

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ



Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Каманов Бакдаулет Нұрланұлы

«Мобильді роботтың қозғалысын басқаруға арналған көлемді көру жүйесі»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071600 – Аспап жасау мамандығы

Алматы 2020



Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ

РТжАТҚ кафедра меңгерушісі

техника ғылым кандидаты



Қ.А. Ожикенов

«23» мамыр 2020 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Мобильді роботтың қозғалысын басқаруға арналған көлемді көру жүйесі»

5B071600 – Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындады

Каманов Бақдаулет

Ғылыми жетекшісі

Физика математика

ғылымдар кандидаты,

қауымдастырылған профессор



Бактыбаев М.К.

« 23 » мамыр 2020ж

Алматы 2020



SATBAYEV
UNIVERSITY

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

5B071600 – Аспап жасау

БЕКІТЕМІН

РТжАТҚ кафедра меңгерушісі
техника ғылым кандидаты



Қ.А. Ожикенов

«23» қантар 2020 ж.

ТАПСЫРМА

дипломдық жұмысты орындауға

Білім алушыға Каманов Бақдаулет Нұрланұлы

Тақырыбы: Мобильді роботтың қозғалысын басқаруға арналған көлемді көру жүйесі

Университет ректорының бұйрығымен бекітілген №726-б «27» қантар 2020 ж.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «15» мамыр 2020 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері: мобильді роботтың көру қабілеттілігінің кеңейтілген жүйесі, оның жұмыс істеуіне қажетті бағдарламалық жасақтаманы құру.

Дипломдық жұмыста әзірленуге жататын мәселелер тізімі:

а) Мобильді робототехникада көлемді техникалық көру жүйесін пайдалану

б) Көріністің үшөлшемді сипаттамасын алу үшін құрылымдық жарықтандыруды пайдалану

в) Нысанның көлемді сипаттамасын 2D кескінінің проекциясы арқылы визуализациялау

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

11 слайд

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 20 әдебиеттер тізімі

**Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	22.01 – 15.02.2020 ж.	Орындалды
Есептеу бөлімі	22.01 – 15.02.2020 ж.	Орындалды
Бағдарламалық бөлім	15.03 – 20.04.2020 ж.	Орындалды
Зерттеу бөлімі	15.03 – 20.04.2020 ж.	Орындалды
Қорытынды бөлім	15.03 – 20.04.2020 ж.	Орындалды

Аяқталған дипломдық жобаға және оған қытысты бөлімдерінің кеңесшілері
мен қалып бақылаушының

ҚОЛТАҢБАЛАРЫ

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекшілер, кеңесшілер, (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Ж.С.Бигалиева, техника ғылымдары магистрі, лектор	23.05.2020 ж.	



Ғылыми жетекшісі

Бақтыбаев М.К .



Тапсырманы орындауға алған білім алушы

Каманов Б.Н.

Күні «23» мамыр 2020 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыста құрылымдалған жарық беру әдісіне негізделген көлемді көру жүйесін әзірлеумен байланысты мәселелер қарастырылды. Мұндай жүйенің артықшылығы жеткіліксіз жарықтандыруда және толық қараңғыда жұмыс істеу мүмкіндігі болып табылады. Әзірленген жүйе жоғары жылдамдықпен түсіруді жүзеге асырады, бұл мобильді роботтың қозғалысы барысында сахнаның көлемді сипаттамасын алуға мүмкіндік береді. Жүйемен қалыптастырылатын сахнаның көлемді сипаттамасы бойынша өлшеуді жүргізуге, күрделі фонда объектілерді іздестіруді жүзеге асыруға, ұтқыр роботты басқару жүйесінде шешімдер қабылдау үшін объектілер мен типтік жағдайларды автоматты сәйкестендіруді жүзеге асыруға болады.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе рассмотрены вопросы, связанные с разработкой системы объемного зрения, основанной на методе структурированной подсветки. Достоинством такой системы является возможность работать при недостаточном освещении и в полной темноте. Разработанная система осуществляет съемку с высокой скоростью, что позволяет получать объемное описание сцены в процессе движения мобильного робота. По объемному описанию сцены, формируемому системой, можно проводить измерения, осуществлять поиск объектов на сложном фоне, осуществлять автоматическую идентификацию объектов и типовых ситуаций для принятия решений в системе управления мобильным роботом.

ABSTRACT

The thesis deals with issues related to the development of a three-dimensional vision system based on the structured illumination method. The advantage of this system is the ability to work in low light and in complete darkness. The developed system takes pictures at high speed, which allows you to get a three-dimensional description of the scene during the movement of the mobile robot. Based on the three-dimensional description of the scene generated by the system, you can make measurements, search for objects against a complex background, and automatically identify objects and typical situations for decision-making in the mobile robot control system.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Мобильді робототехника	10
1.1. Есеп қою	10
1.2. Мобильді роботтардың көлемді көру жүйесіне шолу	13
2 Математикалық қамтамасыз етуді және алгоритмдік көлемді көру телевизиялық жүйесінің құралдары	17
2.1. Көлемді көру жүйесінің математикалық моделін жасау	17
2.2. Көлемді көру жүйесін алгоритмдік қамтамасыз ету	19
3 Көлемді көрудің телевизиялық жүйесін калибрлеу	20
4 Көпкурстық көлемді сипаттаманы құру	27
Қорытынды	
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	

КІРІСПЕ

Адам денсаулығына зиянды төтенше, өмірге қауіпті жағдайларда жұмыс істеу үшін робототехникалық жүйелерді әзірлеу робототехниканың басым міндеті болып табылады. Робототехникалық жүйелер адам ағзасына жағымсыз әсер ететін орталарда жұмыс істеген кезде адамды толығымен алмастыруға арналған. Мобильді роботтар бүгінгі күні құтқару операцияларын жүргізу, жер сілкінісінен кейін үйінділерді талдау кезінде пайдаланылады, қирау салдарын жою үшін жұмыстардың кең спектрін орындайды. Өнеркәсіптік салада мобильді робототехникалық жүйелер негізінде көлік операцияларын автоматтандыру мен кешенді механикаландыруға үлкен көңіл бөлінеді. Автономды мобильді роботтар шешетін міндеттер шеңбері үздіксіз кеңейтіледі және бұл жаңа робот техникаларын әзірлеуді талап етеді. Көптеген мобильді роботтар қабілетті тек қатаң детерминирленген ортада алдын ала берілген қозғалыс алгоритмдері немесе тікелей операторды басқарумен жұмыс істейді. Алайда есептеуіш жүйелердің көп саны есептерді автоматты режимде ұялы робот орындауы мүмкін.

Заманауи мобильді робототехникалық кешендердің сезімталдық жүйесінің міндетті буыны техникалық көру болып табылады. Техникалық көру жүйелеріне (ТКЖ) маңызды рөл беріледі: роботтың жұмыс ортасы туралы көрнекі ақпаратты алу, өңдеу, осы ақпаратты басқару жүйесі мен операторға ағымдағы тактикалық есепті шешу үшін беру. Техникалық көру жүйесі құратын роботтардың сыртқы әлемінің толық сипаттамасы мен қабылдау барабарлығы, қоршаған ортадағы өзгерістерге тез жауап беру мүмкіндігі және роботтың тапсырманы орындаудағы сәттілігі ең маңызды әдіс болып табылады. Күрделі жағдайларда роботты қашықтықтан басқару кезінде теледидар жүйесінің көрнекі ақпараты бойынша мобильді роботты басқаратын оператор сахнаның алынған сипаттамасының жеткіліксіз ақпараттылығына байланысты күрделі қиындықтарға тап болады. Бұл мәселе детерминацияланбаған орта жағдайында автономды жұмыс істеуге арналған робототехникалық жүйелерді құру кезінде аса маңызды рөл атқарады. Күрделі көріну жағдайларында жұмыс істеу мүмкіндігін қамтамасыз ететін техникалық көру жүйесін әзірлеу өзекті мәселе болып табылады.

Зерттеудің перспективалық бағыттарының бірі мобильді робототехникада көлемді техникалық көру жүйесін пайдалану болып табылады. Көлемді көру жүйесі навигация, ұялы роботты қашықтықтан басқару мәселелерінде шешімдер қабылдау үшін роботтың жұмыс аймағындағы жағдайды өлшеудің тиімді құралы болып табылады. Олардың жұмысқа, сахнаға дейінгі қашықтықты өлшеу және оператор бекетінде визуализация немесе автоматты талдау үшін сахнаның көлемді сипаттамасын қалыптастыру мүмкіндігі жоғары.

1 Мобильді робототехника

Біз «робот» терминінен, оның адамдарға ұқсас қарапайым, әмбебап механикалық жұмысты орындауға арналған қарапайым командаларды орындайтын машина екенін түсінеміз. Роботты жинау барысында, ең алдымен көңіл бөлінген нәрсе, мысал ретінде адамның мүмкіндіктерін алып қарастыру болып табылады. Роботты құру идеясы адам өмірін қиын, әрі қауіпті жағдайларда роботқа ауыстыру нәтижесінде пайда болды. Жылдар өте келе робот туралы түсінік кеңінен таралды. Ол адамды алмастыра алатын, адамның шамасы жетпейтін іс-әрекеттерін орындай алатын автоматты машинаны көрсете бастады.

