұнда қисық жолдағы мақсатты бақылау алгоритмі жүйесі ұсынылған. Деректерді байланыстыру есептеулерін азайту және дәлдікті жақсарту үшін келесі төрт алгоритм қолданылады. (1) Деректердің ұтымдылығын бағалау әдісі мақсатты өлшеу деректерін радиолокациялық анықтау ауқымынан тыс жою үшін қолданылады. (2) Нәтижелі мақсатты өмірлік цикл ережелері жалған мақсаттар мен кедергілерді жою үшін пайдаланылады. (3) Манхэттеннің қашықтық кластерлеу алгоритмі бірнеше деректерді бір топқа біріктіру үшін пайдаланылады. (4) Радармен алынған өлшеу деректері мен мақсатты көз арасындағы сәйкестікті жақын көрші (NN) деректер бірлестігі анықтайды. Келесі үш алгоритм көлікпен мақсатты көліктер арасындағы позициялық қатынасты алуға бағытталған.

Нақты жүргізу жағдайында датчиктің жылу кедергісі және сыртқы орта миллиметрлік толқынның борттық радарына әсер етеді. Нәтижесінде, мақсатты күй туралы анықталған ақпарат шуды қамтиды. Осылайша, нақты жол жағдайында нақты деректер қауымдастығын жүзеге асыру мақсатты бақылаудағы алғашқы қиындық болып табылады.

Бұл радар нысанасын бақылау алгоритмі радиалды қашықтық пен азимут ақпараты арқылы көлік пен нысана арасындағы бүйірлік қашықтықты алады. Содан кейін көлікпен жолақ қатынасын анықтай алады. Осындай көліктің түзу жолда және қисық жолда әртүрлі жүргізу курстары бар. Көлік қисық жолда бірнеше нысананы қадағалағанда келесі мәселелерге тап болады. көлік қисық жолда жүріп келе жатқанда, оның жолағындағы ұзақ қашықтықты мақсатты көлік іргелес жолақтағы ретінде қате анықталады және нәтижесінде көлік жеделдетілген жылдамдықпен жүгіреді. көліктің қисық жолда жеделдету кезінде, мақсатты көлік жолақта кенеттен пайда болуы мүмкін болғандықтан, эго-көлік кенеттен баяулайды. Бұл құбылыс көлік жүргізу қауіпсіздігін және көліктің жүру жайлылығын төмендетеді. Сондықтан мақсатты қозғалыс өтемі мақсатты көлік жүретін жолақтың позициялық қатынасын анықтауда маңызды рөл атқарады. Нысаналы көліктер қисық жолмен жүріп келе жатқанда, мақсатты көліктердің жолақ позициясын дәл анықтау мақсатты қадағалаудағы екінші қиындықты білдіреді.

Жүргізу процесі кезінде толқынды радиолокатордың бақылау шуының статистикалық параметрлері жиі белгісіз уақыт бойынша өзгереді. Бейімделетін кеңейтілген Кальман сүзгісінің шуды статистикалық бағалаушысы шудың статистикалық параметрлерін желіде есептеу және түзету үшін жиі пайдаланылады.

1 НЫСАНАНЫ БАҚЫЛАУҒА АРНАЛҒАН РАДАРЛАРҒА ШОЛУ

1.1 Радар негізінде нысананы бақылау әдістері

Қазіргі уақытта радар нысанасын бақылау процесінде бірлескен ықтималдық деректер ассоциациясы алгоритмі және көп гипотезаналы бақылау алгоритмі жиі қолданылады [2].

Миллиметрлік толқынды радардың анықтау диапазонында бір ғана нысана бар және бұл нысананың ізі қалыптасқан деп есептеледі [3]. Радарды практикалық қолдануда нақты нысананың айналасында белгілі бір ретсіздік бар. Бейберекеттік нақты мақсаттан болуы мүмкін, бірақ әртүрлі ықтималдықтармен болуы мүмкін деп есептеледі [4, 5]. Интерактивті бірнеше модельдер алгоритмі мен ықтималдық деректер қауымдастығының тіркесімі бейберекет ортада мобильді нысандарды қадағалай алатын интерактивті көп модельдер-ықтимал деректер қауымдастығын жасайды [6, 7]. Біріншіден, бірлескен оқиға радар анықтаған барлық мақсатты өлшеу деректерінің экспоненциалды функциясына жатады. Тәртіпсіз ортада аралас жарылыс пайда болады [11]. Екіншіден, бірлескен ықтималдық деректер қауымдастығы әдісі бақылау қақпасының қиылысында түсетін мақсатты өлшем деректерін қайта пайдаланады. Нәтижесінде бақылау қақпасына түсетін тиімді мақсатты өлшемдердің саны да артады, бұл бірлескен оқиғаны қиындатады және есептеу көлемін арттырады [12]. Үшіншіден, жолды жаңарту үшін бақылау қақпасының қиылысына түсетін мақсатты өлшем деректері пайдаланылады; нәтижесінде Кальман сүзгісінің дисперсиясы ұлғаяды, бұл әрі қарай бақылау қақпасындағы жалған дабылдардың көбеюіне және ақыр соңында деректер байланысының нашарлауына әкеледі [13, 14]. Көп гипотезаны қадағалау- көп мақсатты бақылау процесінде деректерді байланыстырудың тағы бір әдісі. МНТ алгоритмін келесі екі қадаммен аяқтауға болады: 1-қадам: әрбір іріктеу кезеңінде миллиметрлік толқынды радар алған жаңа мақсатты өлшеу деректерін жаңа нысаналар, жалған дабылдар немесе бар нысаналар деп есептейік [15]. 2-қадам: Бірнеше гипотезаны бақылау шектеулі ұзындықтағы жылжымалы терезе арқылы бірнеше кандидат гипотезасын белгілейді, содан кейін гипотезаны бағалау және басқару (жою, кластерлеу және т.б.) арқылы көп мақсатты деректерді байланыстырады [16]. Бірнеше гипотезаны бақылау алгоритмінде келесі екі ақау бар. Біріншіден, бірлескен гипотезалардың саны мақсат пен ретсіздіктің ұлғаюымен бірге экспоненциалды түрде артады. Екіншіден, Бірнеше гипотезаны бақылау алгоритмі әрбір іріктеу кезеңінде жаңа мақсатты гипотезаларды ретке келтіру керек. Сондықтан, Бірнеше гипотезаны бақылау алгоритмі миллиметрлік толқынды радиолокациялық мақсатты бақылауда үлкен есептеу ресурстарын қажет ететіндіктен, нақты уақыт талабының қажеттіліктерін қанағаттандыру қиын.

Жоғарыда келтірілген талдауларға сүйене отырып, бұл жұмыста қисық жолмен қозғалатын көлік құралының қозғалысы негізінде мақсатты көлік құралының орнын толтыру және жылдамдығын өтеу ұсынылады. Көлік құралын борт датчигінен тікелей тарту кезінде бүйірлік жылдамдықты алу үшін 2 еркіндік дәрежесі бар көлік динамикасының моделі жасалады және Калман сүзгісі еркіндік көлік құралының жылдамдығын сүзу үшін қолданылады, содан кейін бүйірлік жылдамдықты бағалау үшін бақылаушы қолданылады [22].

Әдетте қолданылатын адаптивті кеңейтілген Калман сүзгісі сенімділігі мен дәлдігі төмен екенін ескере отырып, жақсартылған бейімделген Калман сүзгісі алгоритмі және ең жақын көрші деректер қауымдастығы негізінде радарлық басқару алгоритмін құру.

Алдыңғы зерттеулермен салыстырғанда, бұл жұмыста үш маңызды ерекшелік бар:

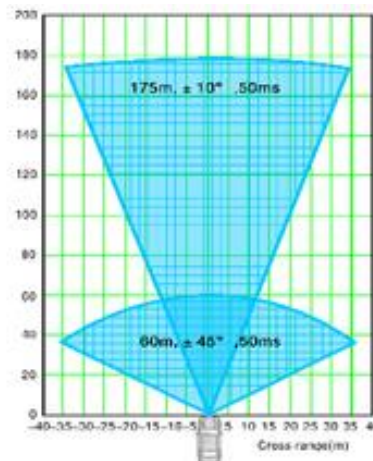
(1) Қозғалыс компенсациясы радиолокациялық өлшеу деректерінде орындалады..

(2) жолақтардың өзара байланысын қарапайым есептеумен сәйкестендіру моделі жасалды.

(3) әдетте пайдаланылатын бейімделгіш кеңейтілген Калман сүзгі алгоритмінің төмен сенімділігі мен төмен дәлдігін талдағаннан кейін, жақсы сенімділік пен жоғары дәлдікпен жетілдірілген алгоритм алынды.

1.2 Миллиметрлік толқынды радар және қолдану

Миллиметрлік толқынды радар әдетте ұшқышсыз көліктің кедергілерін анықтауда, қадағалауда және соқтығыс туралы ескертуде қолданылады. Ол негізінен Электронды сканер радары мен Қысқа қашықтық радар серияларын қамтиды, олардың ішінде өкқ және ққр 1-суретте көрсетілгендей кең көру бұрышы орта қашықтықтағы және тар көру бұрышы ұзақ қашықтықты біріктіретін «көп режимімен» ерекшеленеді. Миллиметрлік толқынды радардың жұмыс режимімен шектелген жалпы радарлар алдыңғы жағында өте тар аумақты ғана анықтай алады, сондықтан радардың екі жағы мен алдыңғы жағының екі жағы соқыр аймақтарға айналады. Радарларды анықтау бұрышын кеңейту үшін анықтау қашықтығы шектеледі. Бір ЭСР радары орта қашықтықтағы кең қамтудың және жоғары ажыратымдылықтағы ұзақ қашықтықты анықтаудың екі режимін де қамтамасыз ете алады. Орташа қашықтықтағы кең көру бұрышы бүйірден кесілген іргелес жолақтардағы көліктерді тауып қана қоймайды, сонымен қатар үлкен көліктердің арасында өтетін көліктер мен жаяу жүргіншілерді де анықтайды. ққр сериялы миллиметрлік толқынды радар, ұзақ қашықтыққа дәл қашықтық пен жылдамдық деректерін бере алады. 1.1-кесте ЭСР радарларының параметрлері, 1.1-суретте көрсетілгендей ЭСР радиолокациялық картасы және өлшеу диапазонының диаграммасы.



1.1 Сурет–Көп режимді электрондық сканерлеу радиолокациялық картасы және өлшеу диапазоны

1.1 Кесте–ЭСР радар параметрлері

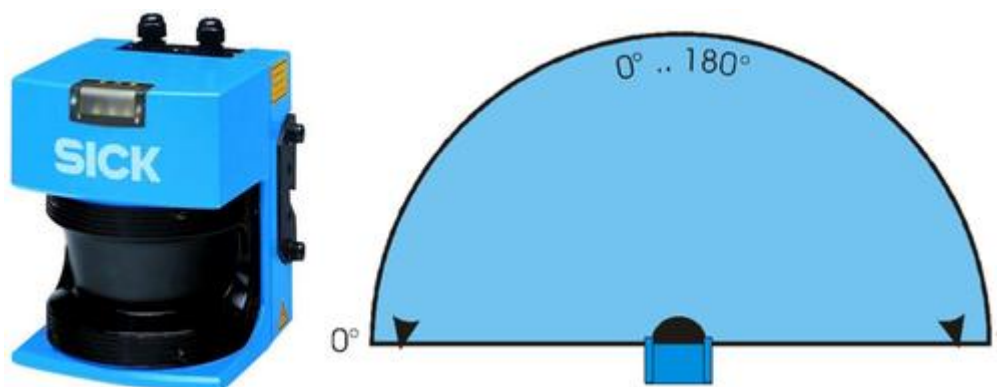
Параметрлері	Мәндері
жиілік арнасы	77 ГГц
тану периоды	50 мс
анықтау диапазоны (өндіріс)	180 м
анықтау диапазоны (нақты өлшеу)	50–100 м
көлденең бұрыш (өндіріс)	90°
көлденең бұрыш (нақты өлшем)	90°

1.3 Бір сызықты лазерлік радар және қолдану

Бір сызықты лазерлік радар – қарапайым құрылымы, аз қуат тұтыну, ыңғайлы пайдалану және т.б. артықшылықтары бар лазер сәулесін шығаратын радар. Ол кедергілерді, жол жиегін, жолды және трассаны және т.б. анықтауда кеңінен қолданылады. Ақаулары бар. тек бір сканерлеу сызығы болғандықтан, кедергілердің өлшемін, пішінін және басқа ақпаратын алуға және кедергілердің кедергісін шешуге қабілетсіздігіне әкелетін ақпарат мазмұнының жетіспеушілігі. 1.2-кесте - SICK бір сызықты лазерлік радар параметрлері, 1.2-суретте көрсетілгендей SICK бір сызықты лазерлік радар және өлшеу диапазоны диаграммасы.

1.2 Кесте–SICK бір сызықты лазерлік радар параметрлері

Параметрлері	Мәндері
тану периоды	80 мс
анықтау диапазоны (өндіріс)	80 м
анықтау диапазоны (нақты өлшеу)	40–50 м
көлденең бұрыш (өндіріс)	180°
көлденең бұрыш (нақты өлшем)	>180°



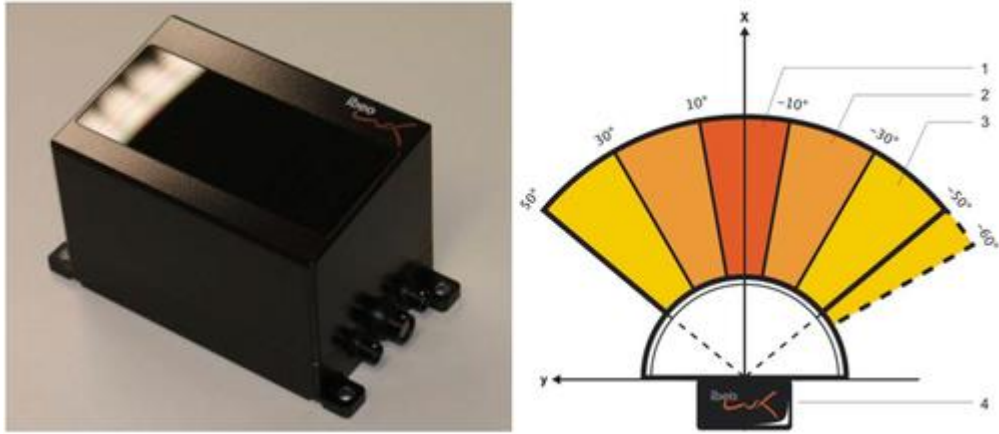
1.2 Сурет–SICK бір сызықты лазерлік радар және өлшеу диапазоны

1.4 Көп сызықты лазерлік радар және қолдану

Көп сызықты радар бір сымды радардың барлық функцияларына қол жеткізе алады, бір-бірін бөгеп тұрған кедергілердің мәселелерін ішінара шеше алады және кедергілердің биіктігін қамтамасыз етеді, бірақ дәлдігі нашар. 1.3-кесте - івео 4-сызық лазерлік радар параметрлері. 1.3-суретте івео 4 сызықты лазерлік радар және өлшеу диапазоны диаграммасы көрсетілген.

1.3 Кесте–Iveo 4 сызықты лазерлік радар параметрлері

Параметрлері	Мәндері
тану периоды	80 ms
көлбеу бұрышы	3.2°
анықтау диапазоны (өндіріс)	200 m
анықтау диапазоны (нақты өлшеу)	60–200 m
көлденең бұрыш (өндіріс)	110°
көлденең бұрыш (нақты өлшем)	110°



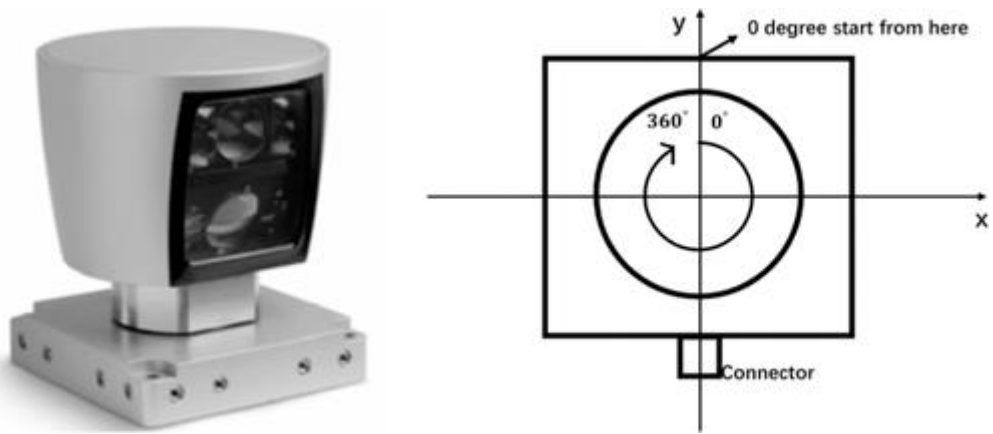
1.3 Сурет–Ibeo 4 сызықты лазерлік радар және өлшеу диапазоны

1.5 Үш өлшемді көп бағытты лазерлік радар және қолдану

Дәстүрлі бір сызықты немесе көп сызықты радар кедергілерді анықтау сияқты қарапайым функцияны ғана орындай алады, бірақ ол кедергілерді динамикалық бақылау, карта құру және т.б. сияқты нақты қоршаған ортаны қабылдау талаптарына жауап бере алмайды. 3D лазерлік радар интеллектуалды көліктердің қоршаған орта туралы дәлірек ақпараты интеллектуалды көлікті зерттеу саласында қолданылады. Олардың ішінде өкілдік үш өлшемді көп бағытты лазерлік радар Velodyne 64 сызықты лазерлік радар болып табылады. 1.4-кестеде Velodyne 64 сызықты лазерлік радар параметрлері берілген. 1.4-суретте Velodyne 64 сызықты лазерлік радар және өлшеу диапазоны диаграммасы көрсетілген.

