

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ



Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Роботтытехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Абдрешов Қажымұқан Абдуллаұлы

«3D телекамерасынан келетін роботтың жұмыс сахнасының бейнелерін
өңдеу және ұсыну алгоритмін әзірлеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071600 – Аспап жасау мамандығы

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ



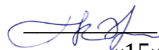
Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Роботтытехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ

РТжАТҚ кафедра меңгерушісі

техника ғылым кандидаты

 Қ.А. Ожикенов
«15» маусым 2021 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «3D телекамерасынан келетін роботтың жұмыс сахнасының бейнелерін өңдеу және ұсыну алгоритмін әзірлеу»

5B071600 – Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындады



Абдрешов Қ.А.

Ғылыми жетекшісі



Кальменов Е

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ



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» қаңтар 2021 ж.

ТАПСЫРМА

дипломдық жұмысты орындауға

Білім алушыға Абдрешов Қажымуқан Абдуллаұлы

Тақырыбы: 3D телекамерасынан келетін роботтың жұмыс сахнасының бейнелерін өңдеу және ұсыну алгоритмін әзірлеу

Университет ректорының бұйрығымен бекітілген №2131-б «24» қараша 2021 ж. Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «15» мамыр 2021 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері: Үш өлшемді объектілерді тану жүйелері. Үш өлшемді тану алгоритмдері. Оптикалық жүйелердің көмегімен қоршаған кеңістіктің үш өлшемді көрінісін құру

Дипломдық жұмыста әзірленуге жататын мәселелер:

Сұрыптау, ауыстыру, машиналарды жүктеу, робот-сұрыптаушыны контейнерге жеткізудің оңтайлы жолын табу және кез-келген нысандармен соқтығысуды және басқа да ұқсас тапсырмаларды болдырмау мақсатында объектілерді тануды автоматтандыру үшін техникалық көру технологиясын роботтарға енгізу бойынша анықтамалармен танысу.

3D танудың әртүрлі тәсілдерін анықтау, кеңістіктің үш өлшемді көрінісін құру үшін алгоритм жасау.

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

13 слайд

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 17 әдебиеттер тізімі

Дипломдық жобаны дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	22.01 – 15.02.2021 ж.	Орындады
Есептеу бөлімі	22.01 – 15.02.2021 ж.	Орындады
Бағдарламалық бөлім	15.03 – 20.04.2021 ж.	Орындады
Зерттеу бөлімі	20.04 – 05.05.2020 ж.	Орындады
Қорытынды бөлім	05.05 – 15.05.2021 ж.	Орындады

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	Кабдолдина Ә.О., PhD доктор	15.06.2021 ж.	

Ғылыми жетекшісі



Кальменов Е

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Абдрешов Қ.А.

Күні

«15» маусым 2021 ж

АҢДАТПА

Қазіргі әлемде автоматты бақылау, басқару және өлшеудің әртүрлі мәселелерін шешу үшін кескін өңдеуді қолдану кең таралған.

Өнеркәсіптік роботтар мен өндірісті автоматтандырудың басқа жүйелері нысандармен мақсатты түрде өзара әрекеттесіп, өндіріс желілерінің айналасындағы кеңістікте тыныш қозғалуы үшін олар қоршаған ортаны көре және талдай алуы керек.

Осы салаларда техникалық көруді қолдану өнімді тексерумен айналысатын құрастыру желілерінде жұмыс істейтін адамдарды орындау сапасы туралы қорытынды жасай отырып ауыстыруға көмектеседі. Роботтардың техникалық көрінісі сандық камераларды, қазіргі уақытта ақылды камераларды, сондай-ақ алынған кескінді өңдеумен айналысатын бағдарламалық жасақтаманы қолданады. Көп жағдайда техникалық көру жүйесі толық және дәл талдау жасау үшін әртүрлі өңдеу әдістерінің дәйекті комбинацияларын қолданады.

АННОТАЦИЯ

В современном мире широко распространено использование обработки изображений для решения различных задач автоматического контроля, управления и измерения.

Чтобы промышленные роботы и другие системы автоматизации производства целенаправленно взаимодействовали с объектами и спокойно двигались в пространстве, окружающем производственные линии, они должны иметь возможность видеть и анализировать окружающую среду.

Применение технического зрения в данных областях помогает заменить людей, работающих на сборочных линиях, которые занимаются осмотром продукции, делая выводы о качестве исполнения. Техническое зрение роботов используют цифровые камеры, на данный момент всё чаще интеллектуальные камеры, а также прилагаемое к ним программное обеспечение, которое занимается обработкой полученного изображения. В большинстве случаев, в систему технического зрения используются последовательные сочетания различных методов обработки для выполнения полного и точного анализа.

ANNOTATION

In the modern world, the use of image processing for solving various tasks of automatic control, control and measurement is widespread.

In order for industrial robots and other production automation systems to interact purposefully with objects and move calmly in the space surrounding production lines, they must be able to see and analyze the environment.

The use of technical vision in these areas helps to replace the people working on assembly lines who are engaged in product inspection, making conclusions about the quality of performance. Technical vision robots use digital cameras, at the moment increasingly intelligent cameras, as well as the software that is attached to them, which is engaged in processing the resulting image. In most cases, the vision system uses a consistent combination of different processing

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	
1 Үш өлшемді объектілерді тану жүйелері	11
1.1 Үш өлшемді объектілерді тану жүйесінің жұмысы	11
1.2 Суретті тану әдістерін талдау	14
1.3 Үш өлшемді кескіндердің ақпаратын алу тәсілдері	17
1.4 3D жүйелері	18
1.5 Құрылымдық жарық	21
1.6 3D машиналық көру жүйесінің шешімдері	22
2 Үш өлшемді тану алгоритмдері	28
2.1.3 3D бетінің пішінін талдау	28
2.2 Статистикалық әдістер	29
2.3 Объектінің параметрлік моделін қолдану	29
2.4 Талшықты-оптикалық датчиктердің ерекшеліктері	27
2.5 Пайда болу тарихы	27
3 Практикалық бөлім	30
3.1 Оптикалық жүйелердің көмегімен қоршаған кеңістіктің үш өлшемді көрінісін құру	30
3.2 Тереңдікті алу әдісі	33
Қорытынды	37
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	38

КІРІСПЕ

Роботтардың техникалық көру жүйесі (ТКЖ) қазіргі заманғы ғарыштық, авиациялық, жер үсті, су үсті және су асты мобильді объектілерде өз қолданысын табады. Ұзақ әсер ету және ТКЖ оптикалық сәулеленудің заманауи сызықтық және матрицалық қабылдағыштарының кеңістіктік және түс ажыратымдылығының жеткілікті жоғары деңгейінің арқасында, навигация немесе бағыттау мәселелерін автоматты түрде шешуде таптырмайтын ақпарат көзі бола алады.

Сонымен бірге, визуалды ақпараттық арнаны мобильді объектілерді басқару жүйелерінің контурларына енгізудің техникалық қиындықтарының болуын мойындау керек. Бұл қиындықтар визуалды ақпаратты тану, навигациялық байланыстыру нәтижелерінің деректеріне айналдыру немесе нақты уақыт режимінде осы объектілердің қозғалыс параметрлерін анықтау мәселелерімен байланысты.

Мобильді объектілердің жоғары жылдамдықтағы визуалды сигналдардың түрлендіру уақытын қысқарту талабы өте қиын, бірақ бұл ТКЖ қолдануды кеңейтудің жалғыз кедергісі емес. Күрделі мәселелер қажетті түрлендіру алгоритмдерін синтездеумен байланысты. Көру бақылау, навигация, тану және бағыттау мәселелерін шешудің әмбебап алгоритмдері аппараттың немесе көру бақылау объектісінің қозғалысының жалпы жағдайында жоқ. ТКЖ - ның әрбір міндеті үшін және фотометриялық және траекториялық жағдайлардың әр нақты жағдайында тек белгілі бір алгоритм оңтайлы, ал өңделген көру көрінісінің әлсіз өзгеруі де қолданылатын фотометриялық сигналды түрлендіру алгоритмін өзгертуді қажет етуі мүмкін. Бұл көптеген мүмкін фотометриялық жағдайлар мен қозғалыс траекторияларында техникалық көру мәселелерін шешудің алгоритмдік толықтығы мен құрылымдық тұрақтылығын қамтамасыз ету қажеттілігін ТКЖ - ны алгоритмдік қамтамасыз етудің бірдей күрделі мәселесі оларды техникалық іске асырудың құрылымдық кемшіліктерімен - жарық пен түстердің динамикалық диапозондарының шектеулерімен, фотоқабылдағыштардың дискреттілігі мәселелерімен, оптикалық арнаның астигматизмімен, калибрлеу сипаттамаларының қателіктерімен және бейне деректер ағынын уақытша байланыстырумен байланысты. Сондықтан, бейне деректердегі кедергілерге қарсы күрес басқару жүйесінің тізбегіне визуалды кері байланысты енгізудегі негізгі алгоритмдік міндет болып табылады. Бұл мобильді объектілерді басқарудың нақты мәселелерін шешу процесінде математикалық әдістер мен визуалды түрлендіру алгоритмдерінің байыпты дамуын талап етеді.