Мобильді робот жұмыс кеңістігінде басқару бағдарламасына сәйкес қозғала алады. Мұндай жұмысқа алдын – ала алгоритм беріліп, бағдарламалануы керек. Әрине, тек жасанды интеллектке негізделіп, тапсырмаларды орындау, іске асыру қабілеттерін дамыту мүмкін еместігі сөзсіз. Бұл роботтар мобильді деп аталады. Өйткені олар операторларға тәуелді емес және олармен байланысты емес.

Қазіргі уақытта роботтар мен роботтық жүйелер қауіп төндіретін салаларда кеңінен қолданылады, мысалы, өндірістік және табиғи апаттар кезіндегі химиялық және атом салаларында. Мобильді роботтарды қол жетімді емес бөлмелерді тексеру және зерттеу, әртүрлі нысандарды бақылау, жұмыс кеңістігі мен ластану карталарын құру сияқты мәселелерді шешу үшін пайдалануға болады.

Жеке мобильді роботпен жұмыс істеу мүмкіндігі шектеулі болып келеді. Өйткені оның жұмысының радиусы кішкентай, әрі орындалатын функциялардың саны аз. Сондықтан күрделі мәселелерді шешу кезінде бір уақытта бірнеше роботты, яғни таратылған роботты жүйені қолданған жөн. Роботтар тобының таратылған жүйесін қолданудың пайдасы айқын. Біріншіден, бұл үлкен әсер ету радиусы, екіншіден, орындалған функциялардың кеңейтілген жиынтығы және сәтсіздікке ұшыраған жағдайда роботтардың топтары арасында мақсатты қайта бөлу мүмкіндігі арқасында қол жеткізілген тапсырманы орындаудың жоғары ықтималдығын көреміз[1].

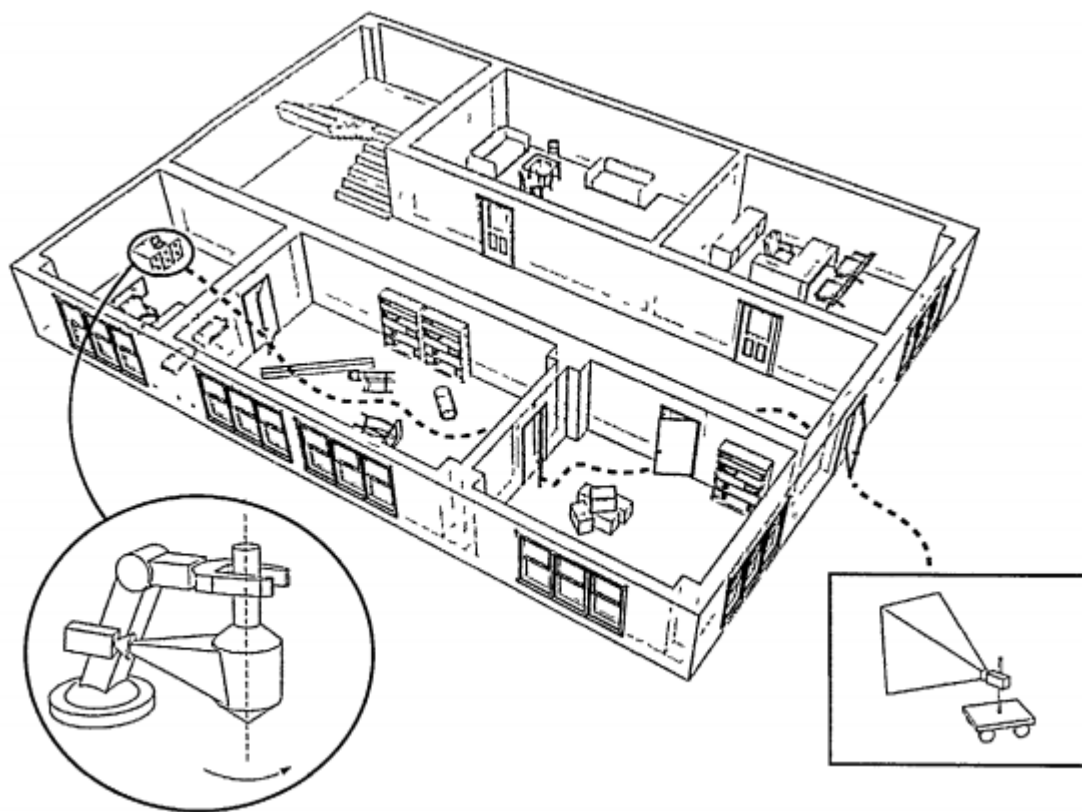
1.1 Есеп қою

Бұл тарауда мобильді роботтың өнеркәсіптік ортадағы және үй ішіндегі анықталмайтын жағдайдағы қозғалысын бақылау міндеті қарастырылған. Және де көру жүйелерін қолдана отырып мобильді роботты басқару мәселелері қарастырылған (1.1 бөлім). 1.2-бөлімде айналадағы көру жүйесі мен нысандардың диапазоны, топографиясы және пішінін өлшеу әдістері туралы талданды.

Көлемді көру жүйелерінің ерекшеліктері: сканерлейтін лазерлік диапазондар, стерео жүйелер, құрылымдалған жарықтандыру жүйелері.

Қарастырылған әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктері атап өтілді. Көріністің үш өлшемді сипаттамасын алу үшін құрылымдық жарықтандыруды пайдалану бірқатар артықшылықтарға ие екендігі бізге көрсетілген. Құрылымдық жарықтандырумен көру жүйесін талдау аяқталды және жалпыланған көлемді көрудің белсенді жүйесінің блок-схемасы берілді[2].

Мобильді роботтарды қолданудың типтік сценарийін қарастырайық. 1.1-суретте мобильді робот қозғалатын бөлме көрсетілген. Еден жоспары мен жылжымалы роботтың қозғалыс бағыты қозғалыс басталғанға дейін белгілі болды деп болжаймыз. Бірақ жағдай толығымен анықталған жоқ, өйткені мобильді роботтар жолда болуы мүмкін белгісіз заттар бар. Кедергілер еден жоспарында объектілердің орналасуы туралы толық ақпараттың болмауынан экологиялық жағдайлардан туындайды. Сондай-ақ жабық есіктер, жылжытылған немесе құлаған нысандар сияқты болжанбайтын экологиялық жағдайлардан туындайды. Ұқсас жұмыс сценарийі мобильді роботтарды қолданудың көптеген саласында пайда болады. Бұған мысал ретінде өндірістік цехтағы көлік роботының қозғалысы, пациенттерге дәрі-дәрмектердің автоматты жеткізілуі, авариядан кейін ауруханаға жеткізілуі болады. Ал енді әйгілі бөлмеде жұмыс жасап көрейік.

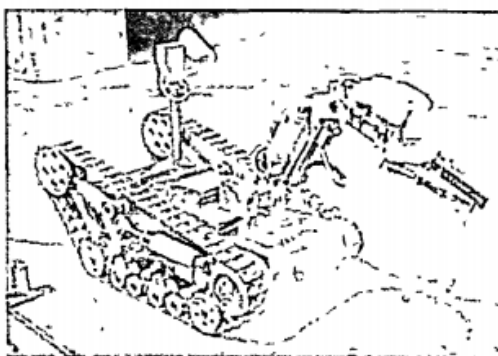


Сурет 1.1 – Мобильді роботты қолдану сценарийі

Осылайша, міндет: мобильді роботтың қозғалысын және дистанционды емес жағдайда жұмыс жасауды басқару немесе автономды басқару. Автоматты

түрде жұмыс орындай алатын роботтар көптен кездеседі. Оператордың араласуынсыз жұмыс жасай алатын роботтарды дамыту міндеті мобильді роботтардың экстремалды қосымшаларында жиі кездеседі. Мысалы, егер сіз команда беру орталығымен байланысты үзсеңіз, өрт роботы қауіпті аймақтан шығып, қайтып оралуы қажет желіден тыс болуы керек. Бұл мәселені дұрыс шеше білу үшін бізге берілген мобильді робот келесі ерекшеліктерге ие болуы қажет:

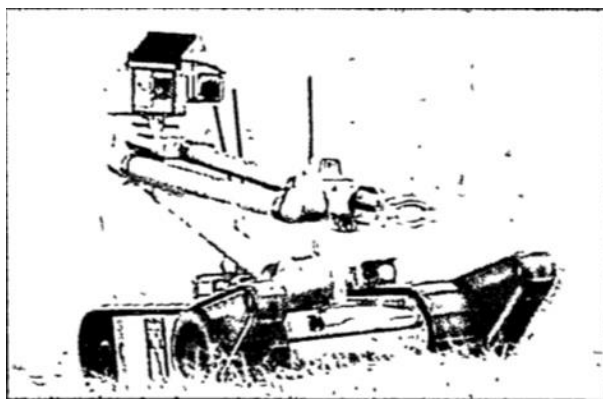
- Роботтың қозғалыс бағытын көңіл бөліп, талдау жүргізу; роботтың патенттілік сипаттамаларына сүйене отырып, жол бойымен жүру кезіндегі кедергілерден өту;
- Робот жүру кезінде пайда болатын жеңіл кедергілерден өту үшін, маневр жасап, төмен бағыттауы жолға оралу; немесе кедергілерді көріп, талдай отырып, маршрутты қайтадан жоспарлау;
- Жоспар бойынша бастапқы толық емес ақпаратты нақтылау және жұмыс енің анықтап, оларды жоспарлап, роботтың қозғалыс траекториясын тексеру;
- Мобильді роботты қашықтықтан басқару кезінде оператордың еңбек өнімділігін арттыру мақсатында бақылау постына жұмыс кезеңінің жай – күйі туралы ақпарат беру.
- Роботтың көру функциясы нашар болған жағдайда, жарығы аз, контрастты заттармен және жұмыс орнының күрделі құрамымен жұмысты жүзеге асыру.