1.4 Кесте–Velodyne 64 сызықты лазерлік радар параметрлері

Параметрлері	Мәндері
Тану периоды	200 ms
Анықтау диапазоны (өндіріс)	70 m
Тік бұрыш (өндіріс)	26°
Тік бұрыш (нақты өлшем)	>26°
Көлденен бұрыш (manufacture)	360°



1.4 Сурет–Velodyne 64 сызықты лазерлік радар және өлшеу диапазоны

1.6 Радар сенсорын интеллектуалды жүргізу ортасын қабылдауда қолдану

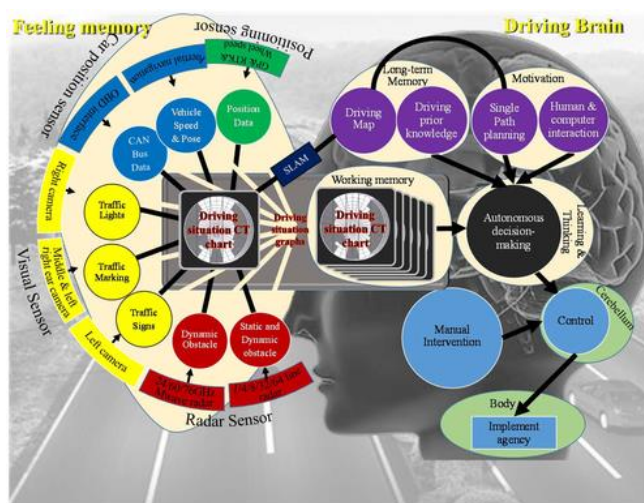
Зияткерлік көліктер белгісіз ортада автономды жүргізуге қол жеткізуді мақсат етеді, олар нақты уақытта әртүрлі орталарда сенімді сыртқы және ішкі ақпаратты ала алуы керек. Зияткерлік жүргізу технологиясын дамыту процесінде радар сенсоры қоршаған ортаны қабылдау үшін ең көп қолданылатындардың бірі болып табылады. АҚШ-тың DARPA Challenge-тен Қытайдың интеллектуалды көлік құралының болашақ шақыруына дейін, әрбір қатысушы дерлік интеллектуалды көлік радар сенсорларымен жабдықталған, қызыл тіктөртбұрыштармен белгіленген аумақтар әртүрлі типтегі радар сенсорларын, соның ішінде бір сызықты лазерлік радарды, көп сызықты лазерді пайдаланатын интеллектуалды көліктер болып табылады. радар, 1.5-суретте көрсетілгендей миллиметрлік толқынды радар.



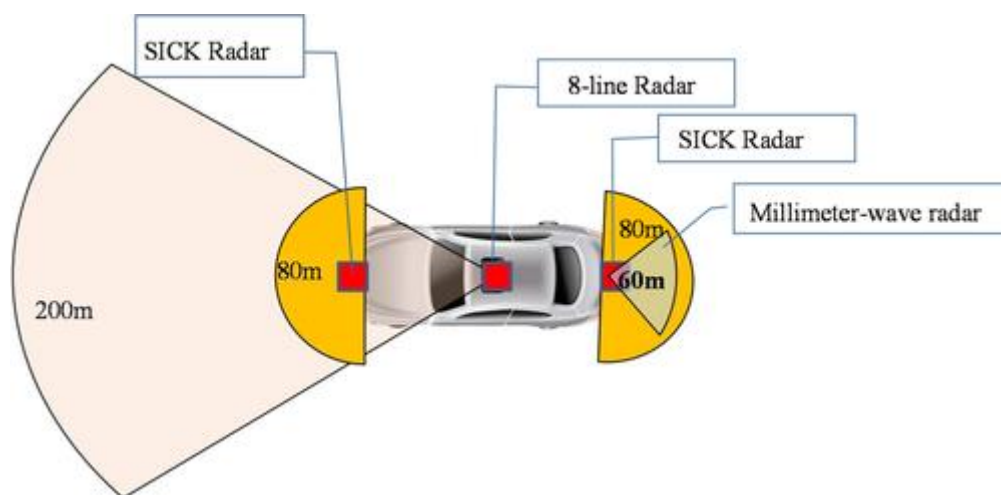
1.5 Сурет–Радар жабдығымен жабдықталған интеллектуалды көлік

1.7 Радиолокациялық сенсордың құрылымы және қоршаған ортаны қабылдау

Көлік құралдарын қоршаған ортаны интеллектуалды қабылдау технологиясы жол ақпаратын, жол белгілері туралы ақпаратты, жаяу жүргіншілер тәртібі туралы ақпаратты және перифериялық көлік ақпаратын және т.б. қамтиды. Ақпаратты көлік құралдарының әртүрлі сенсорлық жабдықтары алады, әртүрлі камералар, радарлар (мысалы, лазерлік) бар. радар, миллиметрлік толқынды радар, ультрадыбыстық радар, инфрақызыл радар және т.б.), GPS қабылдағыш, инерциялық навигация және т.б. Адам жүргізуші жолақты ауыстыру сияқты күрделі жүргізу операциясын орындағанда, ол жолақ қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін әртүрлі аймақтарға назар аударады. Радар сенсорының әртүрлі түрлері бар, олар гетерогенді сенсор нақты уақыттағы ақпаратты дәл шығаруды қамтамасыз етеді. Адамның тану ерекшелігінен сабақ ала отырып, біз миды басқаруға негізделген интеллектуалды көліктің технологиялық құрылымын ұсындық. 6-суретте көрсетілгендей. Әр түрлі интеллектуалды жүргізуді тестілеу платформасына жататын сенсордың үлгілері, көлемі және орнату орындары әртүрлі, ақпаратты өңдеу модульдері де әртүрлі. 1.7-суретте көрсетілгендей. Әр түрлі жүргізу карталарымен берілген ақпараттың түйіршіктілігі бекітілген стандартқа ие емес. Сондықтан ұшқышсыз басқару жүйесінің бағдарламалық модульдерінің мөлшері мен интерфейстері әртүрлі. Қозғалыс миын негізгі болу үшін пайдалана отырып және когнитивтік формализацияны жасай отырып, біз жүргізу когнитивтік тілінің формальды тілін пайдалана отырып, ұшқышсыз жүргізу жүйесінің жалпы бағдарламалық құралының құрылымын жасай аламыз. Архитектурада интеллектуалды шешім модульдері сенсор туралы ақпаратпен тікелей қосылмайды, ол сенсорлық ақпарат және картаның алдын ала ақпараты арқылы интеллектуалды шешімді аяқтау үшін жан-жақты жүргізу жағдайын құрайды және ол ауыспалы түйіршікті радар арқылы ақпаратты алатын әдісті пайдаланады. қабылдауды жалғастыру диаграммасы



1.6 Сурет—Жүргізуші интеллектуалды технологиясының архитектурасы

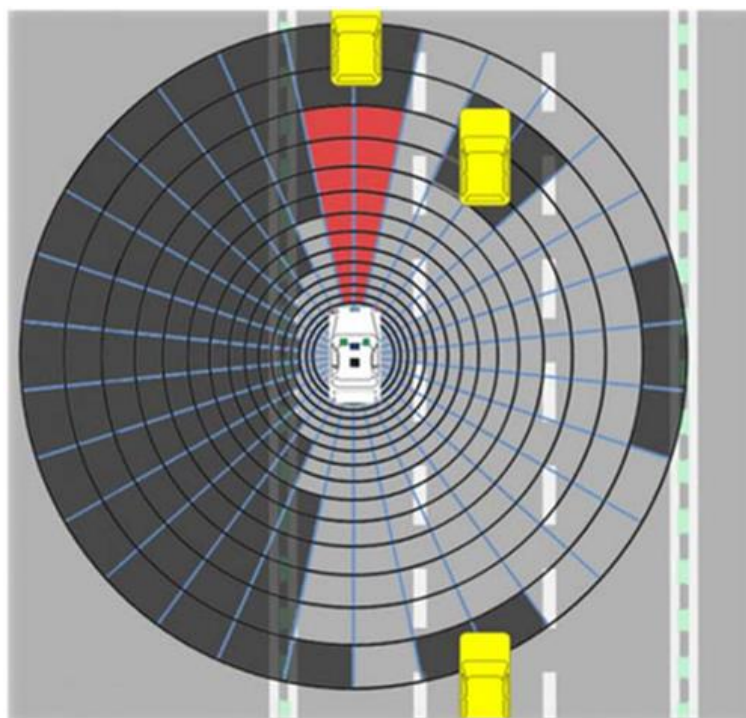


1.7 Сурет–Интеллектуалды көліктің аппараттық платформасы

Олардың ішінде сенсорлық ақпарат камера, лазерлік радар, миллиметрлік толқындық радар, біріктірілген позициялау жүйесі сияқты жабдықпен алынды. Радар сенсоры электромагниттік толқындар бастамасын іске қосу және эхо талдау нүктесі арқылы бұлт туралы ақпаратты алу арқылы статикалық, динамикалық кедергілерді анықтауды аяқтайды. Жарық өзгерістерінің әсері аз және беріктігі жоғары. Радиолокациялық сенсорды электромагниттік толқындардың толқын ұзындығына қарай лазерлік радар, миллиметрлік толқынды радар, инфрақызыл радар, ультрадыбыстық радар және басқа түрлерге бөлуге болады. Олардың арасында ең жоғары ажыратымдылыққа ие лазерлік радар интеллектуалды жүргізуді тестілеу платформалары арасында ең жиі қолданылатын сенсорлар болып табылады. Ажыратымдылығы жоғары радар тек статикалық және динамикалық кедергілерді анықтап қана қоймайды, сонымен қатар жолақтар мен жердегі қозғалыс белгілерін анықтау үшін шағылу қарқындылығын пайдалана алады. Лазерлік радар беретін жоғары дәлдіктегі нүктелік бұлт деректерін синхронды позициялау және картаны белгілеу үшін де пайдалануға болады. Ол көлік құралының нақты орнын ала отырып, қоршаған ортаның бұлтты моделін құра алады. Дегенмен, лазерлік радардың құны жоғары, ауа райы жағдайлары мен басқа факторлар көп әсер етеді. Миллиметрлік толқынды радар сонымен қатар интеллектуалды жүргізуді тестілеу платформасында кеңінен қолданылады. Миллиметрлік толқынды радар қоршаған ортадағы кедергінің қашықтығы мен жылдамдығын дәл анықтай алады. Оның құны төмен, ауа-райы және басқа да факторлар аздап әсер етті. Бұл лазерлік радарға пайдалы қосымша.

1.8 Айнымалы гранулярлық жолдың оң жақ радиолокациялық диаграммасын құру

Оң жақ жол - жол (t) ретінде жазылған көлік құралын қауіпсіз жүргізу шарттарына қажет жол кеңістігі мен уақытын білдіреді. Жолға иелік етудің радиолокациялық диаграммасы 1.8-суретте көрсетілгендей, радиолокациялық диаграмманың нысанын пайдалана отырып, автомобильдің жолды иеленуінің ағымдағы жағдайын анықтау және көрсетуді білдіреді.



1.8 Сурет—Оң жақ радар картасы

1.8-суреттегі ақ түсті көлік интеллектуалды көлікті, ал сары түсті көліктер басқа көліктерді көрсетеді. Жолға иелік ету радар диаграммасының қызыл бөлігі интеллектуалды көлік құралының ағымдағы жүргізу статистикасын көрсетеді. Көлеңкелі бөлік жолды интеллектуалды көлікпен иеленуге болмайтынын көрсетеді.

Айнымалы гранулярлық радар диаграммасы әртүрлі датчиктердің қоршаған ортаны қабылдау ақпаратымен бірге өзгермелі гранулярлық радар диаграммасының пішінін құру үшін және көлік құралы ала алатын жолды иелену кеңістігін және өзгеру тенденциясын көрсету үшін әртүрлі өлшемдерді пайдаланады. . Орнату әдісі келесідей:

I. Жолды иелену радар диаграммасы орталық ретінде көлік құралының геометриялық орталығын алады және шамамен 200 м радиусты қамтиды.

II. Зияткерлік көлікке жақынырақ болыңыз, жол иелену радар диаграммасының торының өлшемі кішірек, дәлдігі жоғары. Зияткерлік көліктен алысырақ болыңыз, жол иелену радар диаграммасының торының

өлшемі үлкенірек, дәлдігі төмен. Мысалы, тор радиалының минимумы 5 см, оның максимумы 400 см. Жолға иелік ету радар диаграммасының періште рұқсаты қозғалыстың алаңдаушылығына байланысты өзгеруі мүмкін, оны $\Delta = 1^\circ$ сияқты бекітуге де болады. Ол құрастырған айнымалы түйіршікті торды массив құрылымымен сәйкестендіруге болады.

III. Камера және радар сияқты сенсорлардың әртүрлі түрлері қоршаған ортаны дыбыс, жарық және электр, т.б. сияқты физикалық сигналдар арқылы қабылдайды. Оның жұмыс механизмі және көліктегі орнату орны бір-бірінен ерекшеленеді. Сенсордың бір түрі болса да, олардың дәлдігі, тиімді диапазоны және параметр параметрлері (мысалы, камераның фокустық қашықтығы, ақ баланс, лазерлік радардың сәйкестендіру қашықтығы және періште рұқсаты т.б.) әр түрлі болады. Біз әртүрлі датчиктер арқылы қабылданатын және өңделетін ақпаратты параметрді тіркеу және позицияны калибрлеу арқылы жол иелену радар диаграммасының бірыңғай координаттар жүйесіне түсіріп, сәйкес торға қарай белгілей аламыз. Тапсырманың мазмұны кедергінің биіктігін және сенімділік деңгейін т.б. қамтуы мүмкін.

IV. Жолға иелік әрқашан жүріп келе жатқан көлікте паразиттік болып табылады, көлік жылдамдығына қатысты және уақыт өте динамикалық түрде өзгереді. Оның жаңартылу мерзімі сенсордың сынама алу жиілігі және жүргізу күйі және т.б. сияқты факторлармен анықталады.

V. Көп класты сенсорды сынау нәтижелерін біріктіру кезінде біз жолды иеленудің қоршаған жағдайларын және өзгеру тенденциясын аламыз. Біз көлікті басқаратын модельдің жолағы және жол режимінің іргелес жолағы (солға бұрылысты, оңға бұрылысты, түзу сызықты, U сөзін U-бұрылуын қоса) сияқты негізгі жүргізуді басқару стратегиясымен негізгі платформаны қалыптастырамыз және жалғастырамыз. жергілікті жолды динамикалық жоспарлау және бірлескен навигация.

VI. Жолға иелік етудің радар диаграммасына сүйене отырып, адамның жүргізу тәжірибесімен ұштастыра отырып, көлік құралын басқару ережелерінің интеллектуалды базасын қалыптастыру және сапалы білімді сандық бақылауға түрлендіруді аяқтау тиімді болады.

Айнымалы түйіршікті радар диаграммасы нақты уақыт режимінде әртүрлі санаттардағы және әртүрлі орнату орындарындағы көліктегі сенсордың сезілген ақпаратының біріктірілуін жүзеге асыра алады және көлік құралы иеленетін жолдың меншік кеңістігін және оның өзгеру тенденциясын бағалай алады. Табиғи таным заңына сәйкес құрастырылған ұсақ түйіршікті, ірі түйіршікті айнымалы түйіршікті торлар интеллектуалды көлік ортасын қабылдау талаптарына жауап береді, адамның көлік жүргізу әрекетін тану бойынша модельдеу мен есептеуді аяқтау үшін сақтау орнын азырақ және есептеу ресурстарын пайдаланады. Ол интеллектуалды жүргізуді жүзеге асыру үшін маңызды техникалық қолдауды қамтамасыз етеді.

1.9 Айнымалы түйіршікті жолды иелену радиолокациялық диаграммасын пайдалана отырып ақпаратты алу әдісі

Зияткерлік көлік жолды иеленудің айнымалы түйіршікті радар диаграммасын пайдаланады. Ол әртүрлі сенсорлардың қоршаған ортаны қабылдау нәтижелерін біріктіре алады және интеллектуалды көлік жолына иелік етудің күйін және өзгеру тенденциясын көрсете алады. Бұл бөлімде айнымалы түйіршікті жолды иелену радар диаграммасының параметрлері мен есептеу әдісі.

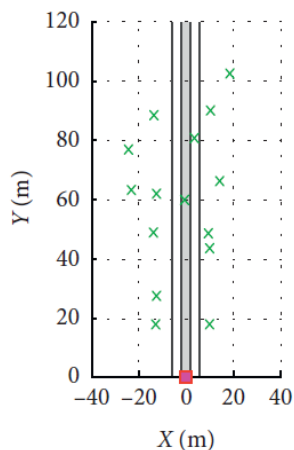
Жолға иелік етудің радар диаграммасы ақылды көлік жүргізу кезінде қауіпсіз қашықтықты қамтуы керек. Зияткерлік көліктің қауіпсіздік қашықтығын есептеу кезінде көліктің жылдамдығын, ықтимал ылғалды тайғақ жолды және жүргізушінің реакция уақытын ескеру қажет. «Жол қозғалысы қауіпсіздігі туралы» Заңды енгізу туралы ереженің 70-бабында экспресс жолдың жолақ жылдамдығына қол қоюы және максималды жылдамдығы 120 км/сағ аспауы керектігі көрсетілген.

Тайғақ жабынның адгезия коэффициенті $\mu=0,32$, жүргізушінің жалпы жауап беру уақыты T_f 0,35-тен 0,65 с аралығында. Қауіпсіздік үшін $T_f=0,65$ с, ал көлік жылдамдығы $V_m=120$ км/сағ алайық. Жауап беру уақытында көлік бірқалыпты алға қашықтықты $S_1 = V_m * T_f = 22$ м қозғалыс жасайды. Осыдан кейін тежейді және көлік біркелкі қозғалысты ілгері жылжытады

Қауіпсіздік қашықтығы $S=S_1+S_2=195$ м. Сондықтан жолдың меншікті радар диаграммасының радиусы <195 м болмауы керек.

2 РАДАР АРҚЫЛЫ НЫСАНАНЫ БАҚЫЛАУ АЛГОРИТІМІН ҚҰРУ

2.1 Радар арқылы нысананы бақылау схемасы



(а)

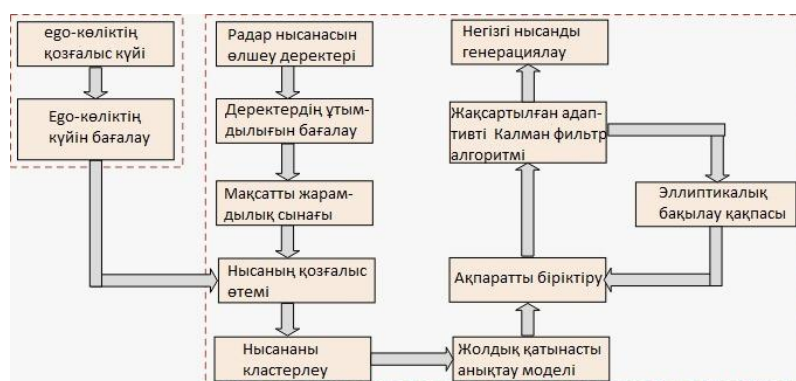


(б)

2.1 Сурет–Ашық көріністегі мақсатты өлшеу деректері.

(а)-суреті ашық кеңістіктегі мақсатты өлшем деректерін көрсету интерфейсі болып табылады. Көрсетілгендей, тиімді нысаналары жоқ ашық кеңістікте. (б)-суретте көрсетілгендей, көлік ашық жерде тұр.