Қазіргі уақытта объект туралы үш өлшемді ақпарат алуға байланысты үлгіні тану саласындағы зерттеулердің өзекті және қарқынды дамып келе жатқан бағыты. Үш өлшемді тану алгоритмдері кескін пикселдерінің жарықтығына

негізделген дәстүрлі белгілерді қолданатын екі өлшемді тану жүйелерінен айырмашылығы, беттің тереңдігі мен қисықтығы туралы ақпаратты пайдаланады.

Жұмыстың өзектілігі. Заманауи 3D алгоритмдерін қолдана отырып, жүйе жоғары жылдамдықта және жоғары қайталанумен жұмыс істей алады. Пайдаланушыға математикалық модельмен салыстыра отырып, нысанды сканерлеуге, негізгі және балама қармау нүктелерін таңдауға мүмкіндік береді. Мысалы, контейнер сканерленеді және нысандар ең жақсы бағдар негізінде бірінен соң бірі таңдалады. Роботқа 3D сканер және бағдарламалық жасақтама кіреді. Техникалық көрініс кіріктірілген платформамен жабдықталынады. Нысандарды автоматты түрде танудың бұл жүйесі хаттама арқылы кез-келген роботпен өзара әрекеттесе алады.

Үш өлшемді кеңістіктегі техникалық машиналық көру негізінде кез-келген өнеркәсіптік роботқа одан әрі сұрыптау, ауыстыру, машинаны жүктеу және басқа да ұқсас тапсырмалар үшін кеңістіктегі бағдарсыз нысандарды, контейнерден, қораптан, бункерден бөлшектерді дәйекті түрде таңдауға мүмкіндік береді.

Жұмыс мақсаты. Сұрыптау, ауыстыру, машиналарды жүктеу, робот-сұрыптаушыны контейнерге жеткізудің оңтайлы жолын табу және кез-келген нысандармен соқтығысуды және басқа да ұқсас тапсырмаларды болдырмау мақсатында объектілерді тануды автоматтандыру үшін техникалық көру технологиясын роботтарға енгізу бойынша анықтамалармен танысу.

3D танудың әртүрлі тәсілдерін анықтау, кеңістіктің үш өлшемді көрінісін құру үшін алгоритм жасау.

1 ҮШ ӨЛШЕМДІ ОБЪЕКТІЛЕРДІ ТАҢУ ЖҮЙЕЛЕРІ

Машинаны көру жүйесінің сипаттамасын қарастырайық. Ол келесі операцияларды орындауға қабілетті болады:

1) оқыту кезеңінде жүйе объектінің бірнеше жартылай реңктік бейнесін алады (оны қарайды және онымен танысады). Объект қисық сызықты беттерге ие болуы мүмкін, ал бетінің әртүрлі бөліктері әртүрлі шағылысуға ие болуы мүмкін. Жүйе бір объектімен танысқаннан кейін, басқа объект беріледі және т. б.

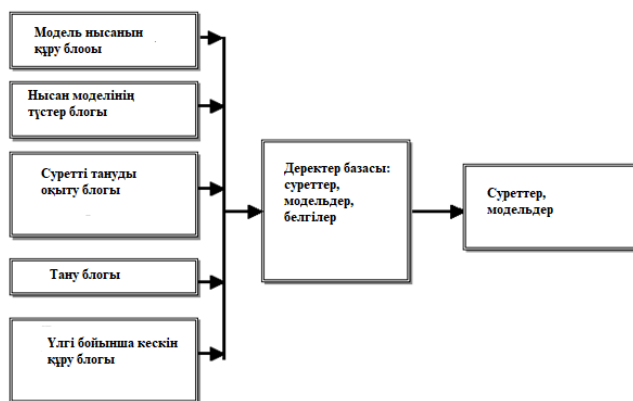
2) тану кезеңінде жүйе объектінің жартылай реңктік бейнесін алады, ол арқылы ол объектілерді анықтауы керек - оның шамамен 3D камерасына (бұдан әрі-камера) қатысты кеңістіктегі орны мен бағытын көрсетіңіз. Тану кезеңінде ұсынылған объектілер оқу кезеңінде көрсетілген объектілерге ұқсас. Алайда, тану кезеңінде алынған объектінің бейнесі оқу кезеңінде қолданылатын бақылау нүктелерінен мүлдем өзгеше бақылау нүктесіне сәйкес келуі мүмкін.

1.1 Үш өлшемді объектілерді тану жүйесінің жұмысы

Жүйенің жұмысын қарастырыңыз. Дайындық кезеңінде оқыту мен тануға ұсынылған объектілерге сәйкес модельдер жасалады. Тану кезеңінде оқыту кезінде ұсынылатын әртүрлі объектілердің модельдерінің жиынтығы белгісіз объектінің моделін анықтау және оның кеңістіктегі орнын анықтау үшін қолданылады. Сонымен қатар, мұндай модель және кеңістіктегі модельдің позициясы ізделеді, онда сурет жазықтығындағы жобалау нақты байқалатын кескінге жақын кескін береді. Осылайша, тану кезеңінде синтез арқылы талдау принципі жүзеге асырылады. Бұл тәсіл адамның көру қабілеті туралы заманауи идеяларға сәйкес келеді.

Төменде жүйенің жалпы сипаттамасы, сонымен қатар жүйеде қолданылатын есептеу блоктарының сипаттамасы келтірілген.

Жүйе бірнеше блоктардан тұрады-объект моделін құру блогы, объект моделінің түс блогы, объектінің кескінін тануды үйрету блогы, объектінің кескінін тану блогы, модель бойынша кескін құру блогы.



Сурет 1.1 – Үш өлшемді объектілерді танудың жалпыланған жүйесінің сызбасы

Блоктар мәліметтер базасы арқылы өзара байланысты. Деректер базасында суреттер, модельдер мен сипаттамаларды сақтауға болады. Суреттер мен модельдер дерекқорға сырттан жазыла алады, суреттер, атап айтқанда, камерадан түсуі мүмкін, модельдерді қолданушы енгізіп, жүйелік блоктар кездейсоқ өңделуі мүмкін. Сипаттамаларды машинаның объект кескінін тануды үйрету блогы жасайды және тану кезеңінде объектінің дұрыс моделін таңдауға көмектесетін қарапайым белгілер болып табылады.

Объектінің кеңістіктік моделін оның суреттері арқылы құру блогы объектінің бірнеше суреттерін, камера параметрлерін, объектімен байланысты кейбір координаттар жүйесінде объектінің бастапқы суреттерін алу кезінде камераның орнын алады. Мұнда және одан әрі кескін дегеніміз-екі өлшемді жарықтылық массиві түрінде ұсынылған орталық жартылай реңктік сурет. Камера параметрлеріне мыналар жатады: фокустық ұзындық, растр өлшемдері, растр элементтерінің саны, жарықтылық градациясының саны, жарықтылық мәндерінің сандық шкаласы. Камераның позициясы центрі растр центрімен сәйкес келетін салыстырмалы координаттар жүйесінің орналасуымен анықталады, осьтердің бірі бақылау бағытына сәйкес келеді, ал қалған екі ось растр жақтарына параллель.

Осы блоктың жұмысының нәтижесінде объектінің үш өлшемді моделі жасалады. Объектінің моделі дегеніміз-объектінің бетін жақындататын жалпақ көпбұрыштар жиынтығы түрінде берілген көпбұрыш. Бұл жағдайда модельдегі нысанды көбейтудің әртүрлі дәлдігі мүмкін. Біз объектілердің өрескел модельдерін аламыз немесе объектінің еркін қисық беттерін жақындататын көпбұрыштардан тұратын модельдер жасай аламыз. Болашақта әр көпбұрышқа

объект бетінің тиісті элементінің нақты шағылысу қабілетін көрсететін белгілі бір шағылысу жатады.

Объектінің моделі әр түрлі тәсілдермен құрылуы мүмкін. Жүйеде әртүрлі бақылау нүктелерінен алынған суреттерде көрсетілген объектінің сыртқы контурлары (силуэттері) бойынша объект моделін құру әдісі қолданылады. Әрбір сурет үшін бақылау нүктесінде шыңы бар конус салынады, оның бағыты контур ретінде қызмет етеді, ал негіз жеткілікті түрде алынып тасталады (егер контур сынған болса, онда біз пирамида аламыз). Әрі қарай, олардың жалпы қиылысы. Нәтижесінде көрсетілген бақылау нүктелерінен объектінің дұрыс силуэттерін беретін модель жасалады.