Сурет 1.2 – ЖРК-25 жылжымалы роботты кешені

Роботтың жұмыс істеу ортасы туралы көрнекі ақпаратты алу қарастырылып отырған шешімді шешуге қатысты роботты жүйелердің көмегімен жүзеге асырылады. Бұл ақпарат роботтарды қашықтықтан басқару операторына беруге арналған техникалық жүйелерімен жабдықталған. 1.2-суретте көріп отырғанымыздай, ЖРК-25 жылжымалы робот манипуляторы үш камерадан тұратынын білеміз. Сонымен қатар, жарық беру жүйесінен тұратын теледидарлық бақылау жүйесі бар екенін көреміз. 1.3-суретте төрт мобильді камерасы орнатылған мобильді робот бейнеленген. Осы екі жылжымалы роботтар манипуляторлардан тұрады[3]. ЖРК-25 жылжымалы роботтардың негізгі құралы – көру жүйелері болып табылады. Алайда, бірнеше

телевизиондық камералары болғанымен, мұндай роботтардың жұмыс нысаны бақылаусыз болып, роботтарды басқару қиынға түседі. Мұндай роботтар жоғары білікті операторды қажет етеді. Сонымен қатар, мобильді роботтардың көру мүшесінің нашар болуы мынадай мәселелерге байланысты: жарықтың жеткіліксіздігі, күрделі фон, аз контраст. Және де, масканың түсі бар заттармен жұмыс жасау барысында қашықтықтан басқарудың жоғары маңыздылығын атап өткен жөн.



1.3 - сурет – IRobot 510 мобильді роботы (АҚШ)

Автономды мобильді роботтар үшін дәстүрлі екі өлшемді (2D) ТКЖ (техникалық көру жүйесі) роботқа сахна құрылымы туралы қосымша ақпарат береді. Гностикалық қозғалыстарды және әртүрлі типтегі сенсорлардан ақпаратты біріктіретін күрделі басқару алгоритмдерін талап етеді[4].

Көлемді көру жүйелерінде дәстүрлі ТКЖ кемшіліктері мен шектеулері жоқ Стереo жұптарға немесе лазерлік диапазонға негізделген. Қоршау жүйелерінің қазіргі үлгілері қарапайым нысандарға дейінгі қашықтықты өлшеу және жұмыс алаңының үш өлшемді құрылымын қалпына келтіреді. Және де қарапайым ТКЖ қарағанда жақсы шешуге мүмкіндік береді. Ұялы роботтың қозғалысын бақылау үшін қолданыстағы көру жүйелерін қолдану ерекшеліктерін толығырақ талдап көрейік.

1.2 Мобильді роботтардың көлемді көру жүйесіне шолу

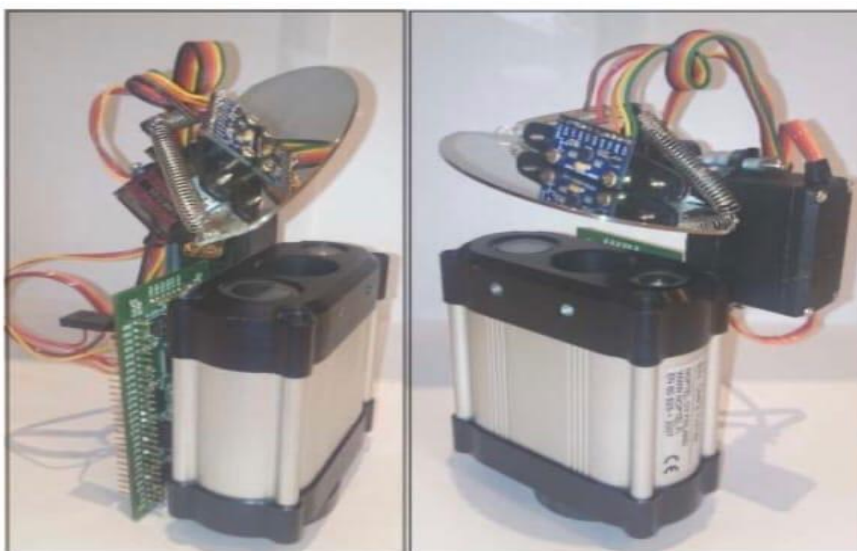
Қазіргі уақытта үш өлшемді нысандардың ауқымы мен формасын өлшеу әдістерінің көп саны бізге белгілі. Бұл мәселені шешудің әр түрлі тәсілдерінің егжей-тегжейлі жіктелуін табуға болады. Мобильді роботтық жүйелердің сенсорлық жүйелеріндегі координаттарды өлшеудің оптикалық әдістері. Көп қолданылатын:

- алыс қашықтықтағы жүйелер (лазерлік диапазондар);
- стереo жүйелер;
- құрылымдық жарықтандыру жүйелері.

Зерттеу нысаны ретінде лазерлік диапазонын тапқышты қолдандық (1.4-сурет), сынама алу жиілігі 4 кГц, ал өлшеу диапазоны 90 м дейін.



1.4 сурет- “Noptel CMP3-30” лазерлік диапазоны



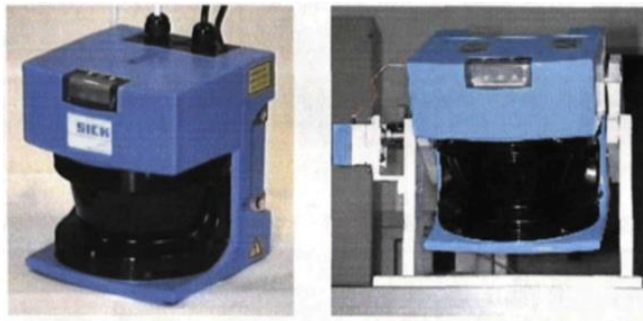
1.5 сурет -Үш өлшемді сканердің ішкі көрінісі

Сканерді қолдану көлденең бұрышы 60 градус және көлбеу бұрышы 45 градус болатын кез-келген объектіге қашықтықты 90 метр радиуста секундына екі рет (2 Гц) алуға мүмкіндік берді. Көру жүйесінің элементтерінің бірі болып табылатын дамыған көлемді сканерлеу құралын қолдану автономды қозғалмалы автокөлікпен қоршаған ортаны қабылдауды жақсартады[5].

Лазерге негізделген ұзақ қашықтықтағы жүйелердің артықшылығы диапазонды өлшегіштер – бұл өлшеу ауқымы диапазоны болады. Лазерлік радиоқабылдағыштардың дәлдігі өте жоғары болады. Бұл өлшеу қателігі объектінің ара қашықтығына байланысты емес, осылай өлшейді: Ұзын қашықтықтағы жүйелер бір нүктеде өлшенеді, бұл үш өлшемді суретті алу үшін қатты бұрышта сканерлеуді (сәулені сыпыруды) қажет етеді. 1.6а-суретте сәулелік сканерлеуді 180 ° жазықтықта жүргізетін лазерлік диапазонды іздеудің мысалын көрсетеді. Бұл құрылғыны өлшеудің нәтижесі - сәуленің жазықтығында жатқан объектілердің жақын нүктелеріне дейінгі арақашықтық.

Бұл сенсордың жұмыс диапазоны 0-ден 80 м-ге дейін, қашықтық өлшеуінің максималды қателігі барлық қашықтық диапазонында $\pm 15\text{мм}$.

Бұрыш түсіру максималды жиілігіндегі ажыратымдылық: 1° ($0,017$ рад).



а)

б)

1.6 сурет - а) SICK LMS200 лазерлік диапазон іздеуші, б) лазерлік диапазон негізіндегі көлемді көру жүйесі

Жұмыс алаңының толық көлемді кескінін алу үшін көптеген жазық учаскелерді дәйекті түрде тіркейтін сканерлеу жазықтығының көлбеуі өзгертіледі. 1.6б-суретте Фраунхофер институтында жасалған лазерлік диапазон негізіндегі көлемді көру жүйесі, сканерлеу жазықтығының көлбеу бұрышын өзгертуге арналған серво жетегі бар. Иілу бұрышының өзгеру диапазоны - 120° , жазықтықтың дискретті позицияларының саны - 256. Осы жүйені қолдана отырып, 181 жұмыс аймағының 256 нүктеге ұзақ қашықтықтағы суретін сканерлеуге 3,4 секунд уақыт кетеді. 1.7- суретте осы көлемді көру жүйесімен жабдықталған мобильді роботын көрсетеді[6].



1.7 сурет - Kurt3D мобильді роботы

Координаталарды өлшеудің көптеген оптикалық әдістеріне тән практикалық шектеулерге мыналарды жатқызуға болады: айна, мөлдір заттар, тығыз уран, қатты түтінмен жұмыстың жүзеге аспауы. Бұл шектеулер негізгі болып табылады, өйткені олар толқындардың оптикалық диапазонын пайдалану кезінде алынып тасталмайды.