Мұнда 2.1-суретте көрсетілгендей миллиметрлік толқынды радиолокациялық нысананы өлшеу деректеріне негізделген мақсатты бақылау процесінің бағыты ұсынылған.



2.2 Сурет–Миллиметрлік толқынды радардың нысананы бақылау процесі.

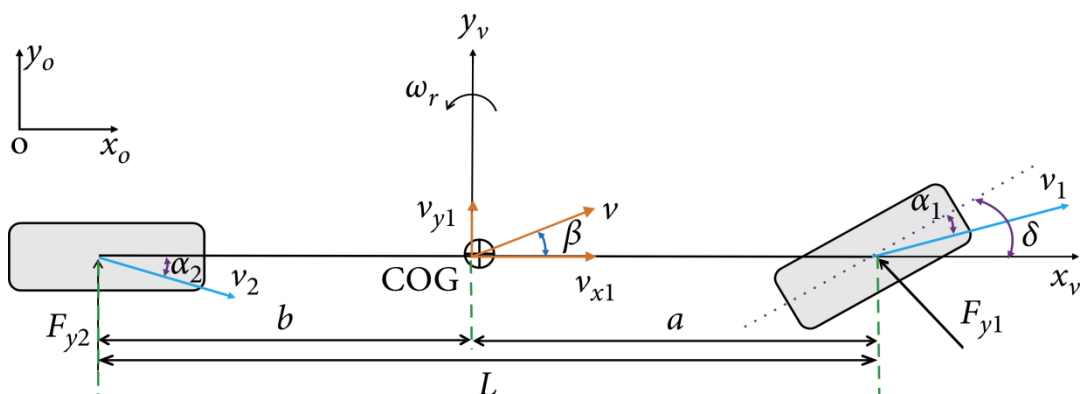
Бұл жұмыста радарларды анықтау ауқымынан тыс мақсатты өлшеу ақпаратын жою үшін деректердің ұтымдылығын бағалау әдісі қолданылады. Нысананың тиімділігін талдау арқылы жалған нысана мен бейберекетсіздікті

жоюға болады. Қисық жолда нысананың қозғалыс компенсациясына қол жеткізу үшін келесі екі қадам қабылданады. Біріншіден, көліктің бойлық жылдамдығын, бүйірлік жылдамдығын және бұрылу жылдамдығын алу үшін көліктің қозғалыс күйі туралы ақпарат сүзіледі және оның күйі бағаланады. Екіншіден, миллиметрлік толқынды радардың мақсатты өлшемі деректердің ұтымдылығымен бағаланады. Осы негізде және көлік құралының бойлық жылдамдығымен, бүйірлік жылдамдығымен және бұрылу жылдамдығымен үйлесімде миллиметрлік толқынды радардың мақсатты деректерінің қозғалысы өтеледі. Кедергілердің араласуына байланысты, бір ғана нақты нысана болса да, бірнеше мақсатты өлшеу деректері бар, сондықтан мақсатты өлшемнің кластерлік талдауы қажет. Жоғарыда айтылғандардың негізінде нысана-көлік құралының позициялық қатынасын бағалау үшін жолақ қатынасын сәйкестендіру моделі орнатылады, содан кейін әртүрлі жолақ позицияларындағы бірнеше нысананы қадағалау. Эллиптикалық бақылау қақпасына негізделген NN деректерін біріктіру әдісі сенсор мен объект көзімен алынған өлшем ақпараты арасындағы сәйкестікті анықтау үшін қолданылады. ІАЕКҒ алгоритмі мақсатты бақылаудың жоғары сенімділігі мен жақсартылған дәлдігіне ие болу үшін мақсатты бақылау үшін қолданылады.

2.2. Көлікжағдайын бағалау

Қазіргі уақытта ADAS функциясы негізінен автомобиль жолдарында қолданылады [23]. Көптеген магистральдар әдетте үлкен радиусы бар түзу немесе қисық және көліктің ауырлық орталығындағы бүйірлік үдеу аз болғандықтан, көліктің қозғалыс күйін 2-еркіндік дәрежесі негізінде жасалған Кальман сүзгісі арқылы бақылау ұсынылады. көлік динамикасының моделі және мұнда ұсынылған Кальман сүзгі теңдеуі.

2-еркіндік дәрежесі бар көлік құралының динамикалық үлгісінде рульдік жүйенің әсері еленбейді және алдыңғы доңғалақтың бұрышы тікелей кіріс ретінде қабылданады. Суспензияның әсері еленбегеннен кейін, көлік бөлігі тек жерге параллель қозғалады деп есептеледі; яғни көліктің z осі бойымен орын ауыстыруы, y осі айналасындағы биіктік бұрышы және x осінің айналасындағы орам бұрышы барлығы нөлге тең. Сондай-ақ, көліктің x осі бойынша жылдамдығы тұрақты деп есептеледі. Демек, көлік құралы y осі бойымен бүйірлік қозғалыста және z осі айналасындағы иілу қозғалысында тек екі еркіндік дәрежесіне ие. Көлік құралының ауырлық орталығындағы бүйірлік үдеу 0-ден 0,4 г-ге дейін ауытқиды, ал шиналардың ауытқу сипаттамалары сызықтық диапазонда. Сонымен қатар, дифференциалдық теңдеуді құру үшін ауа кедергісі және шинаның бүйірлік ауытқуы мен сол және оң жақ шиналардағы өзгерген жүктемеге байланысты қазіргі уақытта шинаның артқа қарай өзгеруі ескерілмейді. Көлік 3-суретте көрсетілгендей 2-DOF көлік құралының динамикалық моделіне [24] жеңілдетіледі.



2.3 Сурет–2-DOF көлік құралының динамикалық моделі.

x_0y_0 - геодезиялық координаттар жүйесі, ал x_vy_v - көлік координаталары жүйесі; oy_v – көлік құралының координаталар жүйесінің көлденең осі, ал ox_v – көлік құралының координаталар жүйесінің тік осі; δ - алдыңғы дөңгелектің бұрышы, ал α_1 және α_2 - сәйкесінше алдыңғы дөңгелектің бүйірлік бұрышы және артқы дөңгелектің бүйірлік бұрышы; F_{y1} - алдыңғы шинаға бүйірлік шинаның күші, ал F_{y2} - артқы шинаға бүйірлік шинаның күші; β - көліктің ауырлық центріндегі сырғанау бұрышы, v - көліктің ауырлық центріндегі жалпы жылдамдық, v_x - ауырлық центріндегі бойлық жылдамдық, v_y - ауырлық центріндегі бүйірлік жылдамдық; a - ауырлық центрінен алдыңғы шинаға дейінгі қашықтық, ал b - ауырлық центрінен артқы шинаға дейінгі қашықтық.

Бүйірлік күш тепе-теңдігі мен ауырлық центрінің айналасындағы момент тепе-теңдігіне сүйене отырып, келесі динамикалық теңдеуді алуға болады

$$\begin{cases} M * a_y = F_{y1} + F_{y2} \\ I_z * \vartheta'' = a * F_{y1} - b * F_{y2} \end{cases} \quad (2.1)$$

мұндағы a_y - бүйірлік үдеу, I_z - көлік құралының иілу инерция моменті, және ϑ - z осінің айналасында айналатын көлік құралының иілу бұрышы, сондықтан z осінің айналасында айналатын көліктің айналу жылдамдығы келесі формуланы қанағаттандырады.

$$\omega_r = \vartheta \quad (2.2)$$

Шинаның сызықтық ауытқу сипаттамаларын жоғарыдағы формулаға ауыстыру арқылы келесіні алуға болады [25]

$$\begin{cases} \ddot{\vartheta} = \frac{a^2 * K_1 + b^2 * K_2}{I_z * v_x} * \dot{\vartheta} + \frac{a * K_1 - b * K_2}{I_z} * \beta - \frac{a * K_1}{I_z} * \delta, \\ \dot{\beta} = \left(\frac{K_1 * a - K_2 * b}{M * v_x^2} - 1 \right) * \dot{\vartheta} + \frac{K_1 + K_2}{M * v_x} * \beta - \frac{K_1}{M * v_x} * \delta, \end{cases} \quad (2.3)$$

мұндағы K_1 - алдыңғы шинаның бұрылу қаттылығы және K_2 - артқы шинаның бұрылу қаттылығы. 2-еркіндік дәрежесі бар көлік құралының динамикалық моделі рульдік жүйенің әсерін елемейтіндіктен, келесіні алуға болады [26]:

$$\delta = \frac{\delta_{sg}}{i_{sg}} \quad (2.4)$$

мұндағы δ_{sg} – рульдік доңғалақтың бұрышы және i_{sg} – рульдік жүйенің беріліс қатынасы; β - көліктің ауырлық центріндегі сырғанау бұрышы. Көлік құралдары теориясына сүйене отырып, төмендегілерді алуға болады [27]:

$$\beta = \frac{v_y}{v_x} \quad (2.5)$$

2-DOF көлік құралының динамикалық моделі үшін күй теңдеуі [28]

$$\dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} \dot{v} \\ \dot{\beta} \end{bmatrix} = \mathbf{A} * \mathbf{x} + \mathbf{B} * \mathbf{u} + \mathbf{G} * \mathbf{w} = \mathbf{A} * \begin{bmatrix} v \\ \beta \end{bmatrix} + \mathbf{B} * [\delta_{sg}] + \mathbf{G} * \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

Өлшем теңдеуі болып табылады

$$\mathbf{z} = [\vartheta] = \mathbf{C} * \mathbf{x} + \mathbf{v} = \mathbf{C} * \begin{bmatrix} v \\ \beta \end{bmatrix} + \vartheta \quad (2.7)$$

Мұндағы

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \frac{a^2 * K_1}{I_z * v_x} & \frac{a * K_1 - b * K_2}{I_z} \\ \frac{K_1 * a - K_2 * b}{M * v_x^2} - 1 & \frac{K_1 + K_2}{M * v_x} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \frac{a * K_1}{i_{sg} * I_z} \\ \frac{b_1}{M_{sg} * M_x} \end{bmatrix}, \quad (2.8)$$

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ M v_x & M v_x \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{C} = [10]$$

ω_{m1} және ω_{m2} - бүйірлік жел әкелетін жүйелік шу, v - айналу жылдамдығы сенсорының бақылау шуы, ал ω_{m2} , ω_{m1} және v - корреляцияланбаған нөлдік орташа мән Гаусс ақ шуы; \mathbf{A} – күйдің ауысу

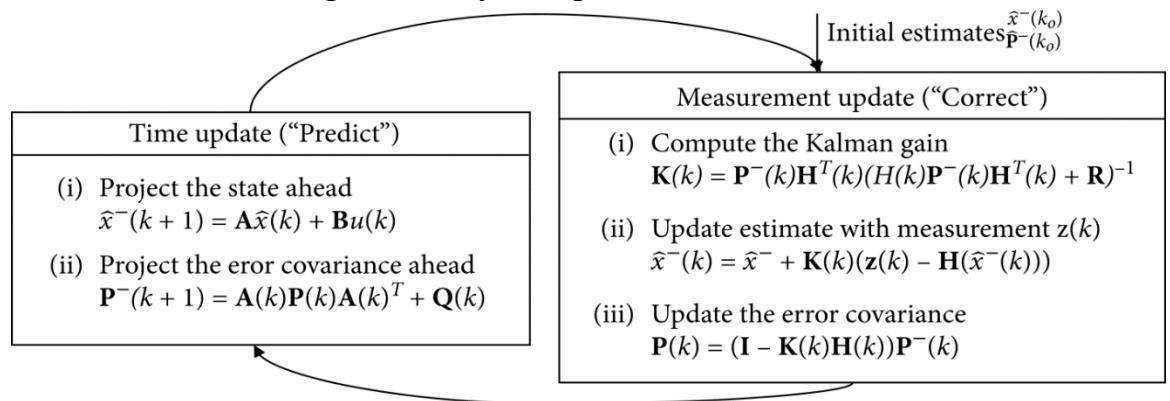
матрицасы, В – басқару матрицасы, G – жүйелік интерференция матрицасы, С – өлшем матрицасы.

Көліктің негізгі параметрлері 2.1-кестеде көрсетілген:

2.1 Кесте–Көлік моделінің параметрлері.

Белгіленуі	Бірлік	Параметр сипаттамасы
M	1800 (kg)	Көліктің массасы
I _z	2550 (kg*m ²)	z осінің айналасындағы инерция моменті
a	1.201 (m)	Центроидтан алдыңғы оське дейінгі қашықтық
b	1.769 (m)	Центроидтан артқы оське дейінгі қашықтық
i _{sg}	17.32	Рульді басқару коэффициенті
K ₁	1.71*10 ⁵ (N/rad)	Алдыңғы дөңгелектің бұрыштық қаттылығы
K ₂	1.32*10 ⁵ (N/rad)	Артқы дөңгелектің бұрыштық қаттылығы

Кальман сүзгісі – сызықтық оңтайлы сүзгі және оның өзегі – Кальман сүзгі теңдеуі [24]. Кальман сүзгі теңдеуі уақытты жаңарту процесін (болжау) және өлшемді жаңарту процесін (түзету) қамтиды. Уақытты жаңарту процесі белгілі ағымдағы уақыт жүйесінің күйінен келесі сәттің алдыңғы күйінің бағасын алу болып табылады. Өлшемді жаңарту процесі күй айнымалысының кейінгі бағалауын алу үшін уақытты жаңарту процесі кезіндегі алдыңғы күйді бағалауды сенсордың өлшеу деректерімен біріктіреді. 4-сурет осы құжатта қолданылатын Кальман сүзгі теңдеуін көрсетеді.



2.4 Сурет–Кальман сүзгі теңдеуінің схемалық диаграммасы.

$x(k+1)$ – $k+1$ кезіндегі күйді болжау мәні, H – бақылау матрицасы, $p(k+1)$ – $k+1$ кезіндегі қателік ковариация матрицасының болжау мәні, $u(k)$ – бақылау айнымалысы k кезінде, $K(k)$ – k кезіндегі кеңейтілген калмандық күшейту, ал $x(k)$ – k кезіндегі кеңейтілген Калман сүзгісінің бағалау мәні, онда I бірлік матрица; $x(k_0)$ – бастапқы уақыттағы күй айнымалысының математикалық күтуі, ал $p(k_0)$ – бастапқы уақыттағы күй айнымалысының қателік ковариациясы.

2.3 Миллиметрлік-толқын радары үшін мақсатты бақылау алгоритмі

2.3.1 Деректердің рационалдылығы туралы пікір

Бейімделетін круиздік бақылауды (АСС) анықтау немесе автономды авариялық тежеуді (АЕВ) тежеудің қашықтық талаптарын қанағаттандыру үшін бұл құжат «Интеллектуалды көлік жүйелері - Толық жылдамдық диапазонында адаптивті круиздік бақылау жүйелері» ағымдағы халықаралық стандарттары аясында деректердің ұтымдылығын анықтайды. -Өнімділік талаптары және сынақ процедуралары» және «Интеллектуалды көлік жүйелері - Алға көлік құралдарының соқтығысуы туралы ескерту жүйелері - Өнімділік талаптары және сынақ процедуралары».

1.2-кестеде миллиметрлік толқынды жеткізуші ұсынған борттық миллиметрлік радиолокациялық радиолокацияның нақты техникалық сипаттамалары көрсетілген. Оның анықтау диапазоны, өлшеу дәлдігі және ажыратымдылық сияқты негізгі техникалық параметрлері әдетте оның спецификациясында беріледі. Мұнда жеткізуші ұсынған ашық нысаналы өлшеу деректерімен 77 ГГц миллиметрлік толқынды радар пайдаланылады. Эго-көліктің қозғалыс жылдамдығына бағынатын ұзақ қашықтықтағы радар және орташа қашықтықтағы радиолокациялық жұмыс күйлері бар. Автокөліктің жүру жылдамдығы 80 км/сағ асатын болса және миллиметрлік толқынды радар ұзақ қашықтықтағы радар жұмыс режимінде болса, ол 120 м қашықтықты анықтау қашықтығына және шамамен 30 ° бұрышты анықтау диапазонына жетеді. Эго-көліктің жүру жылдамдығы 80 км/сағ-тан аз болғанда және миллиметрлік толқынды радар орташа қашықтықтағы радар жұмыс режимінде болғанда, ол 100м ең алыс анықтау қашықтығына және шамамен 50° бұрышты анықтау диапазонына жетеді.

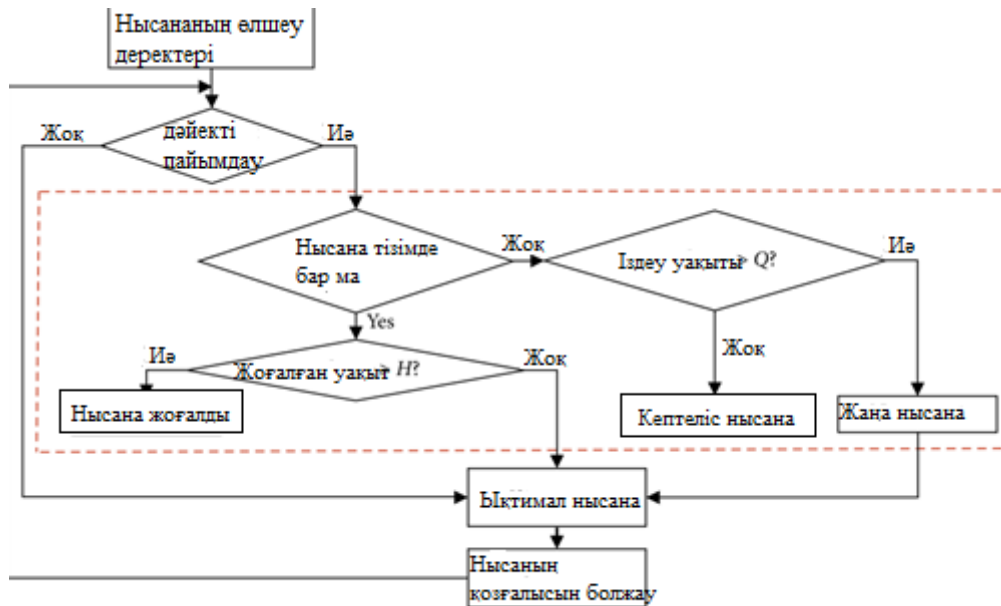
Нысананы қадағалау процесінде нысана-көлік құралы үш жолақта орналасады, сондықтан нысананы өлшеу бұрышы ретінде максималды миллиметрлік толқынды радиолокациялық анықтау бұрышы таңдалады, яғни $-50 < \theta < 50$.