Нысанның кескінін тануды оқыту блогы объектінің моделін, камера параметрлерін және одан әрі тану кезінде қолданылатын жарықтандыру жағдайларын кірісінде алады.

Осы блоктың жұмысының нәтижесінде сипаттамалардың массиві қалыптасады. Сипаттамалар ретінде: контурмен шектелген алаңның периметр квадратына; контурдың ауырлық центрінен периметрге жүргізілген ең жоғары радиустың; контурдың ауырлық центрінен жүргізілген ең төменгі радиустың ең жоғары радиусқа; орташа радиустың ең жоғары радиусқа қатынасы пайдаланылады.

Оқыту блогы бірқатар сипаттамаларды есептеу үшін объектінің жасалған суреттерін пайдаланады. Бақылау нүктелерінің саны өте үлкен болып таңдалады, бұл модельді жан-жақты және біркелкі тексеруді қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, қарастырылып отырған объект моделі үшін алынған сипаттамалар бұрын жаттығуға қатысқан модельдердің сипаттамаларына қосылады. Әрбір сипаттамалар жиынтығы алынған модельдің атауымен және осы сипаттамалар жиынтығын алу кезінде объект моделіне қатысты камера моделінің позициясымен бірге есте сақталады.

Үш өлшемді объектілердің суреттерін тану блогы. Осы блокқа кірісінде объектінің суреті орнатылады. Тану әр машина бұрын оқытылған объектілер тобы арасында жүзеге асырылады. Суреттегі объектіні тану дегеніміз-оны анықтау және берілген кескінді алу кезінде камераға қатысты кеңістіктегі орнын көрсету. Орналасуы камераның координаттарында табиғи түрде көрсетіледі. Бірақ сіз объектінің координаттарындағы камераның орнын анықтай аласыз. Екі әдіс те бірдей.

Тану блогы объектінің моделін және камера моделінің объект моделіне қатысты орнын іздейді, онда жасалған кескін нақты көрінетін кескінге жақын болады. Бұл міндет 3 кезеңде шешіледі және әрбір келесі кезеңде алдыңғы кезеңде алынған шешім нақтыланады. Жұмыстарда жақын тәсіл қолданылды.

Бірінші кезеңде тану блогы оқу блогы құрған сипаттамалардың массивін қолдана отырып, объектілердің модельдерін және камера моделінің позицияларын таңдайды, олар үшін объектілердің жасалған суреттері нақты байқалатын кескін үшін есептелген сипаттамаларға жақын сипаттамаларды

береді. Сипаттамалардың мәндерінің сәйкестігі, әрине, суреттердің сәйкес келуіне кепілдік бермейді. Алайда, егер сипаттаманың мәндері сәйкес келмесе, онда суреттер сәйкес келмейді.

Екінші кезеңнің міндеті - барлық осы суреттердің ішінен нақты көрінетін кескін үшін объект силуэтінің пішініне жақын объект силуэтінің пішінін беретіндерді таңдау. Силуэт пішінінің жақындығы туралы мәселе әртүрлі жолдармен шешілуі мүмкін. Бұл жағдайда жақындық екі контурды ең жақсы біріктіру арқылы анықталады. Силуэт формаларының сәйкес келуі (яғни, сыртқы контурлардың кескіндердің ішкі бөліктерінің сәйкес келмеуі) суреттердің сәйкес келуіне кепілдік бермейді. Бірақ силуэттердің пішінінің сәйкес келмеуі, әрине, суреттердің сәйкес келмеуін білдіреді.

Таңдалған объект модельдері және камера моделінің нақтыланған позициялары үшін (контурларды біріктіру кезінде алынған айналу, ығысу және масштабтың өзгеруіне сәйкес есептелген) тиісті кескіндер жасалады.

Үшінші кезеңде екінші кезеңде алынған объектілердің толық кескіндерін (жарықтығын ескере отырып) нақты байқалатын кескінмен түпкілікті салыстыру жүзеге асырылады. Салыстыруға қатысатын суреттер объектілердің контурлары біріктірілгендіктен, бұл салыстыру қиын емес және қарапайым элементтік салыстырудың кейбір түріне дейін азаяды. Бұл жағдайда тиісті нүктелердегі жарықтылық нақты байқалатын кескін үшін жарықтыққа жақын суреттер таңдалады.

Сипатталған салыстыру боялған модельдер үшін екінші кезеңде алынған суреттер үшін ғана жүзеге асырылатындығын ескеріңіз.

Нақты байқалатын кескінге сәйкес келген кескін жасалған объект моделінің атауын және камера моделінің тиісті орнын тану блогы бейнені алған кезде танылатын объектінің атауы және объектіге қатысты камераның орны ретінде береді.

Үлгі бойынша кескін құру блогы жоғарыда сипатталған блоктарда қолданылады, олар кез - келген объектінің кескінін салу қажет болған кезде оған жүгінеді.

Бұл блокқа кірісінде орнатылады: объект моделі, камера параметрлері, объект моделімен байланысты кейбір координаттар жүйесіндегі камера моделінің орны, жарық жағдайлары. Жасалған кескін екі өлшемді жарықтылық массиві түрінде шығарылады. Кескінді құру алгоритмі растрлық болып табылады, яғни ол растр терезесінің тұжырымдамасына негізделген, оның ішінде көрінетін беттерді анықтау мәселесі шешіледі. Растр терезесі ретінде таңдауға болады, мысалы, жол және сурет жолдарда шығарылады. Қажет болса, суретті компьютер экранына шығару арқылы көрсетуге болады.

1.2 Суретті тану әдістерін талдау

Бүгінгі таңда үлгіні танудың көптеген әдістері белгілі. Алайда, кескінді тану мәселесін шешу кезінде кескінді танудың барлық әдістері қолданыла бермейді. Бұл, ең алдымен, сол кескіннің кескіндері геометриялық және жарықтылық сипаттамаларында әр түрлі болатындығына және сол кескіннің кескіндері тривиалды емес деформацияларға ұшырайтындығына байланысты, мысалы, үш өлшемді объектінің әртүрлі бұрыштары, жарықтандыру бағыты, позаның өзгеруі, мимика, ым - ишарат және т.б., олар кескін кеңістігін бөлу схемасына сәйкес келмейді. Төменде суретті тану әдістері мен алгоритмдерін талдау берілген.

1. Сызықтық дискриминантты талдау.

Сызықтық дискриминантты талдау (сызықтық дискриминант) белгілер кеңістігіндегі кескін кеңістігінің проекциясын белгілер кеңістігіндегі сынып арасындағы қашықтықты барынша көбейту және сынып ішіндегіні барынша азайту үшін таңдайды. Бұл әдістерде сыныптар сызықтық түрде бөлінеді деп болжанады.

Бұл әдіс кескін кеңістігіндегі сыныптардың сызықтық бөлінуі туралы болжамға негізделген.

1. Сызықтық кластардың объектілерін синтездеу.

Бұл әдіс әртүрлі бұрыштар үшін объектінің жаңа суреттерін синтездеуге мүмкіндік береді. Объектілердің суреттерінің жаттығулар жиынтығы және белгілі бір бұрыштағы жаңа объектінің бір ғана бейнесі бар. Жаттығу жиынтығы жаңа объектімен бірдей сыныптағы объектілердің суреттерінен тұрады және әртүрлі объектілердің суреттерін қамтиды, және әр объект үшін оның кескіндері бұрыштардың кең ауқымында болады. Осылайша, әдіс күрделі үш өлшемді модельдерді тартпай-ақ, әртүрлі бұрыштардағы жаңа объектінің суреттерін бір бұрыштағы кескін арқылы синтездеуге мүмкіндік береді [1].

2. Объектінің икемді контурлық модельдері.

Бұл әдістерде тану объектінің контурларын салыстыру негізінде жасалады. Контурлар негізгі позициялармен ұсынылған, олардың арасында контурға жататын нүктелердің орналасуы интерполяциялау арқылы есептеледі. Контурларды әртүрлі әдістерде оқшаулау үшін априорлық ақпарат та, жаттығу жиынтығын талдау нәтижесінде алынған ақпарат та қолданылады.

Контурларды танудағы басты міндет-бұл контурларды дұрыс таңдау. Жалпы алғанда, бұл тапсырма күрделілік бойынша суреттерді танумен тікелей салыстырылады. Сонымен қатар, бұл әдісті тану міндеті үшін өздігінен қолдану жеткіліксіз.

3. Серпімді графиктерді салыстыру.