Мобильді роботты басқаруды жүзеге асыру кезінде көру жүйесі роботтың қозғалыс бағыты бойынша жұмыс жасау аймағы бойынша мәлімет алуы қажет. Ал кедергілерді анықтау жүйесінің мүмкіндіктері кедергілерді анықтаған сәттен бастап мобильді робот шешім қабылдауға тырысады. Маневр жасауды қабылдамай тұрып, соқтығысуға дейін жеткілікті уақыт берілуі қажет. Осыған қойылатын маңызды талаптар:

- Ұтқыр мобильді роботтың үхдіксіз қозғалысы барысында айналасын камерамен түсіру мүмкіндігі

Нақты уақытта ұсынудың көлемдік сипаттамаларын алу және талдау үшін жеткілікті алгоритмдердің жоғары жылдамдығы, оны анықтау;

- Гетерогенді фондағы сыртқы жарықтандыру күйінен тәуелсіздік алгоритмдерінің тұрақтылығы мен көріністің күрделі құрамы

Осы шарттардың орындалуы өлшеу нәтижелерін пайдалануға мүмкіндік береді. Талдау негізінде роботтық жүйенің бөлігі ретінде құрылымдық жарықтандырумен көлемді көру жүйесін пайдалану ұсынылады. Ол жұмыс орнының көлемдік сипаттамасын жасауға және мобильді роботтың детерминирленген емес ортадағы қозғалысын басқаруға мүмкіндік береді[7].

Құрылымдық жарықтандыру әдісі үш өлшемді координаталық ақпаратты алу үшін көру жүйесінде кеңінен қолданылады. Құрылымдық жарықтандыру кезінде басқарылатынды түсіну керек стерео-корреспонденция мәселесін шешуді жеңілдететін сахналық жарықтандыру. Стерео кескіндер жұбы үшін кескін элементтері арасындағы кеңістіктік сәйкестікті орнату мәселесі құрылымдық жарықтандыру әдісінде алынады. Объектіні детерминистік құрылымдық суретпен жарықтандыру арқасында жүзеге асады. Камераның матрицасындағы нүктенің проекциясының координаттары мен проекциялық жүйенің координаталар жүйесіндегі орны арасындағы сәйкестікті орнату керек. Және суреттегі артқы жарық сигналын декодтау тиімді әрі дұрыс шешіледі.

Көру жүйесінің негізгі бөліктері - проекциялау жүйесі (артқы жарық генераторы) және қабылдау жүйесі (бір немесе бірнеше камера). Қабылдайтын оптикалық жүйе сәулеленуді байқау объектілерінен түрлендіреді және радиациялық қабылдағышта сурет қалыптастырады. Тіркеуші – бұл компьютерге және есептеу жүйесінің өзіне ақпарат енгізуге арналған құрылғы. Бақылау объектісінің сәулеленуіне әсер ететін стерео жүйелерден немесе құрылымдық жарықтандырылған жүйеде табиғи көздерден пайда болатын сәулеленуден айырмашылығы көп. Байқау объектісін жарықтандыру сәулелік генератор құрамына кіретін сәулелену көзі арқылы жүзеге асырылады[8].

2 Математикалық қамтамасыз етуді және алгоритмдік көлемді көру телевизиялық жүйесінің құралдары

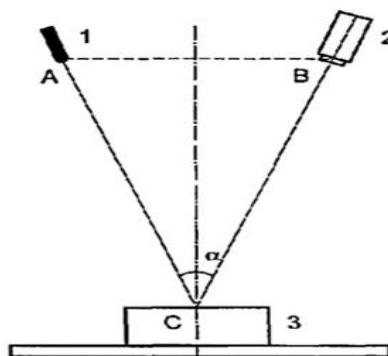
Бұл тарауда көріністің үш өлшемді сипаттамасын алу әдісі ұсынылған. Үш өлшемді көру үшін теледидарлық жүйенің негізін құрайтын математикалық бағдарламалық қамтамасыздандыру, алгоритмдер мен бағдарламалық жасақтама әзірленген. Таңдалған әдісті, құрамды, жұмыс принципін және құрылымдық ерекшеліктерін негізделген жүйенің ерекшеліктерін егжей-тегжейлі сипаттау 2.1 бөлімінде келтірілген. Жүйенің формалды математикалық моделі жан-жақты талқыланады.

Болашақта біз жүйені құрудың және алгоритмдерді әзірлеудің кейбір аспектілеріне жүгінеміз. Құрылымдық бөлектеу әдісіндегі басты мәселе - координаталарды анықтау мәселесін біржақты шешуді қамтамасыз ететін бөлектеу құрылымын таңдау. Артқы жарықтандыруды кодтау әдісін жасауға арналған. Кодтардың реттілігі және оларды құру алгоритмдері қарастырылған.

Бағдарламалық жасақтаманы құру және жүйенің алгоритмдік сүйемелдеуінің кезеңдері туралы дәйекті келтірілген. Мұнда көлемді сипаттаманы қалыптастыруға қажетті алгоритмдік құралдардың құрамы келтірілген, алгоритмдік тірек құрылымы ұсынылған, алгоритмдік жүйелер сипатталған[9].

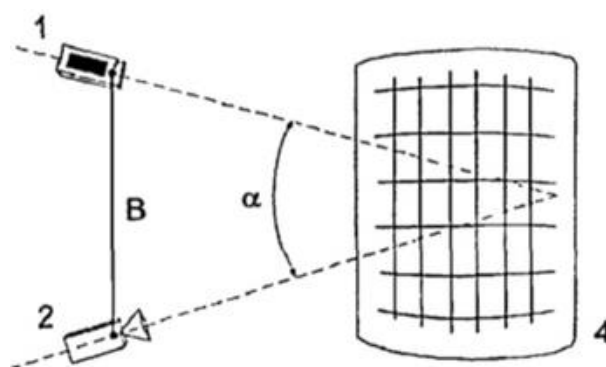
2.1 Көлемді көру жүйесінің математикалық моделін жасау

Алдымен үш өлшемді объект немесе көрініс лазер сәулесімен жарықтандырылған активті триангуляция әдісінің ең қарапайым жүзеге асырылуын қарастырайық (2.1-сурет). 2 жазу жүйесі оның оптикалық осінің бағыты 1 лазер сәулесіне қатысты белгілі бір бұрыш болатындай етіп орналастырылған. Бұл C нүктесінің үш өлшемді координаттарын объект бетіндегі сәуленің орнынан анықтауға мүмкіндік береді. Нүктенің координаталарын ABC үшбұрышының жақтары мен бұрыштары арасындағы геометриялық байланыстардан есептеуге болады (демек, әдіс атауы).



2.1 сурет - Активті триангуляция әдісінің схемасы. Диаграммадағы сандар. 1-лазер, 2-магнитофон, 3- объект

Триангуляция жүйесінің геометриялық схемасының негізгі параметрлері АВ базалық қашықтығы және α параллакс бұрышы болып табылады (2.1-сурет). Нысанның барлық нүктелерін өлшеу үшін лазер сәулесі бетіне қатысты қозғалады. Бұл тәсілді одан әрі дамыту құрылымдық бөлектеу әдісінің пайда болуына әкелуі негізгі айырмашылық болып табылады. Құрылымдық жарықтандыру әдісінің бір жағы - бір жақтауда бір уақытта көптеген беттік профильдер жазылады (2.2-сурет).

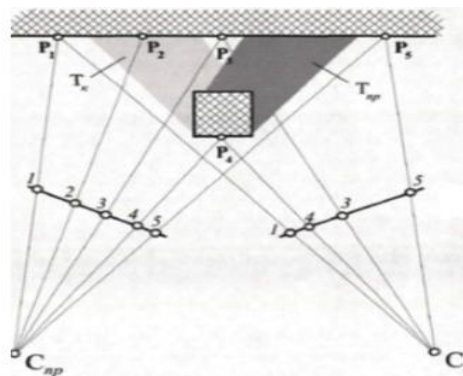


2.2 сурет - Құрылымдық жарықтандыру принципіне негізделген белсенді триангуляция жүйесінің геометриялық диаграммасы

2.2-суретте белгіленген: 1 - параллельді жалпақ сәулелердің екі қатарынан тұратын генератордың артқы жарығы; 2 - магнитофон (камера); 3 - сканерленген объект; В - негізгі қашықтық, α - параллакс бұрышы.

Қабылдағышта тіркелген әрбір беткі нүкте үшін артқы жарық құрылымының элементін анықтау жүзеге асырылады - артқы жарықтың декодталуы қызметін атқарады. Артқы жарық құрылымы жолақтар жүйесі болған жағдайда декодтау жолақтың сериялық нөмірін анықтауда азаяды[10]. Проекциялық жүйенің мөлдірлігіне өзінің орнын белгілейді. Іс жүзінде өткір жер бедерінің айырмашылықтары, геометриялық көлеңке аудандарының болуы сызық нөмірлерін анықтау процедурасын қиындатады. Және де декодтауда түсініксіздікке әкеледі. 2.3-суретте осындай жағдайдың мысалы көрсетілген.

Проекциялық жүйе



Қабылдау жүйесі

2.3 сурет - Көріністің күрделі топографиясынан туындаған артқы жарықтың периодты құрылымын декодтаудың анық еместігі

Көрініс рельефінің күрт өзгеруіне байланысты қабылдау жүйесіндегі жолақтардың тәртібі жазық экранда байқалған тәртіптен ерекшеленеді.