Көлікжөғары жылдамдықпен келе жатқанда, кенеттен тоқтаған немесе төмен жылдамдықпен жүретін мақсатты көлік өте қауіпті. Сондықтан тиімді нысана ретінде радардың анықтау диапазонында нысана-көлік құралының Эго-көлікке қатысты салыстырмалы радиалды жылдамдығы таңдалады, яғни $-50 \text{ мс} < V < 50 \text{ мс}$.

Толық жылдамдық диапазонының АСС жүйесінің ең жоғары жылдамдықта үлкен саңылау болуы үшін тиімді нысана ретінде 100 метрдегі радиалды қашықтық нысанасы таңдалады, яғни $1 \text{ м} < R < 100 \text{ м}$.

2.4. Мақсатты жарамдылық сынағы

Мақсатты жарамдылық сынағы үздіксіз уақыт кезеңінде мақсатты өлшеу деректерін жазу және талдау арқылы нақты мақсат пен ретсіздікті ажырату болып табылады [29, 30]. 5-суретте мақсатты және шешім блок-схемасының жарамдылық сынағы көрсетілген. Мақсатты жарамдылық сынағы негізінен келесі үш қадамды қамтиды.



2.5 Сурет–Мақсат пен шешімнің блок-схемасының жарамдылығын тексеру.

Біріншіден, кезекті N іріктеу кезеңдерінің мақсатты өлшеу деректері жад блогында сақталады.

Екіншіден, жад блогында сақталған соңғы іріктеу кезеңінің мақсатты өлшеу деректері ағымдағы кезеңдегі нысананың қозғалыс күйін болжау үшін пайдаланылады.

$$\begin{bmatrix} x_{(n|n-1)} \\ y_{(n|n-1)} \\ v_{x(n|n-1)} \\ v_{y(n|n-1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & t & 0 \\ 0 & 1 & 0 & t \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{(n-1)} \\ y_{(n-1)} \\ v_{x(n-1)} \\ v_{y(n-1)} \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

Формуладағы айнымалы мәндердің $n-1$ және n таңбалары тиісінше алдыңғы іріктеу кезеңін және ағымдағы іріктеу кезеңін көрсетеді. $n|n-1$ сынама алу кезеңінің радиолокациялық өлшеу деректерін пайдалана отырып болжамды n сынама алу кезеңін білдіреді. x - бойлық қашықтық, y - бүйірлік

қашықтық, v_y - бүйірлік жылдамдық, v_x - бойлық жылдамдық. t – іріктеу уақыты.

Үшіншіден, (10) формуланы пайдалана отырып, ол деректердің ұтымдылығын бағалаудан кейін жіберілген мақсатты өлшенген мән мен алдыңғы циклдің мақсатты болжамды мәні арасындағы деректер сәйкестігін бағалауы керек.

$$\left\| \begin{bmatrix} x(n|n-1) \\ y(n|n-1) \\ v_x(n|n-1) \\ v_y(n|n-1) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x(n) \\ y(n) \\ v_x(n) \\ v_y(n) \end{bmatrix} \right\| \leq \begin{bmatrix} k_x \\ k_y \\ k_{vx} \\ k_{vy} \end{bmatrix}, \quad (2.10)$$

Егер n -ші іріктеу кезеңінің болжамды мәні және n -ші іріктеу кезеңінің өлшенген мәні (10) формуланы қанағаттандырса, n -ші іріктеу кезеңінің өлшенген мәні осы кезең ішінде жарамды мән болып саналады, сондықтан мақсатты қозғалыс күйін тікелей жаңартуға болады. . Егер n -ші сынама алу кезеңінің болжамды мәні және n -ші сынама алу кезеңінің өлшенген мәні (10) формуланы қанағаттандырмаса, n -ші сынама алу кезеңінің өлшенген мәні және сақтау аймағындағы бірнеше іріктеу кезеңіндегі мақсатты қозғалыс күйі: дәйектілік туралы шешімді орындаңыз.

Біз тиімді мақсаттардың генерациялау процесін білдіру үшін тиімді мақсатты өмірлік цикл әдісін енгіземіз. Тиімді мақсатты өмірлік циклді сипаттау үшін пайдаланылатын параметрлер келесідей: FindTime және LostTime.

FindTime n -ші іріктеу кезеңінің өлшенген мәнінің бірнеше іріктеу кезеңдеріндегі мақсатты қозғалыс күйіне сәйкес келетін уақыт санын көрсетеді. LostTime n -ші іріктеу кезеңінің өлшенген мәнінің бірнеше іріктеу кезеңдеріндегі мақсатты қозғалыс күйіне сәйкес келмейтін уақыт санын көрсетеді.

FindTime және LostTime параметрлерін орнату келесі екі функцияға ие:

(1) FindTime радардың өзі тұрақсыз жұмыс істеуіне байланысты қысқа мерзімде анықталуы мүмкін кептелу нысандарын жоққа шығарады.

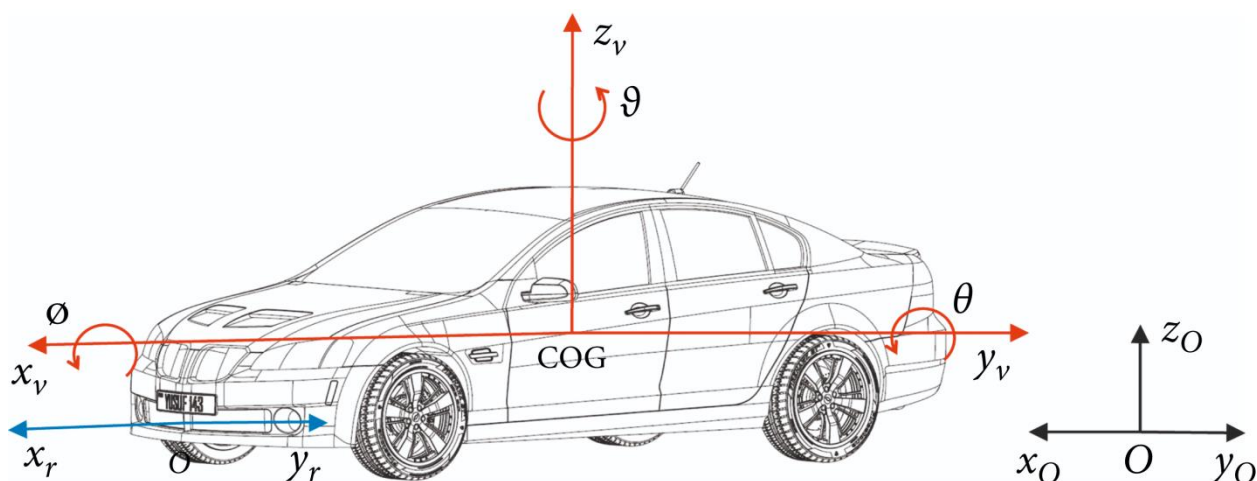
(2) LostTime жүргізу процесінде көлік құралының кездейсоқ соққылары мен тербелістеріне байланысты нақты мақсаттың уақытша жоғалуын қысқа мерзімде жоя алады.

5-суреттегі Q және N сәйкесінше мақсатты қозғалыс күйінің сәйкестік шегін және мақсатты қозғалыс күйінің сәйкессіздік шегін білдіреді. Мәтіндегі мәндер сәйкесінше 6 және 10.

2.5. Мақсатты қозғалыс өтемі

Бір мақсатты қозғалыс күйінің сипаттамасы әртүрлі анықтамалық жүйелерде өзгеретінін динамикадан білуге болады. Сондықтан мақсатты қозғалысты сипаттайтын координаттар жүйесін нақтылау маңызды.

Мұндағы үш координаттар жүйесі сәйкесінше, көлденең жердегі геодезиялық координаталар жүйесі $x_0y_0z_0$, көлік құралының ауырлық центрімен сәйкес келетін координаталар жүйесі $x_vy_vz_v$ және миллиметрлік толқынды радиолокациялық координаталар жүйесі x_ry_r болып табылады. Сурет 6. Миллиметрлік толқынды радиолокатор көлік құралының алдыңғы жағына бекітілген және радиолокациялық сәуле көлік құралының бойлық осіне тураланған. Демек, миллиметрлік толқынды радиолокациялық координаталар жүйесі x_ry_r көлік құралының қозғалысының координаттар жүйесі $x_vy_vz_v$ параллель болып табылады. Радар x осінің бағыты көлік құралының қозғалыс координаталар жүйесіндегі тік ось x_v бағытымен бірдей. Радар y_r осінің бағыты көлік қозғалысының координаталар жүйесіндегі бағытпен бірдей.

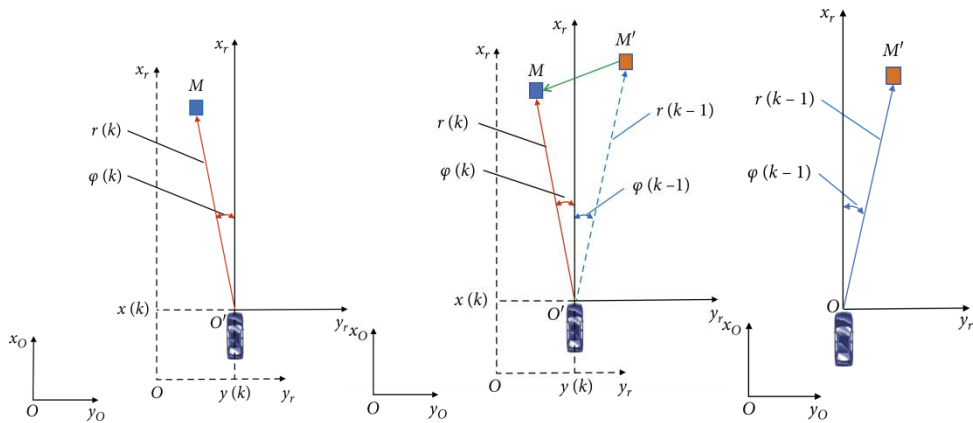


2.6 Сурет–Координат жүйесі

Нысаналы позицияның орнын толтырудың негізгі идеясы - миллиметрлік толқынды радиолокациялық координат жүйесінен нысаналы тарихи күй ақпаратын ағымдағы миллиметрлік толқынды радиолокациялық координат жүйесіне түрлендіру. Нысаналы тарих күйінің ақпараты ағымдағы уақыттағы радиолокациялық координаттар жүйесіндегі алдыңғы сәттегі радиолокациялық өлшеу деректерінің орнын білдіреді. Мақсатты позицияны өтеу миллиметрлік толқынды радардағы мақсатты бақылау кезінде деректерді байланыстырудың дәлдігін жақсартуға көмектеседі.

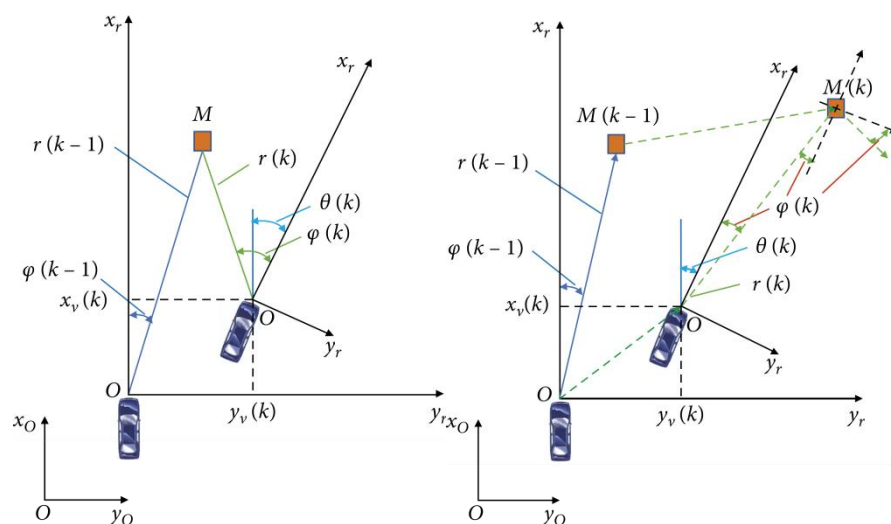
2.6-суретте көрсетілгендей, тарихи күй ақпаратын және қозғалыстың орнын толтыру принципін жақсырақ түсіндіру үшін қозғалыстың орнын

толтыру процесі көлікқұралының трансляциялық қозғалысы арқылы суреттелген. Радардың алдында қозғалмайтын нысана-көлік А бар деп болжанады, ал КөлікХҮ жазықтығында трансляциялық қозғалысты орындайды. 7(a)-суретте көрсетілгендей, $T = (k - 1) t$ уақытында көлікО нүктесіне жылжиды, ал радиолокациялық өлшеу нысана-көлігінің мәні $[r(k-1), \varphi(k-1)]$. 7(b)-суретте көрсетілгендей, $T = (k) * t$ уақытында көлікО' нүктесіне жылжиды, ал радиолокациялық өлшеу нысана-көлігінің мәні А. 7(c)-суретте көрсетілгендей, М' нысана-көлік құралының радиолокациялық мәнін $T = (k - 1) * t$ кезінде өлшенген, $T = (k) * t$ кезіндегі радиолокациялық координаттар жүйесіндегі орнын білдіреді. Көлік құралының қозғалыс компенсациясы ескерілмесе, мақсатты көлік А М'-дан М-ге $T = (k - 1) * t$ -ден $T = (k) * t$ -ге дейін жылжиды. Дегенмен, қозғалмайтын нысана-көлік А үшін нәтижесінде орын ауыстыру нөлге тең болуы керек. Мұндағы нысаналы тарих күйінің ақпараты нысана-көлік құралының радиолокациялық мәні $[T = (k - 1) * t]$ М' бойынша өлшенген, $T = (k) * t$ нүктесінде радиолокациялық координаттар жүйесіндегі орынға сілтеме жасайды. Мақсатты қозғалыс өтемі өте маңызды екені анық.



2.7 Сурет–Нысаналы көлік қозғалысын өтеудің мысалы. (a) $T = (k - 1) * t$. (b) $T = (k) * t$. (c) $T = (k) * t$.

Мақсатты позицияны өтеу принципі 27-суретте көрсетілген. Миллиметрлік толқынды радардың сынама алу уақыты t , ал ХҮ радиолокациялық сәуле жазықтығында М нысанасы бар. $T = (k - 1) * t$ кезінде миллиметрлік толқынды радар арқылы алынған мақсатты М позициясының өлшемі $[r(k-1), \varphi(k-1)]$ болып табылады. $T = (k - 1) * t$ кезінде Эго-көліктің бүйірлік жылдамдығы $v_y(k-1)$, бойлық жылдамдығы $v_x(k-1)$ және бұрылу жылдамдығы $\omega(k-1)$ көлік құралының қозғалыс күйі арқылы алынуы мүмкін бағалау.



2.8 Сурет–Мақсатты қозғалыстың орнын толтыру принципі. (а) Лауазымды өтеу принципі. (б) Позацияны өтеу жылдамдығы.

$T = (k - 1) * t$ нүктесіндегі тарихи позицияның орны миллиметрлік толқынды радиолокациялық координат жүйесіндегі $T = (k) * t$ орнындағы позиция ретінде (11) формуламен өрнектеледі.

$$r(k | k - 1) = [(x(k - 1) - x_v(k))^2 + \dots + (y(k - 1) - y_v(k))^2]^{1/2} \quad (2.11)$$

$$\varphi(k | k - 1) = \arctan \left[\frac{y(k-1) - y_v(k)}{x(k-1) - x_v(k)} \right] + \theta(k) \quad (2.12)$$

мұндағы

$$\begin{aligned} x(k - 1) &= \gamma(k - 1) * \cos(\varphi(k - 1)) \\ y(k - 1) &= \gamma(k - 1) * \sin(\varphi(k - 1)) \\ x_v(k) &= v_x(k - 1) * t \\ y_v(k) &= v_y(k - 1) * t \\ \theta(k) &= \omega(k - 1) * t \end{aligned} \quad (2.13)$$

мұндағы $r(k|k-1)$ және $\varphi(k|k-1)$ сәйкесінше $T = (k) * t$ кезінде радиолокациялық полярлық координаталар жүйесіндегі салыстырмалы радиалды қашықтық және азимут. Салыстырмалы радиалды қашықтық пен азимут $T = (k - 1) * t$ кезінде өлшенеді. $r(k-1)$ және $\varphi(k-1)$ сәйкесінше $T = (k - 1) * t$ нүктесіндегі миллиметрлік толқынды радиолокациялық полярлық координаталар жүйесіндегі нысананың салыстырмалы радиалды қашықтығы және азимуты; $x(k-1)$ және $y(k-1)$ сәйкесінше $T = (k - 1) * t$ нүктесіндегі миллиметрлік толқынды радиолокациялық декарттық координаттар жүйесіндегі нысананың бойлық және бүйірлік арақашықтықтары; $x_v(k)$, $y_v(k)$, $\theta(k)$ және $T = (k - 1) * t$ -тен $T = (k) * t$ дейінгі көлікқұралының бойлық орын ауыстыруын, бүйірлік орын ауыстыруын және иілу бұрышын білдіреді, тиісінше. $v_x(k-1)$, $v_y(k-1)$ және $T = (k - 1) * t$ кезіндегі

көлікқұралының бойлық жылдамдығы, бүйірлік жылдамдығы және бұрылу жылдамдығы.

Нысаналы жылдамдықты компенсациялау принципі 8(б) суретте көрсетілген, ал радиолокациялық сәуленің ХҮ жазықтығында М нысанасы бар. Т $T = (k - 1) * t$ мәнінен $T = (k) * t$ мәніне өзгерген кезде М нысанасы $M(k - 1)$ күйінен $M(k)$ позициясына жылжиды. $T = (k - 1) * t$ кезінде миллиметрлік толқындық радар М нысанасының өлшемін $[r(k - 1), \varphi(k - 1)]$ ретінде алады. $T = (k) * t$ кезінде ол М нысанасының өлшемін $[r(k), \varphi(k)]$ ретінде алады.

(11) және (12) формулаларға сәйкес $T = (k - 1) * t$ нүктесіндегі нысананың тарихи орнын $T = (k) * t$ нүктесіндегі миллиметрлік толқындық радиолокациялық декарттық координаталар жүйесінде келесідей көрсетуге болады:

$$\begin{aligned} x(k | k - 1) &= \gamma(k | k - 1) * \cos(\varphi(k | k - 1)) \\ y(k | k - 1) &= \gamma(k | k - 1) * \sin(\varphi(k | k - 1)) \end{aligned} \quad (2.14)$$

мұндағы $x(k|k-1)$ және $y(k|k-1)$ сәйкесінше $T = (k) * t$ нүктесінде радиолокациялық декарттық координаттар жүйесіндегі салыстырмалы бойлық қашықтықты және салыстырмалы бүйірлік қашықтықты білдіреді. Салыстырмалы бойлық қашықтық және салыстырмалы бүйірлік қашықтық $T = (k - 1) * t$ кезінде өлшенеді.