Бұл әдіспен объект шыңдары объектінің негізгі нүктелерінде орналасқан график түрінде ұсынылады. Әр бет оның шыңдары арасындағы арақашықтықпен белгіленген. Әрбір осындай нүктеде бес түрлі жиілік пен сегіз бағыт үшін Габор

функциясының коэффициенттері есептеледі. Мұндай коэффициенттердің жиынтығы джет (jet) деп аталады. Джеттер кескіндердің жергілікті аймақтарын сипаттайды және екі мақсатқа қызмет етеді. Біріншіден, берілген аймақтағы сәйкестік нүктелерін екі түрлі суретте табу. Екіншіден, әртүрлі кескіндердің екі сәйкес аймағын салыстыру үшін. Әр түрлі кескіндердің бір аймағындағы нүктелер үшін әр коэффициент нүктенің позициясының өзгеруімен баяу өзгертін күшейткішпен және негізгі вейвлет векторының толқын векторының жиілігіне пропорционал жылдамдықпен айналатын фазамен сипатталады. Белгісіз объектіні тану процесі объектінің кескін графигін ұқсастық функциясын қолдана отырып жиынтықтағы барлық басқа графиктермен салыстырудан тұрады.

4. Объектінің геометриялық сипаттамаларына негізделген әдістер.

Алғашқы әдістердің бірі – объектінің геометриялық сипаттамаларын талдау бастапқыда криминалистикада қолданылды және сол жерде де жасалды. Содан кейін осы әдісті компьютерлік іске асыру пайда болды. Оның мәні объектінің негізгі нүктелерінің жиынтығын (немесе бөліктерін) бөлектеу және белгілер жиынтығын кейіннен бөлектеу болып табылады. Әрбір белгі-бұл негізгі нүктелер арасындағы қашықтық немесе мұндай қашықтықтың қатынасы. Серпімді графиктерді салыстыру әдісінен айырмашылығы, мұнда қашықтықтар график доғалары ретінде таңдалмайды. Ақпараттық белгілердің жиынтығы эксперименталды түрде ерекшеленеді.

Тану процесінде белгісіз объектінің белгілері базада сақталған белгілермен салыстырылады.

Негізгі нүктелерді табу міндеті орташа емес танудың күрделілігіне жақындайды, ал суреттегі негізгі нүктелерді дұрыс табу көбінесе танудың сәттілігін анықтайды.

Бұл әдіс түсіру жағдайларына қатаң талаптар қояды, жалпы жағдай үшін негізгі нүктелерді табудың сенімді механизмін қажет етеді. Сонымен қатар, өзгерістердің моделін жіктеудің немесе құрудың жетілдірілген әдістерін қолдану қажет.

5. Эталондарды салыстыру.

Эталондарды салыстыру объектінің аудандарын кескінге бөлуден және осы аймақтарды екі түрлі кескін үшін салыстырудан тұрады. Әрбір сәйкес аймақ суреттердің ұқсастығын арттырады. Бұл сонымен қатар объектіні танудың тарихи алғашқы әдістерінің бірі. Аймақтарды салыстыру үшін қарапайым алгоритмдер қолданылады, мысалы, пиксельді салыстыру. Бұл әдістің кемшілігі-бұл учаскелерді сақтау үшін де, оларды салыстыру үшін де көптеген ресурстарды қажет етеді. Қарапайым салыстыру алгоритмі қолданылатындығын ескере отырып, суреттерді қатаң белгіленген жағдайларда алып тастау керек: бұрышта, жарықтандыруда, эмоционалды өрнекте және т. б. елеулі өзгерістерге жол берілмейді.

6. Оптикалық ағын.

Оптикалық ағын алгоритмдері негізінен қозғалысты талдау үшін қолданылады. Екі немесе одан да көп дәйекті кескін жақтауын қолдана отырып, кескін нүктелерінің кадрдан кадрға нақты немесе ықтимал жылжуын көрсететін оптикалық ағын деп аталатын екі өлшемді векторлық өрісті есептеуге болады.

Мысалы, оптикалық ағын суреттің сәйкестік өлшемін алу үшін объектінің екі еркін кескініне есептелген. Бұл екі сурет дәйекті кадрлар деп саналды. Содан кейін векторлық өріс есептелді, кескіндер арасындағы қашықтықты азайту және кескін нүктелерінің салыстырмалы орналасуы сияқты геометриялық шектеулерді ескере отырып, бір кескінді екіншісіне жақсы көрсетеді. Алгоритм ең сәйкес блоктарды тапты. Іздеу иерархиялық түрде, үлкен блоктардан басталып, содан кейін оларды кіші блоктарға бөлу арқылы жүзеге асырылды. Осылайша, суреттерді сәйкестендіру пирамидасы салынды.

Оптикалық ағынның векторлық өрісін қолдана отырып, әртүрлі сәйкестік шаралары жасалды, олардың көмегімен дерекқорда белгісізге жақын сурет болды.

Бұл әдістің кемшіліктері, ең алдымен, оның есептелген еңбек сыйымдылығын қамтиды. Бұл әдіс дерекқорда сақтау және іздеу үшін ықшам сипаттамалардың жиынтығын ала алмайды.

7. Жасырын Марков модельдері.

Марков модельдері әр түрлі процестерді модельдеудің және үлгіні танудың қуатты құралы болып табылады. Өз табиғаты бойынша Марков модельдері сигналдардың кеңістік-уақыттық сипаттамаларын тікелей ескеруге мүмкіндік береді, сондықтан сөйлеуді танып білуде, ал жақында - бейнеде кеңінен қолданылды. Үлгіні тануда жасырын Марков модельдері келесідей қолданылады. Өр сыныптың өзіндік моделі бар. Танылатын үлгі бақылаулар тізбегі түрінде ұсынылады. Содан кейін, әр модель үшін осы бірізділікті дәл осы модель жасай алатын ықтималдық есептеледі. Ең жоғары ықтималдылыққа ие модель ең қолайлы деп саналады және кескін сыныпқа жатады.

Кескіндерді тану үшін қолданылатын әдістерді талдаудан кейбір әдістер жеке тапсырмаларды жақсы орындайды деп қорытынды жасауға болады, бірақ кең салаларда міндеттер шешілмей қалады. Сондықтан белгілі бір мәселені шешетін сапалы тану жүйесі үшін біріктірілген тәсілді қолдану қажет. Оның мәні-білім беру міндеті бірнеше кезеңге бөлінеді және әр кезеңде танудың ең қолайлы әдісі қолданылады. Бұл әдістердің сандық күрделілігін және тану сапасын ескереді. Үлгіні тану жүйесін құрудағы мұндай тәсіл алгоритмдердің күшті және әлсіз жақтарын тиімді пайдалануға, нақты уақыт режимінде жұмыс істеуге және дұрыс емес тану ықтималдығын едәуір азайтуға мүмкіндік береді.

1.3 Үш өлшемді кескіндердің ақпаратын алу тәсілдері

Объект туралы үш өлшемді ақпарат алу үшін "shape from X" деп аталатын ағылшын тіліндегі әдебиеттерде біріктірілген алгоритмдер қолданылады (х көмегімен форманы алу), мұнда X әр түрлі әдістерді білдіреді. Есептің кіріспесінде қойылған мәселені шешу тұрғысынан ең перспективалы болып табылатындарды қарастырыңыз.

Көлеңкеден пішінді қалпына келтіру (shape from shading, SFS). Кескін пикселдерінің жарықтығын өзгерту арқылы объектінің пішінін қалпына келтіру міндеті адамның бетіндегі жарықтың шағылысу табиғаты туралы көрнекі ақпаратты қолдана отырып, объектінің пішінін анықтау қабілетіне негізделген. Бұл тапсырма визуализацияның кері есебі (бейнелеу) болып табылады, онда модельденген көрініс нүктесінің жарықтығы бірқатар факторларға байланысты болады және жарықтандырудың берілген математикалық моделіне сәйкес есептеледі.

Объектінің беткі нүктесінің жарықтығына әсер ететін факторлардың ішінде мыналарды бөлуге болады:

1. Жарық көздерінің қасиеттері мен орналасуы.
2. Оның шағылысу қасиеттерін анықтайтын бетінің сипаттамалары.
3. Кеңістіктегі осы нүктеге сәйкес келетін бет бөлігінің бағыты.
4. Бақылаушының көзқарасы.

Жарық пен беттің өзара әрекеттесуінің математикалық моделі ретінде Ламберттің шашырау моделі қолданылады, ол сурет нүктесінің жарықтығының жалғыз жарық көзінің қарқындылығына, бетінің альбедосына (шағылысу коэффициентіне) және бірлік нормальдың скаляр көбейтіндісіне және жарық көзіне бағыт векторына тәуелділік функциясын сипаттайды.