Бұл жолақтардың санын анықтауда қателіктерге әкеледі. Көрсетілгендей, қабылдау жүйесінің геометриялық көлеңке аймағында артқы жарық сигналының бір бөлігін жоғалтуға болады[11]. Проекциялық жүйенің геометриялық көлеңке аймағында тірек сәулесімен жарықтандырылмаған көріністі тіркеуге болады. Осы құбылыстарға жүйенің сезімталдығын төмендету үшін артқы жарық құрылымын кодтау әдістері қолданылады. Тасымалдаушыларды кодтау әдістерін қолдану құрылымның толық кескінін көрмей-ақ кескіндегі құрылым элементін бірегейлендіруге мүмкіндік береді.

Енді жүйенің жеке компоненттерін қарастырамыз құрылымдық жарықтандыру және проекциялау және қабылдау жүйелерінің математикалық модельдерін енгізу.

2.2 Көлемді көру жүйесін алгоритмдік қамтамасыз ету

Артқы фонды анықтау қабылдау жүйесінде код белгілерін тіркеуден және оларды код ретіндегі сөздермен біріктіруден тұрады. Анықтау алгоритмі шешетін міндет құрылымдық жарықпен жарықтандырылған көрініс көрінісінен артқы жарықтың бастапқы кеңістіктік құрылымын қалпына келтіру болып табылады. Анықтау алгоритмінің жұмысының нәтижесінде кеңістік құрылымының графигі жасалады. Ол одан әрі декодтау алгоритмінде қолданылады. Анықтау алгоритмі мыналарды қамтиды суреттің фильтріне, сегментациясына және морфологиялық анализіне арналған алгоритмдердің бірізділігі, артқы жарық құрылымын тұрақты оқшаулау үшін қажет. Оның астындағы беттің шағылысу қасиеттерінің гетерогенділігі. Тегіс затқа бағытталған жарықтандыру түрі күріш. Құрылымдық элементтерді бөлектеу үшін суретті алдын-ала өңдеу. Артқы жарық келесі қадамдардан тұрады:

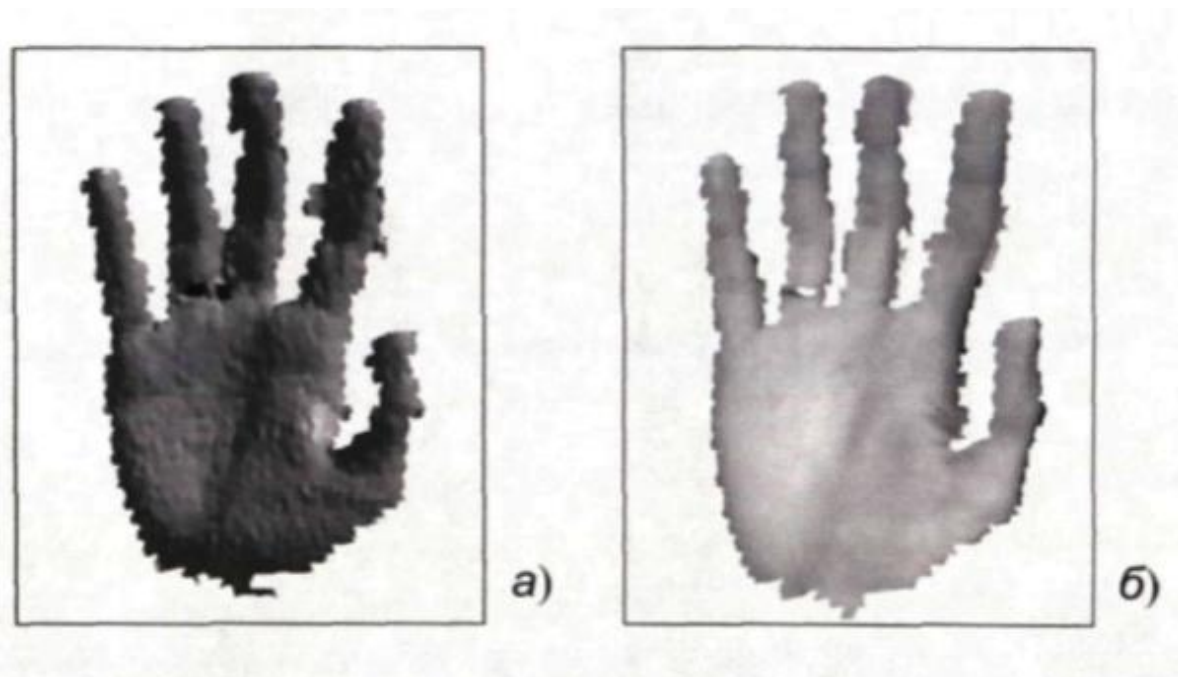
- маска кескінін сүзу (жылжытылатын орташа сүзгі);

- контурларды таңдау (көлденең және вертикальды қолдану);
- контурлық дайындықты алу, шекті екілік ету;
- қысқартылған құрылымдар, құрылымдар мен сегментацияларды байланыстыру[12].

Нысанның көлемді сипаттамасын 2D кескінінің проекциясы арқылы визуализациялау объектінің фотореалистік моделін бір жақтан береді. 2.3а-суретте объектінің бетінің шағылысу қасиеттері туралы ақпаратсыз объектінің көлемдік сипаттамасын визуализациялау мысалы келтірілген. 2.3б- суретте сол объектінің үш өлшемді сипаттамасын 2D кескінінің проекциясы арқылы визуализация көрсетеді. 2D кескіні бейнекамерасынан алынған тақырыпты үш өлшемді сипаттаумен жүйелі түрде құрылымды жарықтандыруды өшіру (екі жақтаудың арасындағы кішігірім қозғалысты елемеу). Нысанның үш өлшемді сипаттамасын ұсыну әдісі ретінде бетті дәл сызықты жақындату - көпбұрышты модель таңдалды.

3 Көлемді көрудің телевизиялық жүйесін калибрлеу

Мобильді роботтың басқару жүйесінде көлемдік сипаттаманы пайдалану үшін жұмыс аймағы объектілерінің координаттары мен сызықтық өлшемдерін өлшеу қажет. Көлемді көру жүйесін қолдана отырып координаталық ақпаратты өлшеу жүйені калибрлеусіз мүмкін емес. Калибрлеу міндеті 2.1 бөлімінде алынған жүйенің математикалық моделінің белгісіз параметрлерін анықтау болып табылады. Көлемді көру жүйесі анықтамалық элементтері бар анықтамалық калибрлеу көрінісін өлшеу арқылы тексеріледі. Алгоритм жүйесін калибрлеу үшін калибрлеу сахнасын құрудың қолданыстағы әдістерін қайта қарау қажет. Құрылымдық жарықтандыру, байланыстырушы элементтерді қолдану түрлері және оларды анықтау әдістері көрсетілген. Салыстырмалы зерттеу негізінде үш өлшемді көру жүйесін калибрлеу әдісі ұсынылды. Сілтеме элементтерін автоматты түрде таңдауды қамтамасыз ететін калибрлеу сахнасының суреттерін өңдеу алгоритмдері сипатталған.

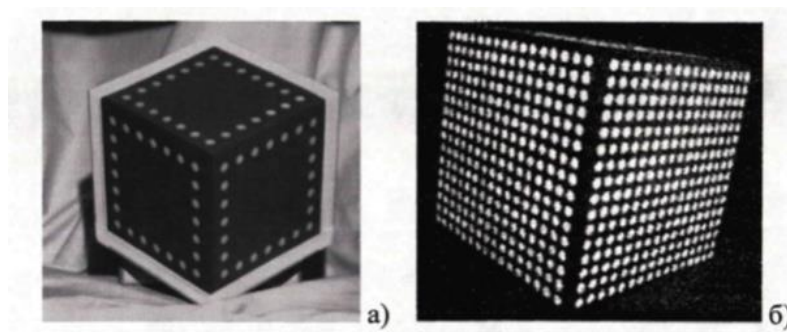


3.1 сурет -Қол объектісінің көлемдік сипаттамасын визуализациялау:
а) заттың бетін көпбұрышты жақындату; ә)визуализация 2D кескіні бар 3D сипаттамасы

Өлшеу координаталары әдісінің дәлдігіне талдау жасалды. Пайдаланылған әдістердің жүйелік және кездейсоқ қателіктерін анықтау үшін дәлдікті бағалау әдісі таңдалады. Әзірленген әдістеме объектінің бетіндегі нүктелердің координаталарын есептеу алгоритмін зерттеу үшін керек. Ал калибрлеу сахнасын құрудағы әртүрлі тәсілдер үшін калибрлеу әдістерінің дәлдігін салыстырмалы талдау үшін қызмет етті[13].

Көлемді көру жүйесін калибрлеу үшін сілтеме элементтері бар сілтеме нысаны немесе көрініс қолданылады. Анықтамалық объектіге немесе көрініске қойылатын басты талап - мүмкіндігінше дәл көбею. Сілтеме координаттарын өлшеу калибрлеу бойынша жүргізілетін элементтер болып табылады. Көптеген әдістер калибрлеу үшін анықтамалық нысандарды немесе бояу элементтерін пайдаланады, оларды кескінде толық автоматты режимде оңай анықтауға болады. Анықтамалық элементтердің конфигурациясы жоғары дәлдікті қамтамасыз ете отырып, оларды кескіннен табудың тиімді алгоритмін құруға болатындай етіп таңдалады. Анықтамалық объектінің дизайны жарамдылық, форманың қажетті тұрақтылығы, сілтеме элементтерінің жай-күйін метрологиялық куәландыру шарттары бойынша таңдалады. Телевизиялық камералар мен құрылымдық жарықтандыру жүйелерін калибрлеу сахнасын құрудың әртүрлі тәсілдерін қолданады. Калибрлеудің танымал әдістеріне толығырақ тоқталайық.