Миллиметрлік толқынды радардағы нысананың жылдамдығын декарттық координаталар жүйесінде былай көрсетуге болады

$$v_{Tar_rx}(k) = \& \frac{[x(k) - x(k|k-1)]}{t} = v_{Tar_x}(k) - v_x(k) - \omega(k) * r(k) * \sin(\varphi(k)) \quad (2.15)$$

$$v_{Tar_ry}(k) = \& \frac{[y(k) - y(k|k-1)]}{t} = v_{Tar_y}(k) - v_y(k) - \omega(k) * r(k) * \cos(\varphi(k)) \quad (2.16)$$

$$x(k) = \gamma(k) * \cos(\varphi(k)) \quad (2.17)$$

$$y(k) = \gamma(k) * \sin(\varphi(k)) \quad (2.18)$$

(15) және (16) формулалар бойынша геодезиялық координаттар жүйесіндегі нысананың нақты жылдамдығы

$$\begin{aligned} v_{Tar_x}(k) &= v_{Tar_rx}(k) + v_x(k) + \omega(k) * r(k) * \sin(\varphi(k)) \\ v_{Tar_y}(k) &= v_{Tar_ry}(k) + v_y(k) - \omega(k) * r(k) * \cos(\varphi(k)) \end{aligned} \quad (2.19)$$

мұндағы $v_{Tar_rx}(k)$ және $v_{Tar_ry}(k)$ тиісінше $T = (k) * t$ нүктесінде миллиметрлік толқынды радиолокациялық координаттар жүйесіндегі нысананың бойлық және бүйірлік жылдамдықтарын білдіреді; $v_{Tar_rx}(k)$ және $v_{Tar_ry}(k)$ сәйкесінше $T = (k) * t$ нүктесінде геодезиялық координаттар жүйесіндегі нысананың бойлық және бүйірлік жылдамдықтарын білдіреді;

$[r(k), \varphi(k)] - T = (k) * t$ кезінде миллиметрлік толқынды радармен алынған M нысанасының өлшеу деректері.

Кедергілердің араласуына байланысты, бір ғана нақты нысана болса да, бірнеше мақсатты өлшеу деректері болуы мүмкін. Бірнеше мақсатты өлшемдерді бір нысанаға кластерлеу үшін осы құжатта Манхэттен қашықтығы арқылы нысаналарды кластерлеу орындалады. Екі нүктеде кластерлеуге арналған Манхэттен қашықтық формуласы

$$\begin{cases} |x_i - x_j| < \text{Threshol_d}_x \\ |y_i - y_j| < \text{Threshol_d}_y \\ |V_{\text{Tar_rx_i}} - V_{\text{Tar_rx_j}}| < \text{Threshol_V}_x \\ |V_{\text{Tar_ry_i}} - V_{\text{Tar_ry_j}}| < \text{Threshol_V}_y \end{cases} \quad (2.20)$$

мұндағы Threshol_dx - бойлық қашықтықты кластерлеу шегі, Threshol_dy - бүйірлік қашықтықты кластерлеу шегі, Threshol_V_x - бойлық жылдамдықты кластерлеу шегі, Threshol_V_y - бүйірлік жылдамдықты кластерлеу шегі.

Миллиметрлік толқынды радардың анықтау диапазонында екі нүкте бар деп есептеледі. Анықталған нүктелер мен миллиметрлік толқынды радарлар арасындағы қашықтық сәйкесінше (x_{i3}, y_i) және (x_{j3}, y_j) , ал жылдамдық $(V_{\text{tar_rx}_i}, V_{\text{tar_ry}_i})$ және $(V_{\text{tar_rx}_j}, V_{\text{tar_ry}_j})$ сәйкесінше.

2.6. Жолақ қатынасының сәйкестендіру моделі

Нысана-көлік пен көлікарасындағы позициялық қатынасты анықтау үшін нысана-көлік пен көлікарасындағы бүйірлік орын ауыстыруды зерттеу қажет. Көлікпен нысана-көлік қисық жолда жүргенде, нысана-көлік пен көлікарасындағы бүйірлік орын ауыстыру жолдың қисықтығына қатты ұшырайды. Сондықтан жолдың қисаюын анықтау нысананың позициялық қатынасын бағалаудың маңызды параметрі болып табылады.

Жалпы алғанда, автокөлік жүретін жолдың қисаюын оның жылдамдығы, иілу жылдамдығы, руль дөңгелегі бұрышы және жалпы доңғалақ негізі арқылы болжауға болады. Автокөлік жоғары жылдамдықпен қозғалған кезде шинаның иілу бұрышы руль орталығының өзгеруіне әкелетіндіктен, көлік руль дөңгелегі бұрышында жүретін жолдың қисаюын болжау төмен жылдамдық жағдайына ғана қолданылады. Көлік құралының қозғалыс траекториясын болжау көлік құралы тұрақты күйде жүргенде орындалатындықтан, бұл әдіс көлік құралының түзу немесе қисық жолда тұрақты жүріп өткеніне ғана қатысты. Көлік иілуге немесе одан алыстауға жақын болғанда немесе басқа тұрақсыз қозғалыс күйлері жағдайында нақты бағалау мүмкін емес.

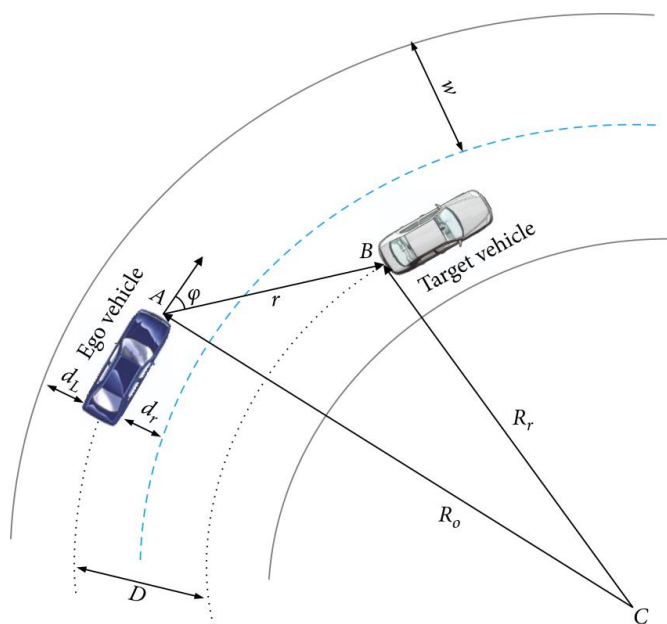
Жоғарыда келтірілген талдау негізінде автокөліктің жол қисаюын бағалау үшін мына формула қолданылады:

$$\kappa = \begin{cases} \frac{\omega}{v_x}, & v > 15\text{km/h} \\ \frac{\delta}{i_{sg}L}, & v \leq 15\text{km/h} \end{cases} \quad (2.21)$$

Мұндағы L – жалпы доңғалақ базасы.

Олардың сол және оң жақ қисық жолдардың мақсатты жолақ қатынасын анықтау принципі ұқсас болғандықтан, ішінара айнымалылардың таңбаларын тек өзгерту қажет. Осылайша, қисық жолда нысана-көлік пен көлікарасындағы жолақ қатынасын анықтау моделі оңға бұрылу арқылы суреттелген.

9-суретте оңға бұрылу жолының қатынасы көрсетілген. Миллиметрлік толқынды радар автокөліктің алдыңғы бамперінің орталық A нүктесінде орнатылған. Миллиметрлік толқынды радар нысана-көлік құралының B орта нүктесін анықтайды және A мен B арасындағы r қашықтығы миллиметрлік толқынды радиолокациялық анықтау нысанасының салыстырмалы радиалды қашықтығы болып табылады деп болжанады. A - B сызығы мен көлікқұралының медиальдық осі арасындағы φ бұрышы миллиметрлік толқынды радиолокациялық анықтау нысанасының азимуты болып табылады. Нысана-көлік құралы Эго-көліктің медиальдық осінің оң жағында болғанда, азимут $\varphi > 0$, ал нысана-көлік сол жақта болғанда, азимут $\varphi < 0$. W – стандартты жолақ ені, d_L – көлік құралы мен сол жақ жолақ сызығы арасындағы қашықтық, ал d_R – көлік құралы мен оң жолақ сызығы арасындағы қашықтық. R_r – мақсатты көлік жүретін жолақтың радиусы. жүреді, ал R_o - көлік жүретін жолдың радиусы. D - көлік құралы мен мақсатты көлік арасындағы бүйірлік қашықтық.



2.9 Сурет–Оңға бұрылу қисық жолақ қатынасын анықтау

Тригонометриялық функциялардағы косинус теоремасынан қорытынды жасауға болады

$$R_r^2 = R_0^2 + r^2 - 2R_0 * r * \cos(90^\circ - \varphi) \quad (2.22)$$

Демек, нысана-көлік пен көлікарасындағы бүйірлік қашықтық

$$D=R_r - R_0 \quad (2.23)$$

Нысаналы көлік пен эго көлік бір жолақта болған кездегі сәйкестендіру моделі

$$\begin{cases} |D| \leq d_R + \frac{1}{2}B + \frac{1}{2}M, & D < 0 \\ D \geq |d_L| + \frac{1}{2}B + \frac{1}{2}M, & D > 0 \end{cases} \quad (2.24)$$

Мұндағы В - көлік құралының ені, ал М - жолақты белгілеу сызығының ені.

Нысаналы көлік көлік құралының сол жағындағы көрші жолақпен қозғалғанда сәйкестендіру моделі

$$|d_L| + \frac{1}{2}B + \frac{1}{2}M < D < |d_L| + \frac{1}{2}B + \frac{1}{2}M + W \quad (2.25)$$

Нысаналы көлік көлік құралының оң жағындағы көрші жолақпен қозғалғанда сәйкестендіру моделі

$$d_R + \frac{1}{2}B + \frac{1}{2}M < |D| < d_R + \frac{1}{2}B + \frac{1}{2}M + W \quad (2.26)$$

Жақсартылған адаптивті кеңейтілген Калман сүзгісіне негізделген мақсатты бақылау

Көлік жолда жүріп келе жатқанда, миллиметрлік толқынды радар көліктің алдындағы нысандарды, соның ішінде көлік құралдарын және жолды тексеру оқшаулау белдіктерін анықтайды. Бұл нысаналарда тік қозғалыс немесе тік бағытта шағын қозғалыс жылдамдығы жоқ, сондықтан тек ХҮ жазықтығындағы нысана-көлік құралының қозғалысын ескеру қажет. Нысана-көлік қозғалысының күйі шағын ұтқырлықпен сипатталатындықтан, алдыңғы нысана-көлік құралының қозғалыс күйін сипаттау үшін миллиметрлік-толқынды радиолокациялық қозғалыс координаталар жүйесі негізінде тұрақты үдеу (СА) моделі белгіленеді.

Нысаналы қозғалысты бейнелегенде нысана оның пішініне қарамастан кеңістіктегі нүкте ретінде қарастырылады. Нысананың қозғалыс күйі Ньютон

кинематикасының заңдарына сәйкес сипатталады. Мақсатты қозғалыс күйінің үлгісі келесідей:

$$x(k + 1) = A * x(k) + B \times w(k) \quad (2.27)$$

Мұндағы мақсатты қозғалыс күйінің векторы $X=[x,y,x',y',x'',y'']$ миллиметрлік толқынды радиолокациялық декарттық координаталар жүйесіндегі нысана-көлік құралының қозғалыс күйін сипаттауға арналған, мұндағы (x, y) , (x', y') және (x'', y'') сәйкесінше миллиметрлік толқынды радиолокациялық декарттық координаттар жүйесіндегі нысана-көлік құралының орнын, жылдамдығын және үдеуін білдіреді.

A – күйдің ауысу матрицасы, B – шуылға негізделген матрица, ал $w(k)$ – k нүктесіндегі технологиялық шу:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & t & 0 & \frac{t^2}{2} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & t & 0 & \frac{t^2}{2} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & t & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & t \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.28)$$

$$B = \begin{bmatrix} \frac{t^2}{2} & 0 \\ 0 & \frac{t^2}{2} \\ t & 0 \\ 0 & t \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Миллиметрлік толқынды радар принципіне сәйкес, миллиметрлік толқынды радар нысана-көлік құралы мен көлікарасындағы салыстырмалы радиалды қашықтықты R және салыстырмалы радиалды жылдамдықты V өлшейді. Мұндағы мақсатты бақылау көлік құралының миллиметрлік толқынды радиолокациялық координат жүйесіне негізделген. Нысананың k нүктесіндегі орны $(x(k), y(k))$, жылдамдығымен $(x'(k), y'(k))$ болып қабылданады. Z бақылауы үдеуден және R салыстырмалы радиалды қашықтықтан, сондай-ақ нысана-көлік пен Көлікарасындағы салыстырмалы радиалды жылдамдықтан V тұрады, мұнда салыстырмалы радиалды қашықтық R және салыстырмалы радиалды жылдамдық V миллиметрден өлшенеді. -толқындық радиолокациялық сәулелену және шағылысқан толқын, ал жеделдету алдыңғы және артқы уақыт пен сынама алу уақыты арасындағы жылдамдық айырмашылығының қатынасы негізінде есептеледі. Бақылау теңдеуі болып табылады

$$Z(k) = \begin{cases} Z_1(k) = R(k) = \sqrt{x^2(k) + y^2(k)} + v_1(k), \\ Z_2(k) = V(k) = \sqrt{\dot{x}^2(k) + \dot{y}^2(k)} + v_2(k), \\ Z_3(k) = a_x(k) = \frac{(x(k)-x(k-1))}{t} + v_3(k), \\ Z_4(k) = a_y(k) = \frac{(y(k)-y(k-1))}{t} + v_4(k), \end{cases} \quad (2.29)$$

мұндағы a_x – бойлық үдеу, a_y – бүйірлік үдеу, $v_i(k)$ – k нүктесіндегі бақылау шуы; t – іріктеу уақыты.

(25) және (27) теңдеулер сәйкесінше күй теңдеуі және бақылау теңдеуі болып табылады. Жүйе моделінде көрсетілгендей күй теңдеуі сызықтық, ал бақылау теңдеуі сызықтық емес. Бақылау теңдеуі сызықты емес болғандықтан, миллиметрлік толқынды радарға негізделген мақсатты бақылау жүйесі сызықты емес.

Ауадағы миллиметрлік толқынды радиолокатордың бақылау шуының статистикалық параметрлері жиі белгісіз және уақыт өте өзгертіндіктен, шудың статистикалық параметрлерін есептеу үшін адаптивті кеңейтілген Кальман сүзгісінің алгоритмі қолданылады. Біріншіден, ол күйді болжау мен күйді түзетуді қайталау арқылы жүйе күйін бағалайды және жаңартады, содан кейін статистикалық шуды бағалау құралы арқылы шу статистикасын онлайн есептейді және түзетеді.

Кеңейтілген Калман сүзгісі (EKF) рекурсивті алгоритм негізінде және сызықтық бейтарап және минималды дисперсия сынағы бойынша сенсорды өлшеу сигналдарынан қажетті сигналды алу үшін оңтайлы бағалау әдісі болып табылады. Ол компьютерде есептерді шешуге қолайлы және аз есептеу мен жадты қажет етеді, сондықтан технологияда кеңінен қолданылады [31, 32]. Оны жүзеге асыру кезеңдері төмендегідей.

1-қадам. Болжам

$$\begin{aligned} \hat{x}(k | k - 1) &= f(\hat{x}(k - 1), u(k - 1), 0) \\ P(k | k - 1) &= A(k) * P(k - 1) * A^T(k) + Q(k) \end{aligned} \quad (2.30)$$

2-қадам. түзету

$$S(k | k - 1) = H(k) * P(k | k - 1) * H^T(k) + R(k) \quad (2.31)$$

$$K(k) = P(k | k - 1) * H^T(k) * S^{-1}(k | k - 1) \quad (2.32)$$

$$\hat{x}(k) = \hat{x}(k | k - 1) + K(k) * (z(k) - \hat{z}(k | k - 1)) \quad (2.33)$$

$$P(k) = P(k | k - 1) - K(k) * H(k) * P(k | k - 1) \quad (2.34)$$

Қазіргі уақытта бейтарапсыз статистикалық шуды бағалауы бар адаптивті кеңейтілген Калман сүзгі алгоритмі кеңінен қолданылады. Мысалы, Sage Extended Kalman Filter (Sage-EKF) алгоритмі мақсатты қозғалыс күйінің

бағасы [33]-тен алынатындай қалдық реттіліктен бақылау шуы мен жүйе шуының ковариация матрицасын бағалау үшін қолданылады. Шуды объективті емес статистикалық бағалау келесі қадамдарды қамтиды:

$$\varepsilon(k) = z(k) - \hat{z}(k | k - 1) \quad (2.35)$$

$$\text{мұндағы } \hat{z}(k | k - 1) = H(k) * \hat{x}(k | k - 1)$$

$$d(k) = \frac{(1-b)}{(1-b^{k+1})}$$

$$R(k + 1) = (1 - d(k))R(k) + d(k)[\varepsilon(k) * \varepsilon^T(k) - H(k) * P(k | k - 1) * H^T(k)] \quad (2.36)$$

$$Q(k + 1) = (1 - d(k))Q(k) + d(k)[K(k)\varepsilon^T(k)K^T(k) + P(k) - A(k)P(k - 1)A^T(k)]$$

мұндағы $e(k)$ – инновация, $d(k)$ – k кезіндегі ұмыту факторы, ал b – [0,95, 0,995] диапазонындағы ұмыту коэффициенті; b мұнда 0,97.

Дегенмен, бейтарап шуылдың статистикалық бағалаушысында матрицаны алу Q процесс шуының коварианттық матрицасының теріс емес анықтығын жоғалтуға немесе R өлшеу шуының коварианттық матрицасының оң анықтығын жоғалтуға әкеледі, осылайша адаптивті кеңейтілген Кальманның беріктігін әлсіретеді. сүзгі мақсатты бақылау алгоритмі. Сондықтан адаптивті кеңейтілген Кальман сүзгі алгоритмінің сенімділігін қамтамасыз ету үшін бейтарап шу статистикасы бағалаушысы мен ығыстырылған шуды статистикалық бағалау құралын біріктіретін жақсартылған адаптивті кеңейтілген Калман сүзгі алгоритмі [34] жетілдірілген. Оны жүзеге асыру қадамдары келесідей:

$$R(k + 1) = \begin{cases} R(k + 1) \\ (1 - d(k))R(k) + d(k)[\varepsilon(k) + \varepsilon^T(k)] \end{cases} \quad (2.37)$$

$$Q(k + 1) = \begin{cases} Q(k + 1) \\ (1 - d(k))Q(k) + d(k)[K(k)\varepsilon(k)\varepsilon^T(k)K^T(k)] \end{cases} \quad (2.38)$$

Формулалар (37) және (38) ығысқан шуды бағалаушылар болып табылады. Олардың келесі екі мәселесі бар. Бір жағынан, процесс шуының ковариациясының матрицасы Q күйді бағалау қатесінің ковариация шарттарының кейбірін жоққа шығарады. Екінші жағынан, R өлшеу шуының ковариациясы матрицасы өлшеу қателігінің ковариациясының кейбір шарттарын жоққа шығарады.