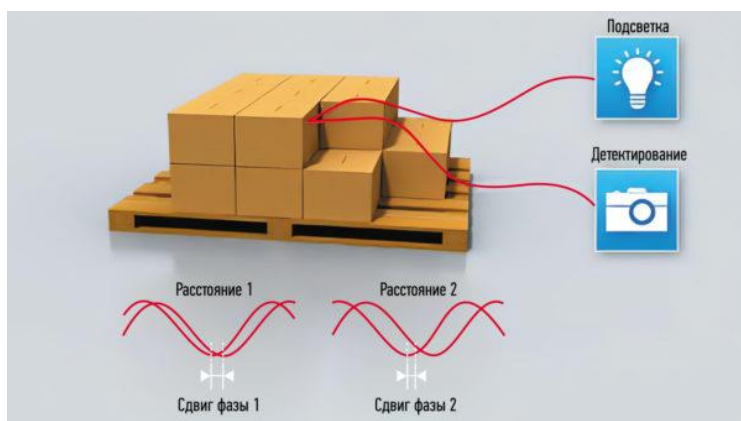
Бұл математикалық модельде көптеген белгісіз параметрлер болғандықтан, есепті шешілетін түрге дейін азайту үшін әртүрлі жеңілдетулер қолданылады, негізінен жарықтандыру бағытына қатысты. Тиісінше, "shape from shading" алгоритмдерінің кемшіліктері: шашырау Заңы туралы априорлық білімнің қажеттілігі, беттің пішінін дұрыс қалпына келтіруге әкелетін бетінің шағылысу қасиеттері туралы тым жалпы болжамдар.

1.4 3D жүйелері

Үш өлшемді ToF жүйелері, оларды жобалаумен байланысты бірқатар қиындықтарға қарамастан, салыстырмалы түрде жаңа (егер біз олардың заманауи орындалуын қарастыратын болсақ) және машинаны көрудің ең көп таралған жүйелерінің бірі болып табылады. Оларды жүзеге асыру үшін кейбір өзгерістері бар екі технология қолданылады. Бірақ мұндағы негіз жалпы-ToF бейнекамера қашықтықты өзінің импульсті немесе модуляцияланған жарық

көзімен (мысалы, лазер немесе жарық диоды, әдетте инфрақызыл) белсенді түрде жарықтандыру (бөлектеу) арқылы өлшейді, ал лазер/жарық диодының толқын ұзындығына сезімтал сенсор объектіден шағылысқан жарықты алады. Өрі қарай, сенсор процессоры жарық шығаратын сәт пен камера оны шағылысу ретінде қабылдаған кезде DT уақыт кідірісін өлшейді. Кескіннің тереңдігі жауаптың кідірісіне (шағылысуға) пропорционалды, бұл бізге объектідегі нүкте (біздің жағдайда пиксель) мен камера объективі арасындағы екі есе қашықтықты береді, мұнда қарапайым арифметика пайда болады.

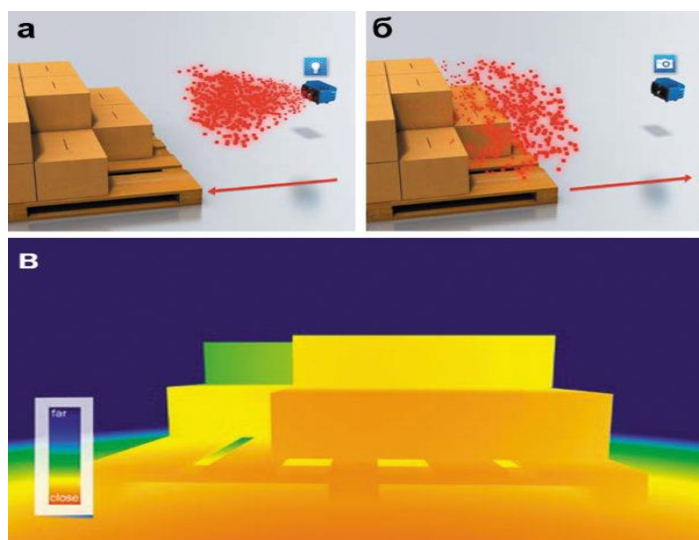
DT өлшеудің әртүрлі әдістері бар, олардың екеуі ең көп таралған. Біріншісі-үздіксіз қозғалатын сигналмен өлшеу әдісі немесе үздіксіз толқын немесе толқын әдісі, екіншісі-шығарылған импульстарға негізделген әдіс немесе импульстік әдіс. Машинаны көру жүйесінің 3D ToF бейнекамераларында SICK үздіксіз сәулелену әдісін қолданады.



Сурет 1.4 – Үздіксіз қозғалатын сигналмен қашықтықты өлшеу әдісінде объектіні белсенді жарықтандыру

Үздіксіз қозғалатын сигналмен (үздіксіз толқын генерациясы) қашықтықты өлшеу әдісінде объектіні белсенді жарықтандыру (жарықтандыру) үшін периодтық функциямен модуляцияланған жарық сәулесі қолданылады (1.4-сурет) тасымалдаушы рөлін атқарады. Бұл әдіс радиожиілікті жарық модуляциясы деп те аталады. Сонымен қатар, қашықтықты анықтау үшін демодуляцияланған қабылданған сигналдың және сәулеленуге қатысты фазалық ығысуы өлшенеді; модуляцияланған сигнал деп жарық сәулесін модуляциялайтын сигнал, демодуляцияланған сигнал — объектіден шағылысқан сәулені қабылдағаннан кейін қалпына келтірілген сигнал түсініледі. Өлшеу қабылданған сигналдың гомодинді демодуляциясымен (синхронды детекция әдісімен) орындалады. Толық жете үш өлшемді қашықтан кескін, 3D snapshot үш

өлшемді сурет, кескін аймақтары осындай бір суретке түсірілген мыңдаған пикселдерді қамтамасыз етеді-шартты ату (1.4.1 - сурет).



Сурет 1.1.4– SICK компаниясының үш өлшемді ToF жүйесі нысанының тереңдігін көрсету [6]:

- а) "атудан" кейін»;
- б) оның объектіден шағылысуы және
- в) аппараттық-бағдарламалық өңдеуден кейін камерамен қармау

Дәлдікке жоғары талаптар қойылмаған қосымшаларда үздіксіз толқындардың генерациясына негізделген қашықтықты өлшеу жүйесі импульске негізделген жүйеге қарағанда оңай болуы мүмкін, онда жарық көзі өте қысқа импульстармен болмаса да, бірақ тез өсіп, түсетін фронттармен (бұл синусоидалы толқынға қарағанда іс жүзінде көбейту әлдеқайда қиын). Алайда, егер дәлдікке қойылатын талаптар қатаң бола бастаса, онда модуляция жиілігі жоғары сигналдар қажет болады, оларды практикалық іске асыру қиын болуы мүмкін.

Жарық сигналының жиілігіне байланысты үздіксіз толқын генерациясына негізделген жүйенің кез-келген фазасын өлшеу әр 2Р-ді қамтиды. Бұл қашықтықты өлшеу кезінде қабаттасу орын алатындығын білдіреді.

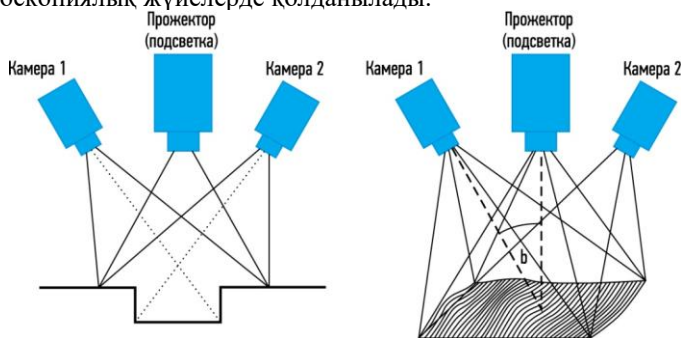
Бір модуляция жиілігі бар жүйе үшін қабаттасу әсеріне байланысты қашықтық максималды өлшенетін қашықтық ретінде анықталады. Осы шектеулерге қарсы тұру үшін фазаны орналастыру үшін модуляцияның бірнеше жиілігін қолдануға болады, егер модуляцияның әртүрлі жиіліктері бар фазаның

кідірісін екі (немесе одан да көп) өлшеу бағаланған қашықтыққа сәйкес келсе, объектінің нүктесіне дейінгі нақты қашықтықты анықтауға болады. Мұндай көп жиілікті модуляциялау тізбегі сенсорға оралмас бұрын объектіден шағылысқан жарық басқа объектіге (немесе объективтің ішінде шағылысқан кезде) пайда болатын көп сәулелі таралудың салдарынан қателерді азайту үшін пайдалы болуы мүмкін, бұл, әрине, өлшеу қателіктеріне әкеледі.