1) Кубтық нысандар



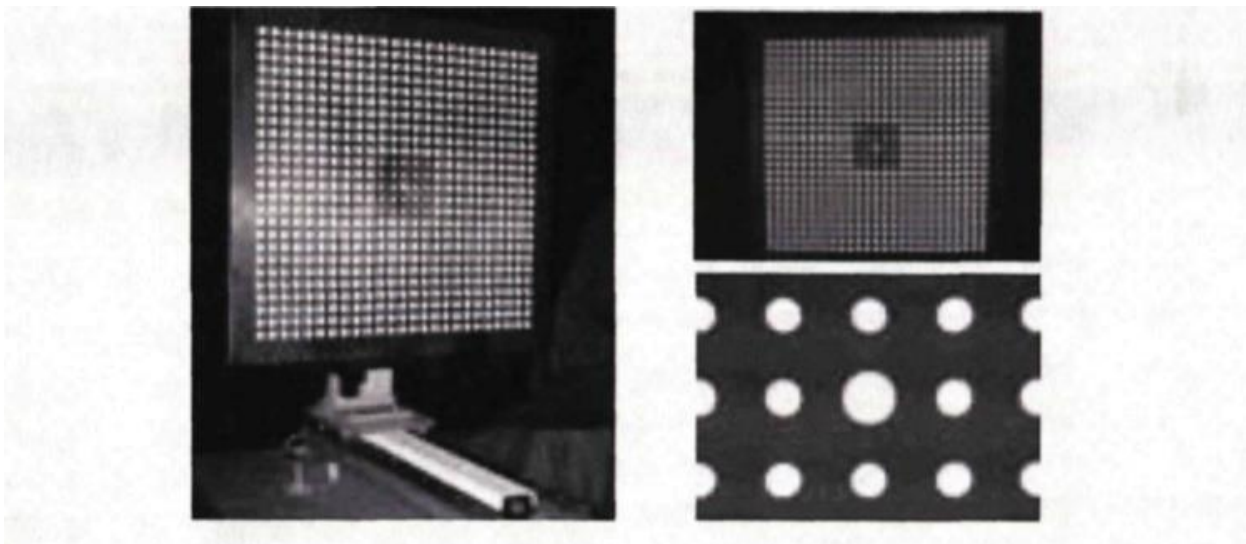
2.1

3.2 сурет - Дөңгелек тірек нүктелері бар кубтық нысанды калибрлеу мысалдары

Ең көп таралған калибрлеу әдістерінің бірі - текшелік нысанды қолдана отырып калибрлеу. Жақсы анықталған эталондар объектінің бетіне қолданылады (3.1-сурет), эталондық белгілердің орталықтарының орны метрологиялық сертификатталған. Калибрлеу суретте автоматты түрде таңдалған сілтеме элементтерінде жүзеге асырылады. Бұл жағдайда жүйенің толық калибрленуін сілтеме элементтері көрсетілген текшенің екі немесе үш бетінің бір кескінінен алуға болады. Калибрлеу дәлдігін жақсарту үшін көбінесе тірек нүктелерінің санын көбейтуге тырысыңыз.

2) Жылжымалы жазықтық

Калибрлеу нысаны (3.2-сурет) - бекітілген тірек нүктелері бар жазықтық. Калибрлеу үшін жұмыс аймағының әртүрлі нүктелеріне орналастырылған калибрлеу объектісінің бірнеше кескіндері қолданылады. Осы әдіспен калибрлеу үшін калибрлеу объектісінің әртүрлі позициядағы орналасуы мен бағыты белгілі болуы керек. Нысанның нақты қозғалысына арнайы жабдықтың көмегімен қол жеткізіледі.

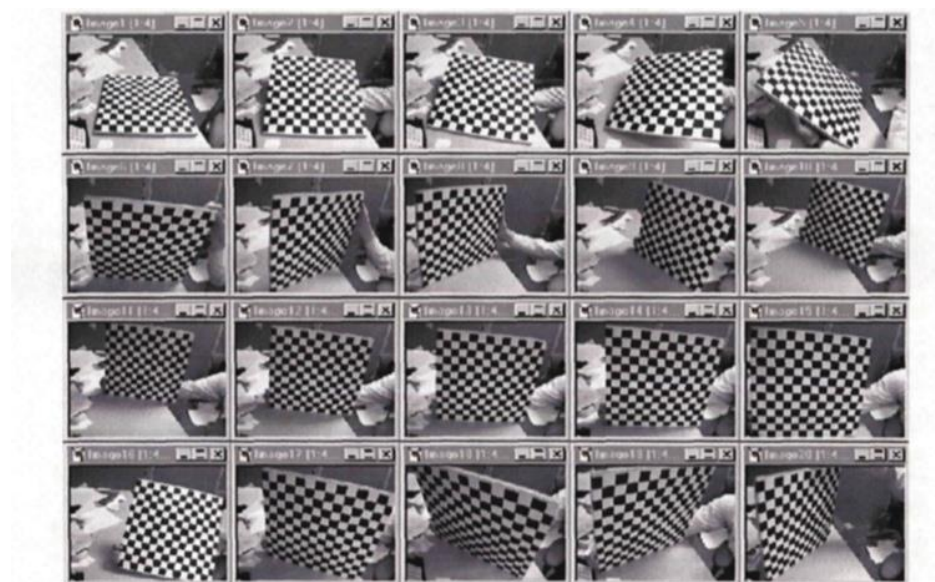


3.3 сурет -Дөңгелек тірек нүктелері бар жылжымалы жазықтық

Бұл әдістің артықшылығы калибрлеу үшін көп нысанды қолдану мүмкіндігімен (объектінің бірнеше позициясында және бірнеше объектінің сызығында жазылған), текшелік нысандармен салыстырғанда жұмыс аймағы мен камераның көру өрісін неғұрлым көп қамтуды қажет етеді. Осы әдіспен алынатын калибрлеу дәлдігі кубтық заттармен салыстырғанға қарағанда жоғары[14].

3 Ерікті позициядағы жазықтық

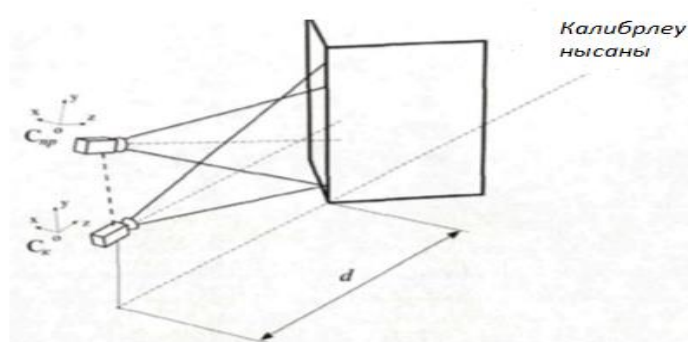
Телевизиялық камераларды калибрлеу үшін калибрлеу нысандарын дәл орналастыруды қажет етпейтін жалпақ заттарды калибрлеу әдістері жасалды. Бұл әдістер әр кадрдағы жазықтықтардың орналасуы мен бағытын алдын-ала білмейді және олар еркін болуы мүмкін (3.3-сурет). Калибрлеу объектілерінің координаталық жүйелерінің салыстырмалы жағдайы осында калибрлеу кезінде камераның математикалық моделінің параметрлерімен бірге анықталады.



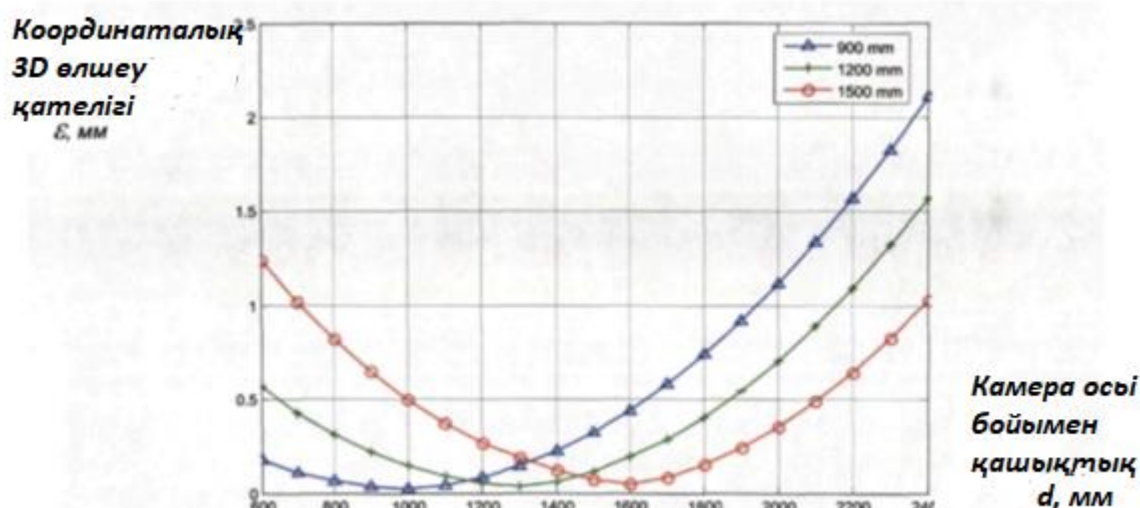
3.4 Сурет - Камераны калибрлеу жазықтықта еркін күйде

Белгісіз параметрлердің көбірек санын анықтау қажет болғандықтан, калибрлеу үшін кадрлардың көбірек саны қажет. Шешімнің тұрақтылығы мен дәлдігін жоғарылату үшін камераның көріну аймағында жазықтықтың әртүрлі позициясы мен бұрыштарын таңдау ұсынылады (3.3-сурет). Жақтау санының артуы ерітіндінің тұрақтылығы мен дәлдігінің артуына әкеледі. Іс жүзінде, осы топтың әдістерін қолдана отырып, калибрлеу дәлдігі текшелік нысандарды немесе жылжымалы жазықтықты қолданумен салыстырғанға қарағанда төмен. Әдістің артықшылықтарының ішінде калибрлеу объектілерінің қол жетімділігі мен калибрлеудің қарапайымдылығын атап өту керек[15].