Жойылған ковариация термині бейтарап шуыл статистикалық бағалаушысын түзете алатындықтан, Q процесс шуының коварианттық матрицасы және R өлшеу шуының коварианттық матрицасы дәл емес, осылайша адаптивті кеңейтілген Кальман сүзгісінің дәлдігін төмендетеді. [35] негізінде ақауларға төзімді жаңа шу статистикалық бағалаушысы ұсынылған. [35]-дегі ығыстырылған шудың статистикалық бағалаушысы келесідей:

$$R(k+1) = \begin{cases} R(k+1) \\ (1-d(k)) * R(k) + d(k)[\text{diag}(z(k) - \hat{z}(k|k-1))^2] + H(k)P(k)H^T(k) \end{cases} \quad (2.39)$$

$$Q(k+1) = \begin{cases} Q(k+1) \\ (1-d(k))Q(k) + d(k)[\text{diag}(\hat{x}(k) - \hat{x}(k|k-1))^2 - (P(k|k-1) + Q(k))] \end{cases} \quad (2.40)$$

(39) және (40) формулаларындағы диагональ (■) операциялық матрицаның диагональ элементтерінен тұратын бірдей өлшемнің диагональды матрицасын білдіреді.

(34) формулаға сәйкес

$$P(K) - P(k|k-1) = -K(k) * H(k) * P(k|k-1) \quad (2.41)$$

(41) формуланы (40) орнына қою арқылы мынаны алуға болады:

$$Q(k+1) = \begin{cases} Q(k+1) \\ (1-d(k))Q(k) + d(k)[(\hat{x}(k) - \hat{x}(k|k-1))^2 + K(k) * H(k) * P(k|k-1) - Q(k)] \end{cases} \quad (2.42)$$

Матрицаны алу процесс шуының Q ковариациясының теріс емес анықтығын жоғалтуына әкелуі мүмкін болғандықтан, теріс мән қабылданбайды және келесіні алуға болады:

$$Q(k+1) = \begin{cases} Q(k+1) \\ (1-d(k))Q(k) + d(k)[(\hat{x}(k) - \hat{x}(k|k-1))^2 + K(k) * H(k) * P(k|k-1)] \end{cases} \quad (2.43)$$

(32) формулаға сәйкес

$$H(k) * P(k|k-1) = S(k|k-1) * K^T(k) \quad (2.44)$$

(44) формуланы (43) орнына қою арқылы мынаны алуға болады:

$$Q(k+1) = \begin{cases} Q(k+1), \\ (1-d(k))Q(k) + d(k)[(x(k) - X(k|k-1))^2 + K(k) * S(k-1) * K^T(k)], \end{cases} \quad (2.45)$$

(33) және (35) формулаларына сәйкес,

$$(\hat{x}(k) - \hat{x}(k|k-1))^2 = K(k) * \varepsilon(k) * \varepsilon^T(k) * K^T(k) \quad (2.46)$$

(46) формуланы (45) орнына қою арқылы мынаны алуға болады:

$$Q(k+1) = \begin{cases} Q(k+1) \\ (1-d(k))Q(k) + d(k)[\text{diag}(K(k)\varepsilon(k)\varepsilon^T K(k)) + \dots + K(k)S(k|k-1)K^T(k)] \end{cases} \quad (2.47)$$

(37) формуланы (35) орнына қою арқылы мынаны алуға болады:

$$R(k+1) = \begin{cases} R(k+1) \\ (1-d(k)) * R(k) + d(k)[\text{diag}(\varepsilon(k)\varepsilon^T(k)) + \dots + H(k)P(k)H^T(k)] \end{cases} \quad (2.48)$$

Формула (47) және (48) осы құжатта ұсынылған ақауларға төзімді жаңа шу статистикалық бағалаушысын ұсынады. Ақауларға төзімді жаңа шу статистикасы бағалаушысы көптеген бейтарап шу статистикалық бағалаушылардан ковариация шарттарын сақтайды және алгоритмнің дәлдігін жақсарта алады. Ол R өлшеу шуының коварианттық матрицасы әрқашан оң анықтықта және Q процесс шуының коварианттық матрицасы әрқашан теріс емес анықтықта болуын қамтамасыз ете алатындықтан, ол алгоритмнің жақсартылған сенімділігін қамтамасыз етеді.

Мақсатты бақылау алгоритмін жүзеге асыру деректерді дұрыс байланыстыруға негізделген. Деректер байланысы қате болса, бағалаудан кейін алынған қозғалыс күйі туралы ақпарат сапасыз болады. Сондықтан мақсат пен өлшем арасындағы сәйкестікті орнату үшін ықтималдық статистикасы бар деректерді байланыстыру әдісін таңдау қажет.

Мәліметтерді біріктіру алгоритмі үшін мақсаттың болжамды орнын центрлеу арқылы нысанадан өлшеудің мүмкін аймақтарын анықтау үшін бақылау қақпасы қажет [36]. Бақылау қақпасының келесі үш функциясы бар: 1 Үміткердің өлшемін анықтаңыз: өлшем бақылау қақпасының аймағына түскенде, ол бақыланатын мақсатты күйді жаңарту үшін пайдаланылады. 2 Жаңа мақсатты қозғалыс жолын орнатыңыз: өлшем бақылау қақпасы аймағына түспегенде, ол жаңа нысана немесе бар кедергілер кедергісі ретінде қабылданады. 3 Нысананың жоғалғанын растаңыз: бақылау қақпасында бірнеше жалғасатын кезеңде өлшеу болмаса, нысана жоғалған болып есептеледі.

Бақылау қақпасының өлшемі мен пішіні маңызды рөл атқарады. Оның мөлшері дұрыс жаңғырықты алу ықтималдығына байланысты. Ол әдетте тікбұрышты немесе эллипс тәрізді. Әдетте эллиптикалық бақылау қақпасы тікбұрыштыға қарағанда инженерияда кеңінен қолданылады. Демек, бұл жерде эллиптикалық бақылау қақпасы қабылданған.

Мұнда NN деректерді біріктіру әдісі ұсынылған және ыңғайлы іске асырумен және есептеудің аз мөлшерімен сипатталады. Бақылау қақпасындағы мақсатты өлшеу деректерінің көптігінің ішінен болжамды орынға ең жақыны мақсаттың байланысты нысаны ретінде таңдалады.

Жоғарыда келтірілген адаптивті кеңейтілген Кальман сүзгі алгоритмінде (35) формула k моментіндегі жүйенің бақылау мәні $z(k)$ мен жүйе күйінің бақылау мәні $z(k|k-1)$ арасындағы $e(k)$ айырманы береді. алдыңғы сәттегі болжам, яғни инновация.

Жаңалықтың коварианттық матрицасы болып табылады

$$S(k) = E(\varepsilon(k)\varepsilon^T(k)) = E[z(k) - \hat{z}(k | k - 1)][z(k) - \hat{z}(k | k - 1)]^T \quad (2.49)$$

Мыналарды алуға болады:

$$S(k) = H(k)P(k | k - 1)H^T(k) + R(k) \quad (2.50)$$

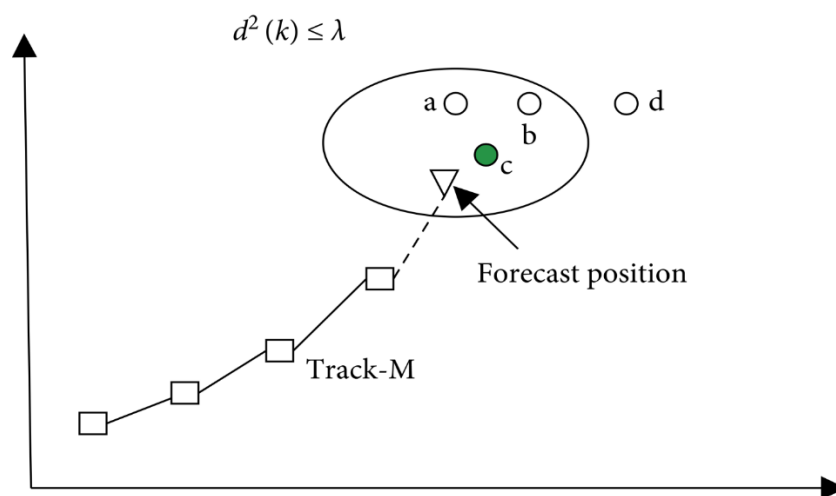
Статистикалық қашықтық инновация векторының өлшенген нормасы ретінде анықталады:

$$d^2(k) = \varepsilon^T(k)S^{-1}(k)\varepsilon(k) \quad (2.51)$$

Бір мақсатты $D^2(k)$ іргелес өлшеу векторлары арасындағы қашықтық λ белгілі бір мәннен аз болса, нысан бақылау қақпасына түседі деп саналады және өлшем жылдамдыққа, қашықтыққа және өлшемге сәйкес калибрленуі мүмкін. объект сияқты.

$$d^2(k) \leq \lambda \quad (2.52)$$

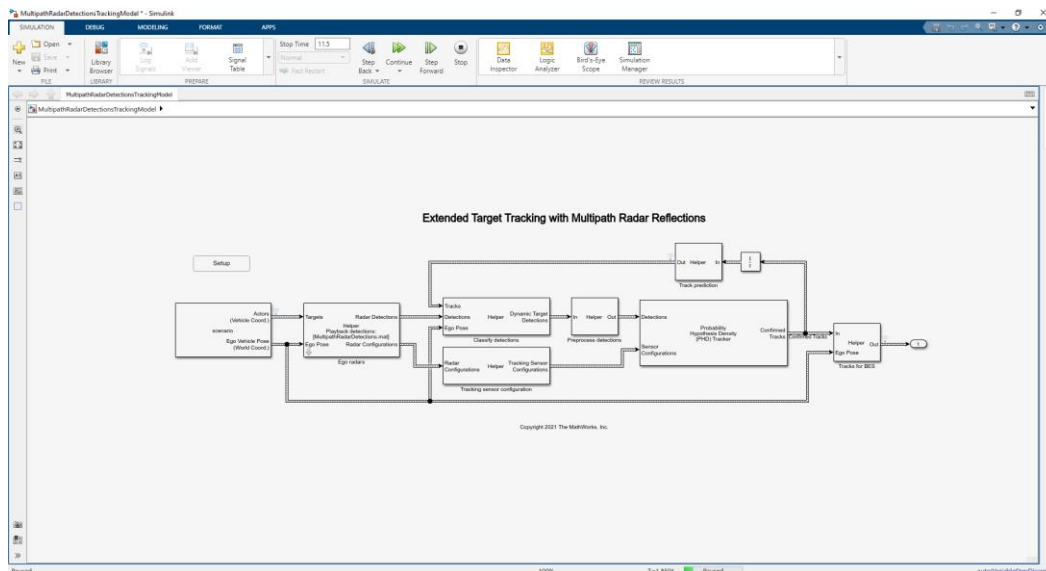
10-суретте көрсетілгендей, M жолының бар екендігі және болжамдық позиция үшін қолданылатын байланыстырылған қақпа эллиптикалық болып табылады деп болжанады. Эллиптикалық бақылау қақпасының жанында датчиктің a , b , c және d бақылау нүктелері бар, мұнда d нүктесі байланысты қақпаның сыртында, a , b және c нүктелері байланысты қақпаның ішінде, ал c нүктесі NN болып табылады.



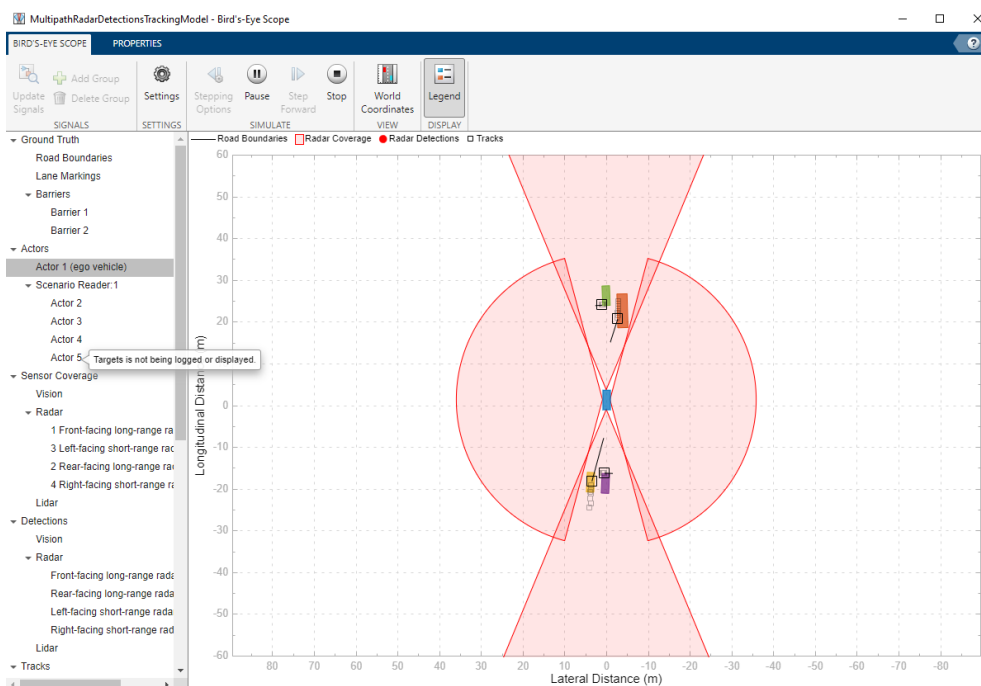
2.10 Сурет–NN деректер ассоциациясы.

3 ЭКСПЕРИМЕНТ ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

3.1. Matlab Simulink-те көп сәулелі радиолокациялық шағылысулармен бақылаудың алгоритімін құру



3.1 Сурет –Алгоритімнің жұмыс істеу блок схемасы



3.2 Сурет –Simulink-та радардың жұмыс моделі

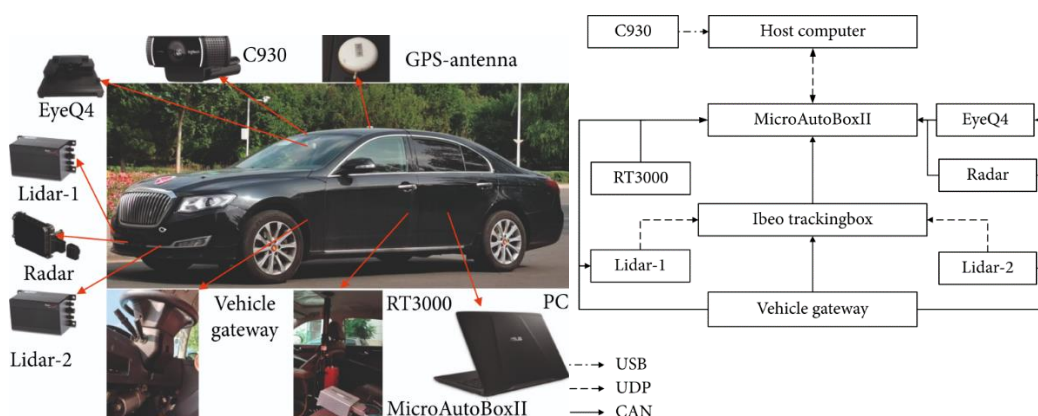
3.2. Эксперименттік платформаның құрылысы

11-суретте көрсетілгендей, ұсынылған алгоритмнің дәлдігі мен жарамдылығын тексеру үшін Hongqi H7-PHEV көлігі осы жерде сынақта қолданылады.



(a)

(b)



(c)

(d)

4.1 Сурет—Эксперименттік көлік және қоршаған орта. (a) Сынақ жолы. (b) Жүргізу ортасы. (c) сынақ платформасы жабдығы. (d) Эксперименттік платформа байланысы.

Сынақ 11(a) және 11(b) суреттерінде көрсетілгендей қисық сызықтары бар үш жолақта жүргізілді. Hongqi H7-PHEV сынақ көлігі ортаңғы жолақта. Үш мақсатты көлік сынақ кезінде Hongqi H7-PHEV сынақ көлігінің алдында және сол жолда, сол жолақта және Hongqi H7-PHEV сынақ көлігінің оң жолағында. Сынақ А нүктесінен басталып, қисық сызықтан өткеннен кейін В нүктесінде аяқталады.

Көлік 11(c) және 11(d) суреттерінде көрсетілгендей RT3000 жоғары дәлдіктегі инерциялық навигатормен жабдықталған. RT3000 көлік құралының

бүйірлік жылдамдығын, бойлық жылдамдығын және иілу жылдамдығын шығара алады және бұл айнымалылардың мәнін негізгі шындық деп санайды.

КөлікESC арқылы өлшенген көлік құралының бойлық жылдамдығын, иілу жылдамдығын және руль дөңгелегі бұрышы туралы ақпаратты алу үшін MicroAutoBoxII жабдықталған және контроллердің аймақтық желісі (CAN) арқылы көлік шлюзі портына қосылған. MicroAutoBoxII RT3000-ге CAN арқылы қосылады және RT3000 арқылы өлшенген көліктің бүйірлік жылдамдығы, бойлық жылдамдығы және бұрылу жылдамдығы туралы ақпаратты алады. Көлік77 ГГц миллиметрлік толқынды радармен жабдықталған, оның мақсатты өлшеу деректері компания ұсынған, алдыңғы бампердің ортасында жұртшылық үшін ашық. Миллиметрлік толқынды радар екі жақты CAN-мен қамтамасыз етілген. Бір CAN көлік шлюзі портына қосылған. Екіншісі MicroAutoBoxII-ге CAN арқылы қосылған. Автокөлік көрінісін бір уақытта жазу үшін Logitech C930 веб-камера автокөлік кабинасының артқы көрініс айнасына орнатылған.

Біз Mobileye EyeQ4 камерасын көлік құралы мен жол сызығы арасындағы бүйірлік қашықтық, жолақ ені және жолақ таңбасының ені сияқты ақпаратты алу үшін пайдаланамыз. Mobileye EyeQ4 екі жақты CAN жүйесімен қамтамасыз етілген. Бір CAN көлік құралының шлюзі портына, мысалы, қозғалыс кезінде көліктің айналу жылдамдығы мен жылдамдығы сияқты ақпаратты алу үшін қосылған. Екіншісі MicroAutoBoxII-ге CAN арқылы қосылады және көлік құралы мен жол сызығы арасындағы бүйірлік қашықтық, жолақ ені және жолақ таңбасының ені сияқты ақпаратты шығарады.