Үздіксіз толқын генерациясына негізделген жүйелер үшін бірнеше модуляция жиіліктерінде корреляциялық функцияның кем дегенде төрт үлгісі, сонымен қатар тереңдікті есептеу үшін көп кадрлық өңдеу қажет. Ұзақ экспозиция уақыты жүйенің жалпы кадр жиілігін шектеуі немесе кескіннің бұлыңғырлығын тудыруы мүмкін, бұл өз кезегінде оны белгілі бір қосымшалар үшін пайдалануды шектейді. Өңдеудің мұндай жоғары күрделілігі сыртқы қосымшаның процессорының айтарлықтай ресурстарын қажет етуі мүмкін, бұл кейде түпкілікті қосымшаның талаптарынан асып түседі. Сонымен қатар, үлкен қашықтықта немесе қоршаған ортаның жарық деңгейі жоғары ортада өлшеу үшін салыстырмалы түрде жоғары үздіксіз оптикалық қуат қажет болады.

1.5 Құрылымдық жарық

Бұл тереңдікті өлшеудің қарапайым, ескі және салыстырмалы түрде арзан әдістерінің бірі. Бұл әдіс сандық камералар пайда болғаннан кейін бірден пайда болды, яғни қырық жылдан астам уақыт бұрын және сандық камералардың таралуымен айтарлықтай жеңілдетілді. Құрылымдық жарық әдісі нүктелердің белгілі анықтамалық үлгісіне (көбінесе — сызықтар) және объектіге проекциялау принципі бойынша жұмыс істейді. 3D нысаны осы анықтамалық үлгіні бұрмалайды, ал 2D камерасы осындай бұрмалануды тіркейді (1.5 -сурет). Содан кейін бұрмалау жобаланған сілтеме үлгісімен салыстырылады, содан кейін бұрмалану деңгейіне негізделген тереңдік картасын есептейді. Бұл әдіс стереоскопиялық жүйелерде қолданылады.



Сурет 1.5 – Құрылымдық жарықтандыру әдісін қолдана отырып, тереңдікті картаға түсіру

Құрылымдық жарықтандыру әдісіне негізделген жүйе өте жоғары кеңістіктік ажыратымдылыққа және жақын қашықтықта өте жоғары дәлдікке қол жеткізе алады. Алайда, ақпараттың бір кадрын алу үшін бірнеше проекция қажет, бұл кадр жиілігінің төмендеуіне әкелуі мүмкін, бұл өз кезегінде салыстырмалы түрде жылдам қозғалатын объектілерден қашықтық туралы ақпарат алуды қиындатады.

Тереңдіктің жоғары диапазонында камера жарық көзін объективтен алыс орналастыруы керек, өйткені егер жарық көзі жақын болса, суреттің бұрмалануы ажыратылмауы мүмкін. Бұл кішігірім форма факторын қажет ететін қосымшада жүзеге асыру мүмкін емес. Сондықтан құрылымдық жарық жүйелері әдетте 2 м-ден асатын тереңдікті өлшеуде қолданылмайды.

Сыртқы жарықтандыру, әсіресе динамикалық болса, теріс әсер етуі мүмкін және бұрмаланған үлгіні тудыруы мүмкін, сондықтан ішкі қолдануға арналған әдіс қолайлы.

1.6 3D машиналық көру жүйесінің шешімдері

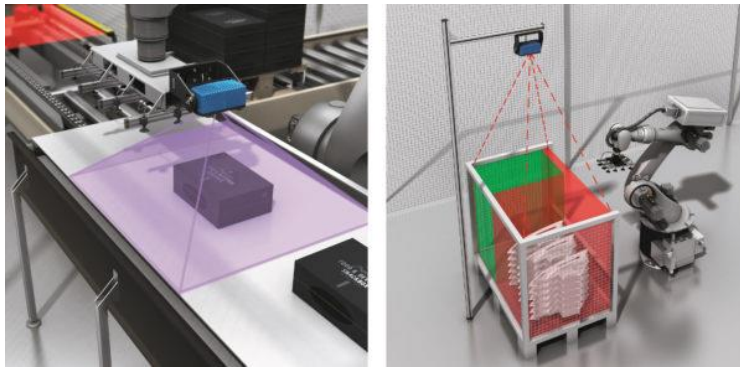
Өнімдер мен қызметтердің бірегей ассортименті процестерді қауіпсіз және тиімді басқаруға, адамдарды жазатайым оқиғалардан қорғауға және қоршаған ортаға зиян келтірмеуге тамаша негіз жасайды. Бұл саладағы қызмет бағыттарының бірі — машинаны көру жүйесі.

Үш өлшемді бейнекамерасы әр секунд сайын 30 үш өлшемді жоғары ажыратымдылықтағы суретке түсіру үшін стереоскопиялық көру және жобаланған құрылымдық жарықтандырудың артықшылықтарын біріктіреді. Жарықтандыру үшін жүйеде 808 нм толқын ұзындығы бар 1 класты инфрақызыл лазер (EN/IEC 60825-1:2014; EN/IEC 60825-1:2007) қолданылады.

Көру жүйесінде 0,5–2,5 м жұмыс диапазоны, IP67 қабықтан қорғау класы және жұмыс температурасының диапазоны 0...+50 °C. ол электромагниттік үйлесімділік талаптарына сәйкес келеді (EN 61000-6-2:2005-08, EN 61000-6-3:2007-01), соққыға төзімділік (EN 60068-2-27:2009) және діріл (EN 60068-2-6, en 60068-2-64), бұл оны өнеркәсіптегі әртүрлі қосымшалар үшін өте қолайлы етеді.

RGB жүйесіндегі кескін мәндерін жылдам ағынмен жіберу және нақты уақыт режимінде жоғары ажыратымдылықтағы тереңдік және құрылымдағы деректерді сүзу мүмкіндігі үш өлшемді тануды және қозғалатын және қозғалмайтын объектілердің өлшемдері мен орналасуын анықтауды жеңілдетеді. Көру жүйесі үшін (бұл өте ыңғайлы) бағдарламалық драйвер қажет емес, түс пен тереңдіктің мәні тікелей бағдарламаланатын логикалық контроллерге (PLC) немесе робот контроллеріне шығарылады. Осылайша, жүйе роботты құрастыру, түпқоймаларға төсеу және түпқоймаларды алып тастау үшін, сондай-ақ тұтыну

тауарларының сапасы мен толықтығын тексерудің жоғары жылдамдықты жүйелері үшін оңтайлы (1.6 -сурет).



Сурет 1.6 – Машиналық көру жүйесін пайдалану мысалдары

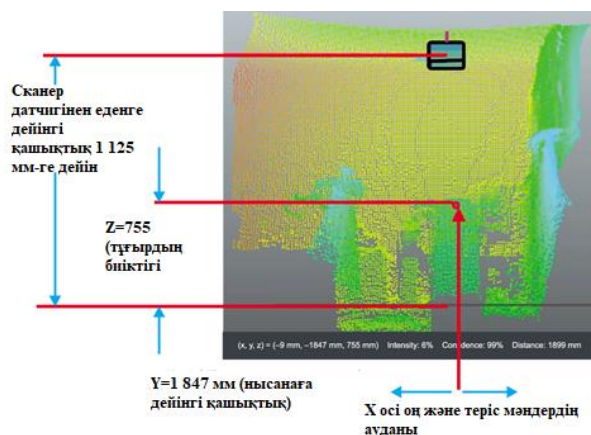
Бұл жүйелердің артықшылықтарына қуатты визуализация құралдары, Gigabit Ethernet интерфейсі, байланыс протоколдарымен және жалпы бағдарламалау тілдерімен (Python, C++, C#) кең үйлесімділік жатады. Осы жүйені қолдана отырып, 3D көру машинасын біріктіру үшін әмбебап және интеллектуалды шешім алуға болады. Камера мен сүзгі параметрлерін конфигурациялау қиын емес, қажетті операцияларды конфигурациялық бағдарламалық құралы көмегімен жасауға болады.

Жоғары тиімді құрылымдалған жарықтандыру қоршаған жарық жағдайындағы тереңдіктің сенімді деректерін қамтамасыз етеді. 5-2,5 М жұмыс диапазонымен және шамамен $50 \times 60^\circ$ көру бұрышымен индустриялық және ішкі логистикалық қосымшалардың кең спектріне жақсы сәйкес келеді. Көру жүйесі роботты манипуляторларды бағыттау шешімдерін жасау үшін машина жасаушылар мен жүйелік интеграторлардың мүмкіндіктерін кеңейтетін дәл 3D камерасының қажеттілігін қанағаттандырады.

Машиналық көру жүйесі 512×640 пиксельдің жоғары ажыратымдылығын және бір суреттегі RGB кескін мәндерін қамтамасыз ететіндіктен, түсінің қарқындылығын HDR режимімен және 0,7 мм дәлдікпен тереңдікті тану мәндерімен бірге қабылдауды қамтамасыз етеді, мұндай жоғары сапалы деректерді сапаны бақылау үшін еш қиындықсыз пайдалануға болады.