Модельдеу кезінде калибрлеу нысаны екі перпендикуляр жазықтық болып табылады және суретте көрсетілген диаграммада көрсетілгендей, жүйенің алдына орнатылған деп санаймыз 3.4-сурет.



3.5 сурет - Калибрлеу әдістерінің дәлдігін сандық модельдеуге арналған калибрлеу сахнасының диаграммасы



3.6 сурет - Калибрлеу объектісінің жағдайына байланысты салыстырмалы калибрлеу дәлдігі

Суреттегі графиктер. 3.5 $d = 900$ мм, 1200 мм, 1500 мм қашықтықтарда орнатылған бір калибрлеу объектісінен тұратын калибрлеу көріністерінің қашықтықтарына байланысты. Координаталық өлшеулердің жүйелік калибрлеуіндегі өзгерістер заңдылықтарын көрсетеді. Біз әрбір калибрлеу сахнасы үшін ең аз жүйелі қателік калибрлеу объектісі орналасқан аймақта алынғанын білеміз[17]. Ал ең үлкен қателіктің мәні калибрлеу объектісінің орнынан максималды қашықтықта байқалғанын көреміз. Осылайша, жұмыс аймағының шетіндегі калибрлеу қатесін азайту үшін калибрлеу объектісін жұмыс аймағының ортасына қою ұсынылады. Бұл жағдайда нысанды 1500 мм-де орналастыру жұмыс аймағының ең алыс шекарасында жақсы нәтиже береді, ал жұмыс аймағындағы қателік 1,3мм-ден аспайды.

Өлшеу процедурасы автономды сынақтардың бағдарламасы мен әдіснамасына сәйкес келеді. Тестілеу алдында жүйе калибрленді[18].

Калибрлеу нәтижелері:

1. Қабылдайтын жүйені калибрлеу

Калибрлеу үшін пайдаланылатын сілтеме элементтерінің саны: 291. Қабылдау жүйесі үшін ішкі параметрлердің матрицасы:

$C=3.56823893791248$	0.01174517600160	-0.04919525035659
-0.0000000000000000	2.66567033523848	0.00061619677776
-0.0000000000000000	0.0000000000000001	1.0000000000000000

Қабылдау жүйесін калибрлеу кезінде кескіндегі кадрлар орталықтарының координаталарының қалдықтарының орташа-квадраттық бағасы: 0,96871 пиксель.

2. Проекциялау жүйесін калибрлеу

Пайдаланылған сілтеме элементтерінің саны Калибрлеу үшін: 246.
Проекциялау жүйесі үшін алынған ішкі параметрлердің матрицасы:

$P=275.389055725669$
 -0.0000000000000000

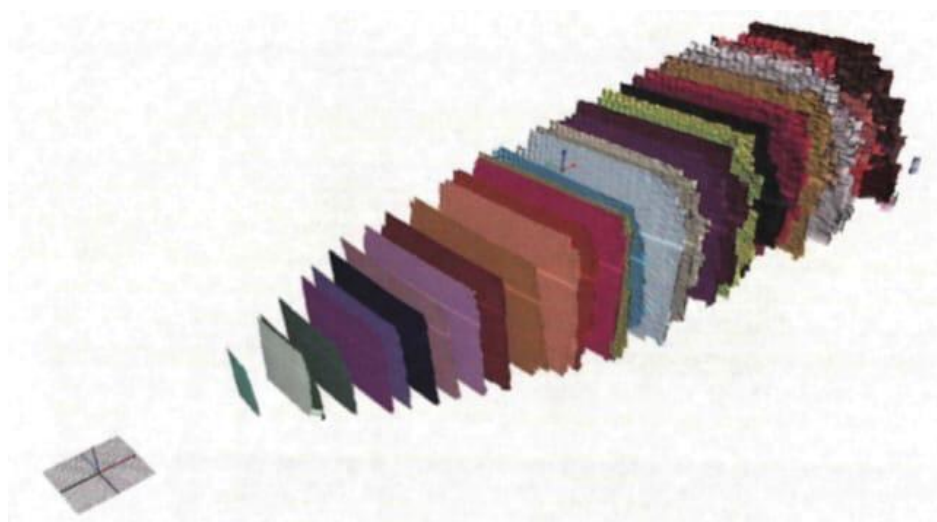
129.768693714096
 1.0000000000000000

Проекциялау жүйесінің координаталар жүйесіндегі жақтау орталықтарының координаттарының қалдықтарының квадраттық мәні түбірдің орташа квадраттық мәні болды: 0.029070 жол.

Жақтаудың кеңістіктік координаттарын өлшеу дәлдігінің түбірлік квадраттық мәні: 0.366865 мм.

Калибрлеу объектісінің беткі нүктелерінің кеңістіктік координаттарын өлшеу дәлдігінің квадраттық мәні: 0.371970 мм.

Жұмыс аймағының көлемін өлшеу үшін типтік кедергілер жиынтығынан сілтеме нысаны (жазықтық) қолданылды (1 қосымша). Эксперименттің алдында тірек нысаны жүйенің орталық осіне перпендикуляр 4200 мм қашықтықта орнатылды. Эксперимент кезінде объект 100 мм қадаммен ТККЖ бағытында қозғалатын, әр қашықтықта объектінің өлшеу нәтижелері бағдарламамен жазылды. 3.6-суретте алынған объектінің әр позициядағы көлемдік сипаттамасы.



3.7 сурет - Жұмыс аймағының көлемін диапазонда өлшеу. Сілтеме нысаны (жазықтық) жүйеден әртүрлі қашықтықта орнатылады

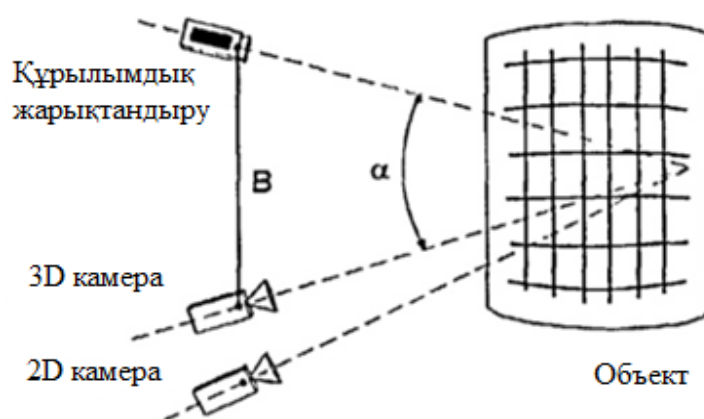
Жұмыс аймағының алыс шекарасы: 4000 мм.

Жұмыс аймағының жақын шекарасы: 500 мм.