Біз Ibeo шығарған лидарды нысана-көлік құралының қозғалыс күйі туралы ақпаратты анықтау үшін пайдаланамыз және оны миллиметрлік толқынды радардың нысананы бақылау алгоритмінің өнімділігін тексеру үшін пайдаланылатын негізгі шындық ретінде қабылдаймыз. Сенсорларды ақылды ету үшін Ibeo lidar үшін нүктелік бұлтты өңдеу алгоритмінің бағдарламалық құралын қамтамасыз етеді. Қазіргі уақытта Ibeo ұсынған алгоритм мақсатты тану мен бақылауды қолдайды. Нысаналы көлік құралының қозғалыс күйі туралы ақпарат бойлық қашықтықты және бүйірлік қашықтықты қамтиды. 11(с) суретте көрсетілгендей, көлікекі лидармен жабдықталған, олар лидар-1 және лидар-2. Ibeo TrackingBox екі лидар деректерін біріктіруге жауап береді.

3.1-кестеде Ibeo ұсынған төрт-деңгейлі лидардың нақты техникалық сипаттамалары көрсетілген.

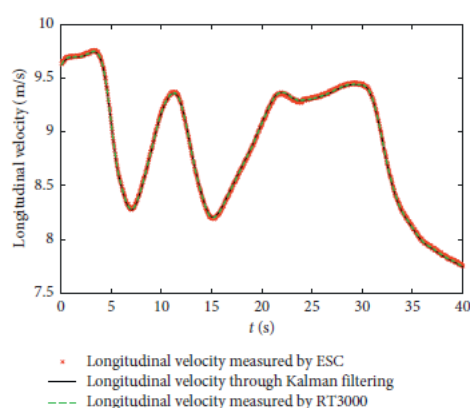
3.1 Кесте—Лидардың негізгі техникалық параметрлері.

Параметр	Мәні (бірліктер)
Ауқымы	200 (м)
Ажыратымдылығы	0,04 (м)
Fov (H V)	110 3,2 (°)
Тік бұрыштың рұқсаты	0,8 (км/сағ)
Жаңарту жылдамдығы	25 (Гц)

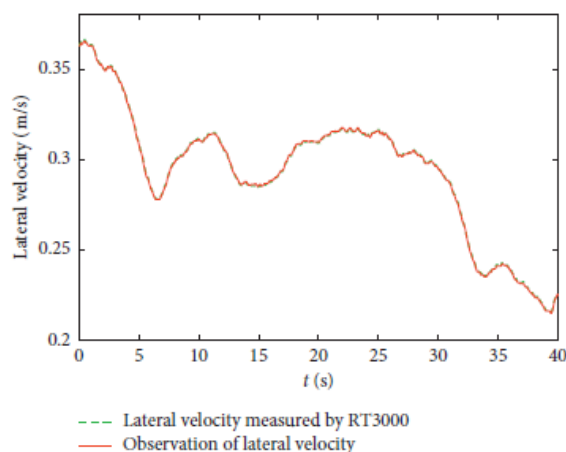
3.3. Эксперимент нәтижелерін талдау

Борттық сенсор шығысы мұнда көлік құралының динамикасының 2-DOF үлгісіне негізделген Калман сүзгі күйін бақылаушының дәлдігі мен тиімділігін тексеру әрекетінде нақты уақытта көлік күйін бағалау үшін Кальман сүзгісінің кірісі ретінде пайдаланылады. Көліктің қозғалыс күйін өлшеу үшін жоғары дәлдіктегі инерциялық навигатор RT3000 қолданылады. Есептелген нәтижелер соңында RT3000 нақты өлшеу деректерімен салыстырылады.

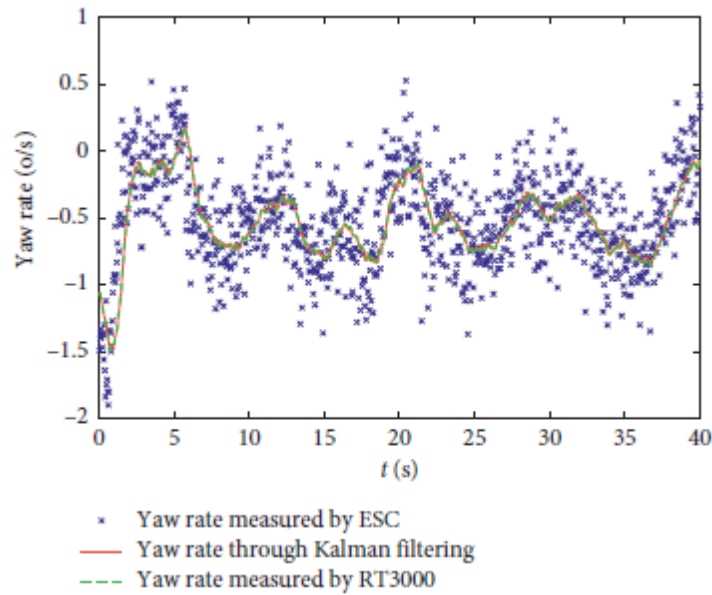
Сәйкесінше 12–14-суреттердегі салыстыру нәтижелеріне сәйкес, суреттелген нәтижелер 2-DOF көлік құралының динамикалық үлгісіне негізделген Калман сүзгі күйінің бақылаушысы көлік сипаттамаларына жақсы сәйкес келетінін көрсетеді.



3.1 Сурет–Бойлық жылдамдықтың уақыт тарихының қисығы.



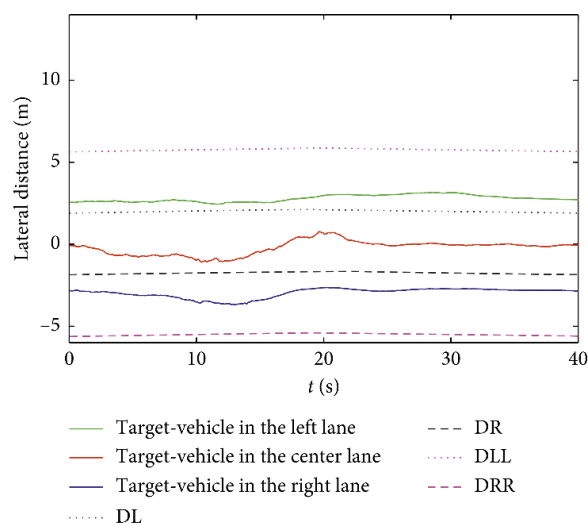
3.2 Сурет–Бүйірлік жылдамдықтың уақыт тарихының қисығы.



3.3 Сурет–Айналу жылдамдығының уақыт тарихының қисығы

Эксперименттік сынақтар осы қағазда қисық сызықтары бар үш жолақта жүргізіледі. ІАЕКФ негізіндегі мақсатты бақылау алгоритмінің дәлдігі мен сенімділігін тексеруге болады.

Тәжірибелердің кездейсоқтығын болдырмау үшін біз 6 эксперимент тобын жүргіздік. Тәжірибелердің 6 тобының сынақ нәтижелері ұқсас болғандықтан, талқылау және талдау үшін сынақ деректерінің бір жинағы таңдалады. Бұл экспериментте үш мақсатты көлік сәйкесінше сол, ортаңғы және оң жақ жолақтарда қозғалды. Бүйірлік қашықтық мақсатты көлік құралы орналасқан жолақтың орналасу қатынасын анықтауға арналған айнымалы болғандықтан, бүйірлік қашықтық 5.3-суретте бейнеленген.



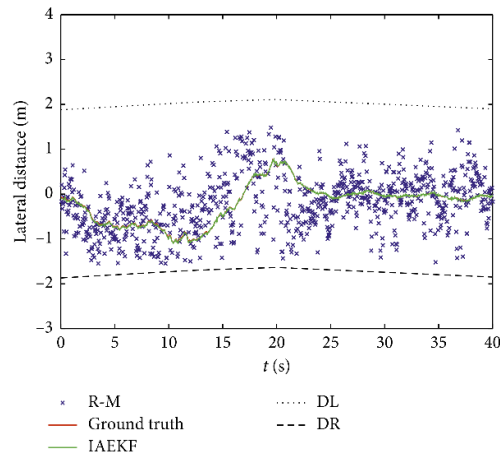
3.4 Сурет–Нысаналы көліктің бүйірлік арақашықтық уақыт тарихының қисығы

Сынақ нәтижелері 5.3-суретте көрсетілген. Суретте DL ортаңғы жолақтың сол шекарасын, DR орталық жолақтың оң шекарасын, DLL сол жолақтың сол шекарасын және DRR оң жақ шекарасын көрсетеді. оң жақ жолақ; және олар былайша өрнектеледі:

$$\begin{aligned}
 DL &= |d_L| + \frac{1}{2}B + \frac{1}{2}M \\
 DR &= d_R + \frac{1}{2}B + \frac{1}{2}M \\
 DLL &= |d_L| + \frac{1}{2}B + \frac{1}{2}M + W \\
 DRR &= d_R + \frac{1}{2}B + \frac{1}{2}M + W
 \end{aligned}
 \tag{3.1}$$

2.1(b) және 3.3-суреттерден көрініп тұрғандай, үш мақсатты көлік құралының позициялық қатынасын дәл анықтауға болады.

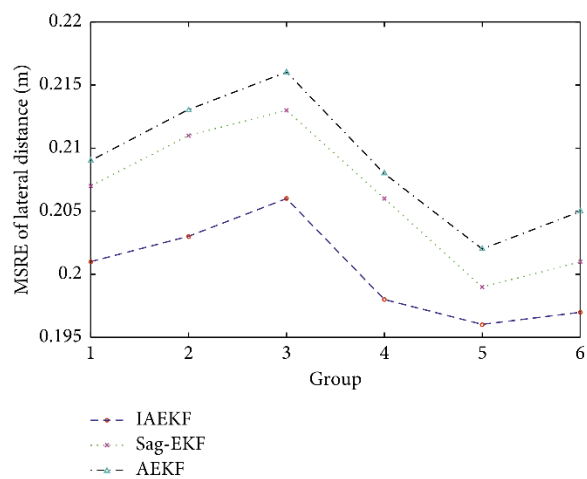
Эксперимент барысында IAEKF бағалау мәні мен жердегі шындық арасындағы өзгерісті нақтырақ көрсету үшін ортаңғы жолақтағы нысана-көлік құралының траекториясы 5.4-суретте бейнеленген.



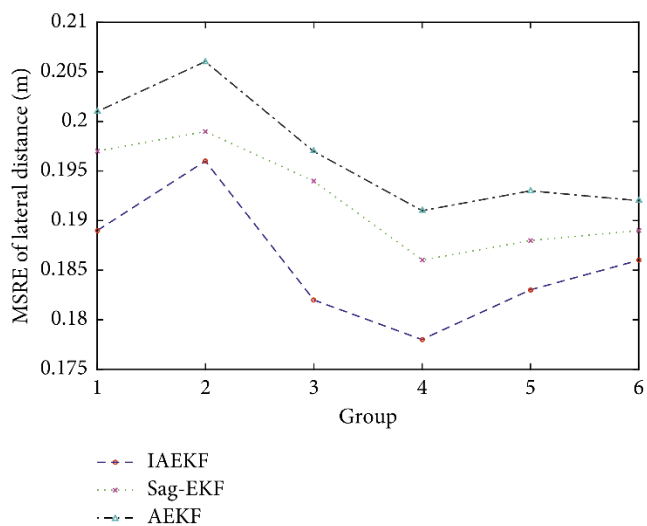
3.5 Сурет–Орталық жолақтың бүйірлік арақашықтығы уақытының қисық сызығындағы нысана-көлік.

3.3-суреттен мақсатты бақылау кезінде IAEKF алгоритмінің деректер ауытқуы аз деген қорытынды жасауға болады. (24) теңдеуден және 16-суреттен ортаңғы жолақтағы нысана мен көлік позициясының қатынасын анықтау дұрыс екенін көруге болады.

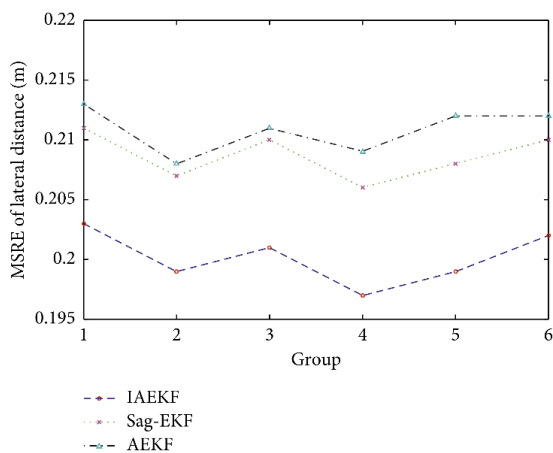
Орташа квадрат түбір қатесі (MSRE) фильтрлеу дәлдігін сандық талдау үшін пайдаланылуы мүмкін [37]. IAEKF, Sag-EKF және AEKF [38] алгоритмдерінің сүзгілеу дәлдігін сандық талдау үшін біз эксперименттердің 6 тобының MSRE-ін санадық және нәтижелер 5.6-5.7 суреттерде көрсетілген. 5.6–5.8-суреттер, тиісінше, сол жақ жолақта 1 нысана көлігінің, ортаңғы жолақта 2 нысана көлігінің және оң жақтағы 3 нысана көлігінің MSRE-ін көрсетеді.



3.6 Сурет—Әртүрлі сүзгілер үшін нысана-көліктің 1 бүйірлік қашықтығының MSRE қисықтары.



3.7 Сурет—Әртүрлі сүзгілер үшін нысана-көлік 2-нің бүйірлік қашықтығының MSRE қисықтары.

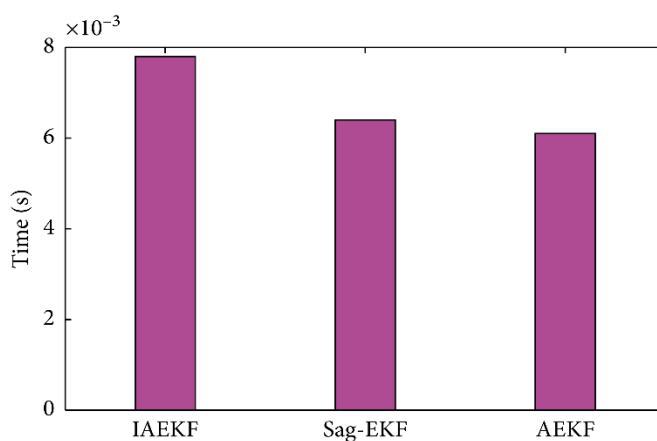


3.8 Сурет—Әртүрлі сүзгілер үшін нысана-көліктің 3 бүйірлік қашықтығының MSRE қисықтары.

3.6–3.8-суреттерден жүйенің шуы белгісіз және уақыт бойынша өзгертін жүргізу ортасында Sag-EKF және AEKF алгоритмі арқылы мақсатты бақылаудың бүйірлік қашықтығының MSRE IAEKF алгоритміне қарағанда үлкенірек болады деген қорытынды жасауға болады. Sag-EKF және AEKF алгоритмдерімен салыстырғанда, IAEKF алгоритмін пайдалану арқылы бүйірлік қашықтықты сүзу дәлдігінің максималды артуы тиісінше 6,2% және 7,6% құрайды. Жоғарыда келтірілген талдау арқылы бақылау үшін IAEKF алгоритмін пайдалану мақсатты бақылаудың алшақтығын тиімді түрде басуға болады, осылайша бақылау қатесін азайтады және бақылау дәлдігін жақсартады деп қорытынды жасауға болады.

Мақсатты бақылау алгоритмі негізгі компьютердегі MatlabR2018a/Simulink ортасында жазылған. dSPACE компаниясы ұсынатын автоматты кодты жасау бағдарламалық құралы іске қосу үшін пайдаланушы деректерінің протоколы (UDP) арқылы MicroAutoBoxII1401 жылдам прототиптеу контроллеріне кодты жүктеу үшін пайдаланылады.

3.9-суретте көрсетілгендей, әртүрлі алгоритмдердің уақытты тұтынуы MicroAutoBoxII1401 жүйесінде бір рет жұмыс істейтін алгоритмнің орташа уақытымен өлшенеді.



3.9 Сурет–Алгоритмнің бір рет орындалатын уақыт ортасы.

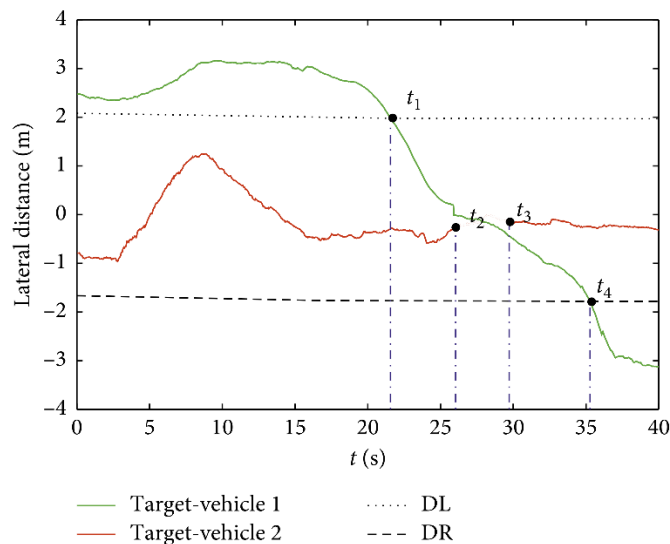
3.9-суреттен, мұнда ұсынылған мақсатты бақылау алгоритмі бір уақытта орташа есеппен 0,0078 секундты алады, бұл Sage-EKF және AEKF алгоритмінен сәл көп, мұнда Sage-EKF және AEKF орта есеппен 0,0064 және 0,0061 секунд алады, тиісінше.

Нысаналы көлік құралының жолақ орналасуының қатынасы өзгерген кезде жолақ орнын анықтаудың дұрыстығын тексеру үшін нысана-көлік құралының жолақты ауыстыру сынағы әзірленген. 5.10-суретте сынақ сценарийі көрсетілген.



3.10 Сурет–Сынақ сценарийі. а) Эксперименттің басталуы. (б) Эксперименттің соңы.