Машиналық көру жүйесі толық қараңғылықта және күндізгі жарықта 40 клк дейін жұмыс істейді, ал суретті тікелей құрылғының өзінде жылдам өңдеу және жауап беру уақыты небары 50 мс, қол жетімді баға мен өнімділік қатынасы бар (30 кадр/с, 9,850,000 3D деректер нүктелері/с, 0,03 с дейін) жылдам іріктеуге мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта екі нұсқа бар: біреуі жұмыс температурасының диапазоны 0...+50 °C, екіншісі — 0...+45 °C.

Машиналық көру жүйелері (сурет. 8) әрбір бейнелеу нүктесі үшін құрылғы мен нысан арасындағы ұшу кезінде жарық сигналын өлшеуді пайдаланады. CCD/CMOS сканері пиксель матрицасын жасайды, әр пиксельде тереңдік пен қарқындылық туралы ақпарат бар. Жарықтандыру үшін 850 нм толқын ұзындығы бар инфрақызыл жарық диоды қолданылады (EN 62471 сәйкес 0 қауіп тобы). Конфигурациялық бағдарламалық құралын пайдаланып суретті есептеумен осы типтегі камера түсірген объектінің мысалы 1.6.1 -суретте келтірілген.



Сурет 1.6 – Машиналық көру жүйесінің деректері негізінде объектілерді өлшеу мысалы

Машиналық көру жүйесі-бұл ағынды (ағынды) 3D камера. Ол арнайы талаптарға сәйкес өз қосымшаларын жасағысы келетін пайдаланушыларға арналған. Камера сыртқы бағалау блогында (мысалы, ДК) берілген қашықтық, қарқындылық және сенімділік мәндері тұрғысынан толық икемділікті қамтамасыз етеді. GenICam (Halcon), Point Cloud Library (PCL) және Java сияқты жылдам байланыс орнатуға мүмкіндік беретін әртүрлі бағдарламалық интерфейстер бар. Мысалдар C++ және C# тілдерінде қол жетімді, бұл Telegram интерфейсімен бірге құрылғымен байланысты ұйымдастыруды мүмкіндігінше қарапайым етеді.

Үш өлшемді визуализацияға арналған сенімді камера, жоғары ажыратымдылықтағы үш өлшемді деректерді бір жарық түсірілімімен баурап алады.

Машиналық көру жүйесін материалдарды өңдеу, қоймалау және ішкі логистика бағдарламаларында 3D навигация мен локализацияның жалпы мәселелерін шешу үшін, әсіресе кедергілерді тану, соқтығысудың алдын алу және қызметті пайдалану кезінде навигация үшін қарапайым қосымшалармен сатып алуға болады-бұл роботтар, автоматты басқарылатын автомобильдер, арбалар және жүк тиегіштер.

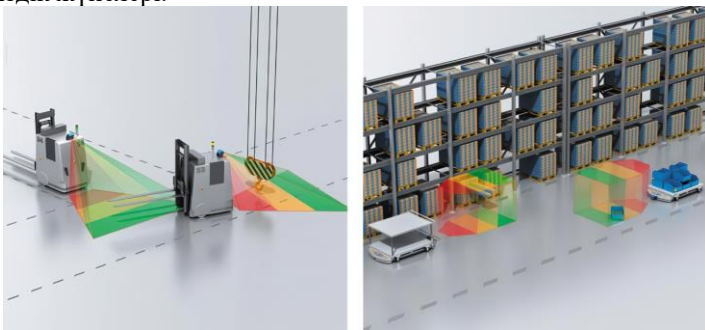
Машинаны көру жүйесі sick-тің жеке даму командалары, сондай-ақ интегратор серіктестері AppSpace-те жасаған дайын негізгі қосымшаларды ойнату және іске қосу үшін толық функционалды аппараттық платформа ретінде әрекет ете алады. Негізгі қосымшалар SICKApp Manager қосымшасы арқылы камераға жіберілетін SICK-тен тәуелсіз бағдарламалық өнімдер түрінде қол жетімді, мұнда қосымша бағдарламалау қажет емес. Сонымен қатар, экожүйесі бағдарламалық жасақтама жасаушыларға, интеграторларға немесе соңғы пайдаланушыларға өздерінің қосымшаларын құруға, 3D камера кадрларына қол жеткізуге және оларды қажеттіліктері үшін конфигурациялауға және оларды бейнекамераларына орналастыруға мүмкіндік береді.

Машиналық көру жүйесі жоғары сапалы үш өлшемді көру жүйелеріне қол жетімді балама ұсынады. Камерасы көру бұрышына, бетінің сапасына, материалына немесе объектінің пішініне қарамастан, нақты уақыт режимінде жылжымайтын немесе қозғалатын заттардың егжей-тегжейлі және дәл үш өлшемді бейнесін жасайды. Машиналық көру жүйелері нысанның пішінін, қашықтығының, шағылысу қабілеті мен тереңдігінің дәл көрінісін жасау үшін объект шашыраған жарықтың әртүрлі аспектілерін біріктіреді.

Машиналық көру жүйелері экожүйесін дамыту жолындағы маңызды кезең болып табылады. Алғашқы қол жетімді қосымшалардың ішінде жүк тиегіштерді соқтығысу немесе зақымдану қаупінсіз түпқойма қалталарына тегіс бағыттау шешімі бар. Сондай-ақ жұмыс процестерін оңтайландыруға және автомобиль өнеркәсібіндегі компоненттерді беруге бағытталған автономды көлік құралдарының платформаларының соқтығысуын оқшаулау және алдын-алу жүйесі жасалды. Аппараттық және бағдарламалық жасақтама үй ішінде пайдалануға арналған. Машинаны көру жүйесінің интеллектуалды камерасы толық үш өлшемді деректерді немесе қолданбалардың нақты қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін алдын-ала өңделген қысқартылған деректерді жібереді. Мысалы, оның бір функциясы қолданушыға үш өлшемді ақпаратты 2D-де тиімді ұсынуға мүмкіндік береді. Камера мұны 25000-нан астам қашықтық нүктелерінің мәліметтерін қисық сызыққа проекциялау арқылы жасайды, ол аз ғана нүктелермен (полярылық деректердің азаюы) ұсынылған. Деректерді азайтудың тағы бір тәсілі - белгілі бір өлшеу көлемін таңдау және деректерді сәйкес декарттық координаттарда шығару. Сонымен қатар, әртүрлі сүзгі опциялары

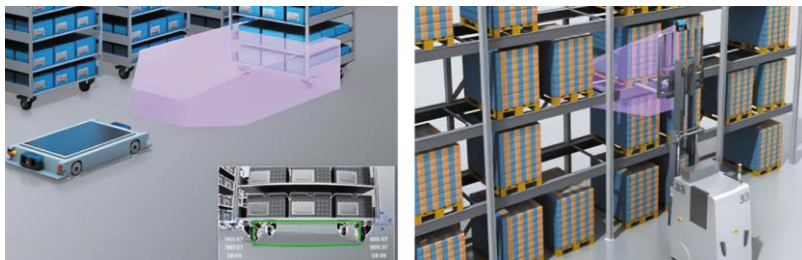
машиналық көру жүйесінің жұмысын едәуір жақсартады. Сығылған деректер құрылғыны драйверлерсіз бағдарламаланатын логикалық контроллерге (PLC) тікелей қосуға мүмкіндік береді. Стандартты PLC үшін функционалды блоктар сенсормен бірге келеді. Барлық осы қасиеттер ішкі логистика, робототехника немесе сапаны бақылауды қоса алғанда, көптеген қосымшаларда қолдануға мүмкіндік береді.

Бейнекамерасы-plug & play қағидаты бойынша жұмыс істейтін, конфигурацияланатын үш өлшемді анықтау сенсоры. Бұл камераны 3D анықтау жүйелерінде қолдануға болады, мысалы, соқтығысуды ескерту, контейнердегі заттардың болмауын/болуын бақылау, енуді бақылау және объектілерді бақылау үшін қауіпсіздік жүйелері.



Сурет 1.6 – Соқтығысу туралы ескерту. Ашалы тиегіштер немесе крандар сияқты объектілерді анықтау

Машиналық көру жүйесінің бейнекамералары IP67 қорғау дәрежесімен электромагниттік үйлесімділік (EN 61000-6-2:2005-08, EN 61000-6-4:2007-01), соққыға төзімділік (EN 60068-2-27:2009) және дірілге төзімділік (EN 60068-2-6, EN 60068-2-64) талаптарына сәйкес келеді, күн сәулесінің әсеріне тұрақты болып табылады. 50 клк және индустриялық ортаның ауыр жағдайларында тәулік бойы пайдалануға арналған. Камералар $69 \times 56^\circ$ көру бұрышына ие және 30 кадр/с дейінгі жылдамдықпен нақты уақыт режимінде үш өлшемді кескіндерді жасау үшін 25000-нан астам қашықтық мәндерін түсіруге арналған. Қашықтық туралы деректер бір суретке 144×176 пиксель форматында көрсетіледі. Деректерді шығару Gigabit Ethernet интерфейсі және қарапайым сандық шығулар арқылы жүзеге асырылады. Visionary-T машиналық көру жүйелерінің сериясы туралы толық ақпаратты спецификацияда алуға болады [6]. Visionary-T сериялы машиналық көру жүйелерін қолдану мысалдары 1.6.2 және 1.6.3-ші суретте келтірілген.