4 Көпкурстық көлемді сипаттаманы құру

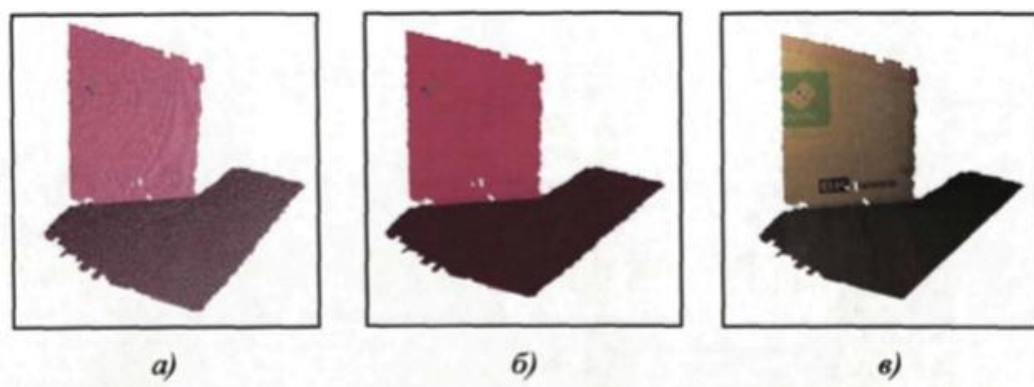
Қарапайым нысандағы объектілер үшін де көбінесе бір жақтауда салынған көлемді сипаттама жеткіліксіз. Мысалы, объектінің бір бөлігі басқасымен бұғатталуы мүмкін және қабылдау жүйесінде көрінбеуі мүмкін. Бұл ішінара үлгінің құрылысына әкеледі. Камераның көруінің шектеулі бұрыштық өрісі және көру жүйесінің шектеулі ауқымы сонымен қатар көріністің фрагменттік көрінісін алуға себеп болып табылады. Ішінде нысанды түсіруге немесе оны анықтауға байланысты көптеген практикалық проблемалар әртүрлі жағынан өлшенген үш өлшемді сипаттаманы қажет етеді. Мобильді роботтың оңтайлы траекториясын жоспарлау жұмыс туралы толық ақпарат болған жағдайда тиімді орындалуы мүмкін. Роботтардың белгісіз жағдайлардағы мінез-құлқының ерекшелігі сыртқы әлем туралы қосымша ақпарат алуға бағытталған гностикалық операцияларды жасау қажеттілігі болып табылады. Мұндай операцияларға анықталатын объектіні тексеру кіреді. Оның пішіні мен өлшемі, роботтың орнын анықтау үшін қоршаған ортаны зерттеу және рельефтің бас жоспарын жасау. Гностикалық процедура кезінде жазылған көлемді ақпаратты жазу және бірнеше бұрыштан көлемдік сипаттаманы біріктіру керек. Ал ол көп бұрышты көлемді құруға мүмкіндік беретін сахна сипаттамасы болып табылады. Үш бұрышты үш өлшемді сипаттаманы қалыптастыру үшін қажет әр түрлі бұрыштардан алынған көріністің көлемдік сипаттамаларының салыстырмалы бағытын есептеңіз[19]. Үш өлшемді нысанның фрагменттерінің өзара бағдарларын есептеу мәселесі туралы ресми мәлімдеме берілген. Түрлердің бағдарлануын есептеудің қолданыстағы тәсілдері және әдебиеттерге қысқаша шолу келтірілген. Ұсынылған автоматты бағдарлау әдісі толық сипатталған. Алгоритм құрылымдары берілген және сандық модельдеу нәтижелері. Көріністің көп бұрышты үш өлшемді сипаттамасын алу тәжірибе нәтижелерімен және көріністерімен суреттелген.

Мобильді роботты шарлау кезіндегі негізгі міндеттердің бірі болып табылады. Мобильді роботтың қазіргі жағдайын анықтау міндеті. Әдетте, борттық құралдарды қолдана отырып, ағымдағы координаталарды реттейміз. Ал қозғалыс процесінде одометрлік датчиктердің көрсеткіштеріне сәйкес тікелей кинематикалық есепті шешу арқылы анықтауға болады. Бірақ бұл әрдайым мүмкін болмайтын тірек беті бар дөңгелектердің үнемі байланысын (сырғып кетпестен) талап етеді. Көлемді көру жүйесінің ақпараты бойынша жылжымалы роботтың траекториясының есебі көрсетілген. Бұл бөлім бөлменің үш өлшемді картасын құруға және картографиялау тапсырмасына арналған.



3.8 сурет- Геометриялық көру жүйесі, 2D камерамен толықтырылған

ТККЖ объектінің үш өлшемді координаттарын есептейді және ағымдағы кадрда үш өлшемді сипаттаманы алады, оны дисплейде оператор орнынан көруге болады (4.2 а, б-сурет). Көрнекі дисплей үшін 2D бейне ағынының тиісті кадрынан алынған жалпақ кескіннің проекциясы бар үш өлшемді модельдердің визуализация режимі енгізілген (4.2 с-сурет). 2D кескінінің проекциясы 2D камерасының калибрлеу матрицасының көмегімен жүзеге асырылады.



3.9 сурет - Бір көріністі кадрдың үшөлшемді сипаттамасы:
а) көпбұрышты модель; б) Фонға әдісін қолдана отырып көлеңкелеу,
в) визуализация 2D кескінінің проекциясы

Мобильді робот қозғалу кезінде түсіру үшін камералар үндестірілуі керек. 2 D және 3 D камераларымен бір уақытта түсіру құрылымды артқы жарық 2D камерамен анықталмауы үшін әртүрлі спектрлік диапазондарда жұмыс істеген кезде ғана мүмкін болады. Артқы жарық көрінетін оптикалық диапазонда жүргізілгендіктен, 2D және 3D кезекпен түсірілді. Сондықтан, 2D және 3D рамаларының экспозиция уақыты мобильді роботтың қозғалысы координаталарды есептеу қателігі мен 2D кескінінің кеңістіктік шешілуіне айтарлықтай әсер етпейтіндей аз болуы керек. Сипатталған жүйеде импульсті

жарық көздерін қолдану арқылы қысқа уақытқа қол жеткізілді. 2D және 3D кадрлардың жалпы жазу уақыты болмайды 1м-ден асты[20].

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл мәселеде анықтауыш емес талаптар – қайсысы осы мәселені сәтті шешуге арналған роботты кешен екенін қарастырады. Ұялы роботты қашықтықтан және автоматты басқаруға арналған дәстүрлі екі өлшемді (2D) көру жүйелерін қолдануға байланысты шектеулер көрсетілген. Құрылымдық жарықтандыруы бар көлемді көру жүйесінің математикалық моделі жасалынған. Оның құрамына камераның оптикалық жүйелерінің және сызықтық емес бұрмалануларды ескере отырып, жарық диапазонының оптикалық жүйелерінің математикалық модельдері кіреді.

Көру жүйелерін калибрлеудің дәстүрлі әдістерін талдау негізінде анықтамалық элементтерді қолдану әдісі мен схемасы автоматты режим болып табылады. Көріністің көп бұрышты сипаттамасын құру әдісінің негізінде жылжымалы роботтың үш жолын және қозғалысын есептеуге болады. Бұл навигациялық есептерді шешуге және маршрутты орналастыруға ыңғайлы үш өлшемді картаны құруға қосымша ақпарат болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Яне Б. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2007. 584 с.
- 2 Jahne B., Hausseker H. Computer vision and applications. San Diego: Academic Press, 2000. 702 p.
- 3 Носков А.В., Носков В.П.: Распознавание ориентиров в дальнометрических изображениях. Мобильные роботы и мехатронные системы: Сб. М.: Изд-во МГУ, 2001. С. 179-192.
- 4 Носков В.П., Носков А.В. Навигация мобильных роботов по дальнометрическим изображениям // Мехатроника, автоматизация, управление. 2005. №12. С.16-21.
- 5 Cang Ye, Borenstein J. Characterization of a 2-D laser scanner for mobile robot obstacle negotiation // Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Robotics and Automation. Washington DC (USA), 2002. P. 2512-2518.
- 6 A 3D laser range finder for autonomous mobile robots / H. Surmair* [et al.] // Proceedings of the 32nd International Symposium on Robotics (ISR'01). Seoul (Korea), 2001. P. 153-158.
- 7 6D SLAM with Approximate Data Association / A. Nuchter [et al.] // Proceedings of the 12th International Conference on Advanced Robotics (ICAR '05). Seattle (USA), 2005. P. 242-249.
- 8 Stereo-Vision Products // Point Grey Research, Inc., Canada: [сайт]. URL. <http://www.ptgrey.com/products/stereo.asp> (дата обращения 20.04.2011).
- 9 OptoTOP-HE: The High-End 3D Digitising System // Breuckmann GmbH: [сайт]: URL. <http://www.breuckmann.com/en/industry-technology/products/optotop-he.html> (дата обращения 20.04.2011).
- 10 Mars microrover navigation: Performance evaluation and enhancement / L. Matthies [et al.] // Autonomous Robots. 1995. Vol. 2. №4. P. 433-440. 198
- 11 Posdamer J. L., Altschuler M. D. Surface measurement by space-encoded projected beam systems // Computer Vision, Graphics, Image Processing. 1982. Vol. 18, №1. P. 1-17.
- 12 Carrihill B., Hummel R. Experiments with the intensity ratio depth sensor // Computer Vision, Graphics, Image Processing. 1985. Vol. 32, №3. P: 337- 358.
- 13 Vuylsteke P., Oosterlinck A. Range image acquisition with single binary encoded light pattern // IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1990. №12. P. 143-164
- 14 Сырский Ф.В., Михайлов Б.Б. Трехмерная система технического зрения // Робототехника для экстремальных условий: Сб. тр. VI научнотехнической конференции / Под ред: Е.И. Юревича. СПбТТУ, 1996. С.246-255.
- 15 Besl P. J. Active, optical range imaging sensors // Machine Vision and Applications. 1988. №2. P.127-152.

- 16 Valkenburg R. J., McIvor A. M. Accurate 3D measurement using a structured light system // Image and Vision Computing. 1996. Vol. 16i P. 99-110:
- 17 Zhang' Z. A flexible new technique for camera calibration* // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2000. Vol. 22. P. 1330-1334.
- 18 Heikkila J., Silven O. A Four-step Camera Calibration Procedure with Implicit Image Correction // Proceedings of the 1997 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR '97): San Juan (Puerto Rico), 1997. P. 1106-1112.
- 19 Huynh, D. Q., Owens, R. A., Hartmann, P. E. Calibrating a Structured Light Stripe System: A Novel Approach // International Journal of Computer Vision. 1999. №1. P. 73-86.
- 20 Horn E., Kiryati N. Toward optimal structured light patterns // Image and Vision Computing: 1999. Vol. 17. P. 87-97. 199 21. OptimisedDe Bruijn patterns for one-shot shape acquisition / J. Pages [et al.]