3.10 (а)-суретте көрсетілгендей, нысана-көлік 1 сол жақ жолақта, ал 2-нысана құралы тәжірибенің басында ортаңғы жолақта орналасқан. Тәжірибе кезінде нысана-көлік 1 сол жақ жолақтан оң жолға ауыстырылды, ал 2-нысана-көлік барлық уақытта ортаңғы жолақта қалды. Тәжірибе кезінде нысана-көлік пен көлікарасындағы бүйірлік қашықтық айырмасының вариациялық қисығы 5.11-суретте көрсетілген.



3.11 Сурет–Нысаналы-көлік позициясының қатынасының сәйкестендіру нәтижесі.

T_1 уақытына дейін нысана-көлік 1 ортаңғы жолақтың сол шекарасынан тыс жерде орналасады, сондықтан 1 нысана-көлік құралы орналасқан жолақ сол жақ жолақ болып табылады. T_4 уақытынан кейін нысана-көлік 1 ортаңғы жолақтың оң шекарасынан тыс жерде орналасады, сондықтан 1-нысана-көлік құралы орналасқан жолақ оң жақ жолақ болып табылады. T_1 және t_4 аралығындағы мақсатты көлік 1 орта жолақ ретінде анықталады. Нысаналы көлік 1 және нысана-көлік 2 бір жолақта жүріп келе жатқанда, нысана-көлік 1-нің бітелуіне байланысты t_2 және t_3 уақыттары арасындағы миллиметрлік толқынды радар арқылы нысана-көлік 2 танылмайды.

Жоғарыда келтірілген эксперименттің талдауы осы мақалада ұсынылған нысана-көлік позициясының қатынасын сәйкестендіру моделі нысана-көлік құралының жолақ орналасуының қатынасын дәл анықтай алатынын көрсетеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл мақалада радарларды анықтау ауқымынан тыс мақсатты өлшеу деректерін жою үшін деректердің ұтымдылығын бағалау әдісі қолданылады. Нысананың тиімділігін талдау арқылы жалған нысана мен бейберекетсіздікті жоюға болады. 2-DOF көлік динамикасының моделіне негізделген Калман сүзгі алгоритмі көлікқұралының бойлық жылдамдығын, бүйірлік жылдамдығын және бұрылу жылдамдығын сүзу үшін пайдаланылады. Сүзілген бойлық жылдамдық, бүйірлік жылдамдық және иілу жылдамдығы миллиметрлік толқынды радар анықтаған нысана-көлік арақашықтығы мен жылдамдықтың қозғалыс орнын толтыру үшін пайдаланылады. Мақсаттарды кластерлеу Манхэттен қашықтығы арқылы орындалады, осылайша бірнеше мақсатты өлшеу деректері бір топқа біріктіріледі. Нақты жолақ қатынасын сәйкестендіру үлгісін орнату арқылы нысана-көлік құралы орналасқан жолақтың позициялық қатынасын дәл анықтауға болады. Мақсатты бақылау алгоритмінің сенімділігі мен дәлдігі IAEKF алгоритмі және NN деректер ассоциациясының алгоритмі арқылы жақсартылған. Соңында, көлік сынағы осы құжатта ұсынылған алгоритм мақсатты көлік құралының жолақ орнының қатынасын дәл анықтай алатынын тексереді. Sag-EKF және AEKF алгоритмдерімен салыстырғанда, IAEKF алгоритмін пайдалану арқылы бүйірлік қашықтықты сүзу дәлдігінің максималды артуы тиісінше 6,2% және 7,6% құрайды. Осы құжатта ұсынылған нысана-көлік позициясының қатынасын сәйкестендіру моделі нысана-көлік құралының жолақ орналасу қатынасын дәл анықтай алады.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 С.Х.Джон, Дж.Э.Ли, С.У.Чой, Дж.Н.О, және К.Х.Ли, «Адаптивті круиздік бақылау жүйесіне арналған автомобиль радарын технологиялық талдау және арзан дизайн», Халықаралық автомобиль технологиясы журналы, том. 13, жоқ. 7, 1133–1140 беттер, 2012 ж.
- 2 С. Z. Han, Н. Y. Zhu және Z. S. Duan, Multi-source Information Fusion, Цинхуа университетінің баспасы, Пекин, Қытай, 2-ші басылым, 2018 ж.
- 3 Т. Kirubarajan, Y. Bar-Shalom, W. D. Blair және G. A. Watson, “IMMPDAF for radar management and tracking benchmark with ECM,” IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, том. 34, жоқ. 4, 1115–1134 беттер, 1998 ж.
- 4 LQ Ni, SS Gao және LQ Ni, «Жақсартылған ықтималдық деректер қауымдастығы және оның бейберекеттікте мақсатты бақылауға арналған қолданбасы», IEEE халықаралық электроника, коммуникациялар және басқару конференциясының (ICECC) материалдарында, 293–296 беттер, Нинбо, Қытай, қыркүйек 2011 ж.
- 5 X. Chen, Y. A. Li, Y. X. Li, J. Yu, and X. H. Li, «Тоқ ортада мақсатты бақылауға арналған жаңа ықтималдық деректер қауымдастығы», Сенсорлар, том. 16, жоқ. 12, 2016 жыл.
- 6 X. Chen, Y. A. Li, X. Li, and Y. Jing, «Ықтималдық деректер қауымдастығының өлшенген қашықтығы негізіндегі мақсатты бақылау алгоритмі», Journal of Shanghai Jiao Tong University, том. 52, жоқ. 4, 474–479 беттер, 2018 ж.
- 7 N. Kaempchen, K. Weiss және M. Schaefer, «Жоғары динамикалық жүргізу маневрлері үшін ИММ нысанды қадағалау», IEEE интеллектуалды көліктер симпозиумының 2004 жылғы материалдарында, Парма, Италия, маусым 2004 ж.
- 8 J. Liu, C. Han, F. Han, and Y. Hu, “Multiple maneuvering target tracking by improved particle filter by multiscan JPDA,” Mathematical Problems in Engineering, том. 2012 ж., ID 372161-бап, 25 бет, 2012 ж.
- 9 ХАНЫМ. Ли және Ю.-Х. Ким, «Автокөлік радарын қадағалауға арналған жаңа деректерді біріктіру әдісі», IEE Proceedings-Radar, Sonar and Navigation, том. 148, жоқ. 5, 297–301 б., 2001 ж.
- 10 L. Xiong, Z. Q. Li, және J. Yao, «Төмен жылдамдықты сыпырғыш көліктерге арналған ақпаратты біріктіруге негізделген көлік құралдарын қадағалау әдісі», Қытай автомобиль жолдары және көлік журналы, том. 32, жоқ. 6, 61–73 беттер, 2019 ж.

- 11 P. Y. Wang, S. J. Zhao және Т. F. Ma, «Бірлескен ықтималдық деректер қауымдастығына негізделген көлік құралын көп сенсорлы қадағалау және біріктіру алгоритмі», Цзилин университетінің журналы (Инженерлік және технология басылымы), том. 49, жоқ. 5, 1420–1427 беттер, 2019 ж.
- 12 P. Kondaxakis және H. Baltzakis, «2D лазерлік диапазон сканерін қолданатын мобильді роботтар үшін көп мақсатты классификация және қадағалау», International Journal of Humanoid Robotics, том. 9, жоқ. 4, 1–24 беттер, 2012 ж.
- 13 L. Q. Li және W. X. Xie, «Интуициондық анық емес бірлескен ықтималдық деректер ассоциациясының сүзгісі және оның көп мақсатты бақылауға қолданылуы», Сигналдарды өңдеу, том. 96, 433–444 беттер, 2014 ж.
- 14 Y. Y. Rezaei және M. A. Tinati, «Бірлескен ықтималдық деректер қауымдастығы мен орташа консенсус сүзгісі арқылы бөлінген көп мақсатты бақылау», Annals of Telecommunications, том. 66, жоқ. 9-10, 553–556 беттер, 2011 ж.
- 15 С.Лю, Х.Ли, Ю.Чжан және Б.Зу, «Көш-тоқтату-қозғалыс мақсатын қадағалаудың бірнеше гипотеза әдісі», The Journal of Engineering, том. 2019, №. 19, 6155–6159 беттер, 2019 ж.
- 16 Q. Sun, C. Ji, J. Fang, C. Li, and X. Zhang, "Optimization design of IGV profile in центрифугалық компрессор", Mathematical Problems in Engineering, т. 2017 ж., ID 8061561-бап, 9 бет, 2017 ж.
- 17 G. C. Ma, Z. D. Liu, X. F. Pei, B. F. Wang және Z. Q. Qi, «Көп нысанды идентификациялау және автомобиль радарындағы өтемақы туралы зерттеу», Пекин технологиялық институтының транзакциялары, т. 33, жоқ. 11, 1135–1139 беттер, 2013 ж.
- 18 S. Shen, L. Hong және S. Cong, «Шектеулі сүзгілеу арқылы жол көлігінің соқтығысуы туралы сенімді болжау», Signal Processing, том. 86, жоқ. 11, 3339–3356 беттер, 2006 ж.
- 19 D. Song, R. Tharmarasa, M. C. Florea, N. Duclos-Hindie, X. N. Fernando және T. Kirubarajan, «Микроскопиялық трафик ағынының үлгісіне негізделген бөлшектерді сүзу арқылы көп көлікті қадағалау», Automatica, том. 105, 28–35 беттер, 2019 ж.
- 20 S. Wang, D. Bi, H. Ruan, and S. Chen, “Cognitive structure adaptive particle filter for radar maneuvering target tracking”, IET Radar, Sonar & Navigation, том. 13, жоқ. 1, 23–30 беттер, 2019 ж.
- 21 С.Т.Чжан, «Өлі есептеу жүйелеріне арналған адаптивті иіссіз калман сүзгісі», 2009 жылғы Ақпараттық инженерия және информатика бойынша халықаралық конференция материалдарында, 1-4 беттер, Ухань, Қытай, желтоқсан 2009 ж.
- 22 П. Ванг, С. Гао, Л. Ли, С. Ченг және Л. Чжао, «Рульді басқарудың автоматтандырылған стратегиясы, IEEE Access, т. 7, 64984–64992 беттер, 2019 ж.

- 23 R. Bosch, Қауіпсіздік, жайлылық және ыңғайлылық жүйелері, John Wiley and Sons Ltd, Висбаден, Германия, 3-ші басылым, 2007 ж.
- 24 С. Н. Lee, Н. Т. Kim, S. W. Seol және К. G. Nam, «Кальман сүзгілерін қолданатын бірнеше көлікті бақылау алгоритмі», Корея электроника инженерлері институтының журналы S, том. 36-S, жоқ. 3, 89–96 беттер, 1999 ж.
- 25 К. Н. Guo, Vehicle Handling Dynamics, Jilin Science and Technology Press, Чан Чун, Қытай, 1991 ж.
- 26 Р.Раджамани, Көлік динамикасы және басқару, Springer Verlag, Берлин, Германия, 2006 ж.
- 27 Z. S. Yu, автомобиль теориясы, машина жасау өнеркәсібі баспасөзі, Пекин, Қытай, 2018 ж.
- 28 ZH Gao, N. N. Zheng және Н. Cheng, «Көлік динамикасы мен Кальман сүзгісіне негізделген көлік күйінің жұмсақ сенсоры», Жүйе симуляциясы журналы, том. 16, жоқ. 1, 2004 ж.
- 29 С.С.Блэкман және Р.Пополи, Заманауи бақылау жүйелерін жобалау және талдау, Артех Хаус, Норвуд, МА, АҚШ, 1999 ж.
- 30 Z. F. Liu, J. Q. Wang және К. Q. Li, "Robust Vehicular Radar target determination", Цинхуа университетінің журналы (ғылым және технология), том. 48, жоқ. 5, бет. 875–878, 2008 ж.
- 31 С. F. Zong, D. Hu, X. Yang, Z. Pan, and Y. Xu, "Көлік құралының күйін бағалау кеңейтілген Калман сүзгісіне негізделген", Джилин университетінің журналы (Инженерлік және технология басылымы), том. 39, жоқ. 1, бет. 7–11, 2009 ж.
- 32 Дж.Л.Гаррисон және П.Акселрад, «Эллиптикалық орбитада салыстырмалы навигация үшін кеңейтілген Калман сүзгісін қолдану», AAS/AIAA ғарыштық ұшу механикасы конференциясының материалдарында, Остин, Техас, 1996 жылдың шілдесі.
- 33 Z. H. Gao, J. Wang, J. Tong, H. J. Li, Z. Y. Guo, and F. M. Lou, "Target motion state estimation for car-borne millimeter-wave radar," Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition), т. 44, жоқ. 6, бет. 1537–1544, 2014 ж.
- 34 Н. Н. Lu және А. J. Zhang, «Көлік позициясын анықтауға арналған жақсартылған адаптивті Калман сүзгілеу алгоритмі», 2015 жылғы 34-ші Қытай бақылау конференциясының (ССС) материалдарында, 2-бет. 5125–5129, Ханчжоу, Қытай, шілде 2015 ж.
- 35 М. А. Saceres, F. Sottile және М. А. Spirito, «Сымсыз сенсорлық желілердегі Калман сүзгісі арқылы адаптивтік орынды қадағалау», Сымсыз және мобильді есептеулер, желілер және коммуникациялар бойынша IEEE халықаралық конференциясының материалдарында, 2-бет. 12–14, Марракеш, Марокко, қазан 2009 ж.

- 36 Z. Q. Pei, «Көптеген маневрлік мақсатты бақылау алгоритмі негізіндегі бірнеше модельдердің жылдам деректер ассоциациясының өзара әрекеттесуіне арналған зерттеулер», департамент. ақпарат. Ағылш., Тайюань технологиялық университеті, Тайюань, Қытай, 2015 ж., М.С. дипломдық жұмыс.
- 37 С.І. Ван, Х. Хiong және Н. J. Liu, «Итерацияланған квадрат түбірлік СКФ негізінде автомобиль радарын мақсатты бақылау алгоритмі», Физика журналы: Конференциялар сериясы, том. 976, жоқ. 1, 2018 ж.
- 38 А. Фарина және С. Пардини, «Радиалды жылдамдықты өлшеуді пайдаланатын көп радарлы бақылау жүйесі», IEEE Aerospace and Electronic Systems транзакциялары, том. 15, жоқ. 3, бет. 555–562, 1979 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Садыков Сакен Куанышевич

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Берлген аумақтағы жағыдайды бақылауға арналған радиосигнал жүйесін басқару алгоритімін құру

Научный руководитель: Ерлан Таштай

Коэффициент Подобия 1: 2

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 106

Знаки из здругих алфавитов: 6

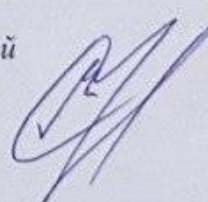
Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

30.05.2022
Дата

Заведующий кафедрой


**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Садыков Сакен Куанышевич

Тақырыбы: Берлген аумақтағы жағыдайды бақылауға арналған радиосигнал жүйесін басқару алгоритімін құру

Жетекшісі: Ерлан Таштай

1-ұқсастық коэффициенті (30): 2

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0

Дәйексөз (35): 3.6

Әріптерді ауыстыру: 6

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 106

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

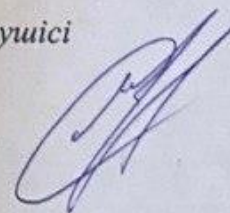
Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

3005 2022
Күні

Кафедра меңгерушісі



о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Садыков Сакен Куанышевич

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Берлген аумақтағы жағыдайды бақылауға арналған радиосигнал жүйесін басқару алгоритімін құру

Научный руководитель: Ерлан Таштай

Коэффициент Подобия 1: 2

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 106

Знаки из здругих алфавитов: 6

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:


Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

31.05.2021
Дата


Маржасул С
проверяющий эксперт

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Садықов Сакен

7M06201 - Телекоммуникация
(мамандық атауы мен шифры)

Тақырыбы: «Берілген аумақтағы жағдайды бақылауға арналған радиосигнал жүйесін басқару алгоритімін құру»

Берілген аумақтағы жағдайды бақылауға арналған радиослакациялық жүйелерге әдеби шолу жасаған. Миллиметрлік радио толқынды радар негізінде бүйірлік жылдамдық көлік құралының қозғалыс күйін бағалау арқылы интеллектуалды көлік нысанын анықтауда қолдану алгоритімін құрылған. Нысаналы қозғалысты анықтау алгоритмі көлік құралының бұрылу қозғалысын қарастыру арқылы ұсынылған. Алынған радиосигналды мақсатты бақылаудың анықтығы мен дәлдігін жақсарту үшін адаптивті кеңейтілген Калман сүзгісі (IAEKF) қолданылған. Автомобильдегі көп сәулелі радиолокациялық шағылысулардың мақсатты кеңейтілген бақылау алгоритмі Matlab Simulink ортасында құрастырылды.

Диссертациялық жұмыста қарастырылған мәселелер өте өзекті. Диссертациялық жұмыста берілген тапсрманы орындау үшін жаңа технологияларды орынды қолдана білген.

Жалпы, магистрлік диссертация "өте жақсы" (90%) деген баға, ал магистрант Садықов Сакен 7M06201 – «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «техника ғылымдарының магистрі» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Ғылыми жетекші

Ассистент-профессоры,

Доктор PhD

Хабай Анар Хабай Анар

(қолы)

«20» мамыр 2022 ж.

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Сарапшы пікірі

Магистрант: Садыков Сакен Куанышевич

Мамандық: 7М06201 «Телекоммуникация»

Магистерлік диссертацияның тақырыбы: Берілген аумақтағы жағдайды бақылауға арналған радиосигнал жүйесін басқару алгоритмін құру.

Магистерлік диссертация 60 А4 беттен, 7 кестеден, 40 суреттен, пайдаланылған әдебиеттер саны 50-ден тұрады.

Берілген магистерлік жұмыста қисық жолдағы мақсатты бақылау алгоритмі жүйесі ұсынылған. Миллиметрлік толқындар радарымен автокөліктердің белгіленген аумақтағы жағдайды бақылау схемасын талдап радарлық бақылау алгоритмін құрылды. Берілген аумақтағы жағдайды бақылауға арналған радиосигнал жүйесін басқару алгоритмін Matlab Simulink ортасында моделденді.

Бірінші бөлімде тақырыпқа сай әдебиеттерге шолу жасалды.

Екінші және үшінші бөлімде алгоритмнің математикалық моделі есептелді және Matlab бағдарламасында тәжірибе жүзінде алгоритмнің жұмысы дәлелденді.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған.

Бұл диссертациялық жұмыс жоғары оқу орындарының талаптарына сай, тақырыбы да өзекті деп санаймын. Магистерлік диссертация «өте жақсы» (90) деп бағаланып, жоба авторы Садыков Сакен Куанышевич 7М06201 – «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «техника ғылымдарының магистрі» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

**Техникалық ғыл.канд.,
АУЭС профессоры**



Чечимбаева К.С.