Сурет 1.6.3 – Объектіні анықтау. Жоғары сөрелері бар қоймада тиеу-түсіру жұмыстары үшін түпқойма орнын дәл анықтау, сондай-ақ түпқоймаларды автоматты көлік құралдарымен ұстап алуға арналған арбалардың орналасқан жері мен орнын анықтау

Осы жұмыста қарастырылған SICK-тің 3D Snapshot машиналық көру жүйелері өнеркәсіптік ортаның ең қиын және қатал жағдайларында тиімді және сенімді жұмыс істей алатын құрылғылардың кең таңдауын ұсынады. Компания ұсынатын ассортимент жоғары сапалы 3D кескіндерін және контрастты кадрларды, сондай-ақ интеллектуалды реттелетін автономды сенсорларды шығаратын әмбебап жоғары жылдамдықты камераларды қамтиды. SICK компаниясының 3D Snapshot машиналарын көру жүйелерінің кең таңдауы мен икемділігі тұтынушының түпкілікті шешімдерін тез әзірлеуді және оларды кәсіпорынның жалпы жүйесіне оңай біріктіруді қамтамасыз етеді.

Есептеу қабілеті тұрғысынан қуатты, бірақ сонымен бірге қарапайым және конфигурацияланатын SICK құрылғылары олардың 3D көру машинасын қолдана отырып, шешімдердің әртүрлі нұсқаларына оңтайлы бейімделуіне кепілдік береді. 3D машиналық көру жүйелерінің өзін жеткізуден басқа, SICK тиісті бағдарламалық қамтамасыз етуді, техникалық қолдауды және әртүрлі аксессуарлардың кең таңдауын ұсынады: кабельдер, бекіткіштер, күтім құралдары және қосылуға арналған модульдер.

2 ҮШ ӨЛШЕМДІ ТАҢУ АЛГОРИТМДЕРІ

3D танудың әртүрлі тәсілдерінің ішінде үш негізгі: 3D бетінің пішінін талдау, статистикалық тәсілдер және беттің параметрлік моделін қолдану маңызды.

2.1 3D бетінің пішінін талдау

Үш өлшемді кескіннің пішінін талдауға негізделген әдістер кескінді сипаттайтын жергілікті немесе ғаламдық беттік сипаттамаларды қолданады, мысалы, қисықтық, сызық профильдері, екі бет арасындағы қашықтық метрикасы.

Беттің қисықтығы бетті сегменттеу үшін қолданылады сурет беттерді салыстыру үшін қолдануға болатын белгілер бойынша. Тағы бір тәсіл беттің 3D дескрипторларына негізделген сурет орта және Гаусс қисықтығы тұрғысынан немесе беттердің сипаттамалық нүктелері арасындағы қашықтық пен бұрыштардың қатынасы тұрғысынан. Тағы бір жергілікті бағытталған әдіс-қолтаңба нүктелерін қолданатын тәсіл. Әдістің идеясы-таңдалған нүктенің көрінісін қалыптастыру-беттің берілген нүктесінің айналасындағы көрші нүктелер бойынша сипаттау. Бұл нүкте қолтаңбалары беттерді салыстыру үшін қолданылады.

Ғаламдық әдістер тұлғаның үш өлшемді бейнесі туралы барлық ақпаратты тану жүйесіне кіру ретінде пайдаланады. Мысалы, объектінің моделі оның айна симметриясының негізінде тураланады, содан кейін объектінің профильдері тегістеу жазықтығы бойымен ерекшеленеді және салыстырылады. Профильдердің максималды және минималды мәндері мен қисықтық бағыты негізінде бет модельдерін салыстыру әдісі де қолданылады.

Тағы бір тәсіл тану үшін беттер арасындағы қашықтықты салыстыру әдісіне негізделген. Кейбір әдістер модельдердің беттері арасындағы ең аз қашықтықтың өлшемдерін есептеуге негізделген, ал басқалары тек беттер арасындағы қашықтықты ғана емес, сонымен қатар бетіндегі құрылымды да өлшеуге негізделген. Алайда, бұл әдістердің айтарлықтай шектелуі-бұл объект деформацияланбауы керек және оның беті қатал.

Үшінші тәсіл бетке бөлінген үш өлшемді профильдер мен контурларды алуға және талдауға негіз болады.

Сондай-ақ, бүкіл объектінің бетін сипаттайтын ғаламдық үш өлшемді тормен жергілікті моменттер түрінде жер беті туралы жергілікті ақпаратты біріктіруге негізделген гибриді әдістер бар. Осындай әдістердің бірінде тураланған координаттар жүйесіндегі бет тереңдігі картасын сипаттайтын $Z(x,y)$ функциясының мәні Фурье компоненттеріне ыдырайды. Функцияның моментке ыдырауы (негізгі функциялар) ұсақ жоғары жиілікті "беттегі шуды" және

кездейсоқ шығарындыларды тегістеуге мүмкіндік береді. Фурье ыдырауынан басқа басқа да негізгі функциялар қолданылады: көбік қатарлары, Лежендра көпмүшелері және Цернике моменттері.

2.2 Статистикалық әдістер

Атап айтқанда, негізгі компоненттер әдісі (Principal Component Analysis, PCA) бұрын 2D тануда кеңінен қолданылған. PCA әдісі 3D тану үшін де жүзеге асырылады және бір уақытта тереңдік пен түс карталарының тіркесіміне кеңейтілді. PCA үшін балама-бұл сызықтық дискриминантты талдау әдісі, онда PCA-дан айырмашылығы, бір объект (берілген адам) бір тұлға емес, модельдер жиынтығы (3D бет) арқылы беріледі.

2D танудан алынған тағы бір статистикалық әдіс-жасырын Марков модельдерінің әдісі (ММӘ). Марковтың кездейсоқ өрістерінің теориясы осы шамаларға белгілі бір априорлық шектеулер қою кезінде суреттерден әртүрлі кеңістіктік айнымалы шамалардың бағаларын құруға мүмкіндік береді. Мұндай кеңістіктік айнымалы шамалар, мысалы, стерео құрылымдау мәселесіндегі ығысу мәндері болуы мүмкін.

2.3 Объектінің параметрлік моделін қолдану

Модель бойынша танудың негізгі идеясы параметрлік 3D модельдеріне негізделген, онда нысан пішіні модельдің параметрлері (коэффициенттері) жиынтығымен басқарылады. Бұл коэффициенттер объектінің 3D пішінін сипаттайды және сонымен қатар оның бетіне түс (құрылым) орната алады. Бұл әдіс кіреберісте объектінің бір немесе бірнеше суреттерін қолданады.

Мәселені шешу алгоритмі итеративті принципке негізделген. Бастапқы итерация ретінде объектінің орташа үш өлшемді орналасуы таңдалады және оны кезең-кезеңімен жақсарту жүзеге асырылады. Бұл фотосуреттен алынған объектінің антропометриялық нүктелерінің жиынтығын пайдаланады, ол берілген үш өлшемді бетке деформацияланады. Деформация параметрлері серпімді модель көмегімен 3D қайта құру процесінде есептеледі. Содан кейін бұл параметрлер осы объектінің белгілерін вектор ретінде тану үшін қолданылады.

3 ПРАКТИКАЛЫҚ БӨЛІМ

Қоршаған кеңістіктің үш өлшемді көрінісін құру коммерциялық, өнеркәсіптік және автомобильдік қосымшалардың кең спектрі үшін өзекті мәселе болып табылады. Бұл функция пайдалы болады, мысалы, смартфон камераларын оңтайлы фокустау үшін, өнеркәсіптік машинада оператордың болуын бақылау үшін, дрондардың соқтығысуын болдырмау үшін, көлік құралдарының жолаушыларын тану үшін және т.б. Үш өлшемді машиналық көру жүйелерін құру үшін әртүрлі шешімдер мен технологияларды қолдануға болады, мысалы, ультрадыбыстық датчиктер, радиолокация жүйелері, оптикалық сенсорлар.

Оптикалық жүйелердің жұмысы жарық таратқыштар мен қабылдағыштардың болуын қамтиды. Жарық диодтары немесе лазерлер әдетте таратқыш ретінде қолданылады, ал қабылдағыш ретінде фотодиодтар, фототранзисторлар және фотосезімтал матрицалар қолданылады. Таратқыш жарық импульстарын шығарады, олар кедергілерден шағылысып, фотоқабылдағышпен бекітілген құрылғыға оралады.

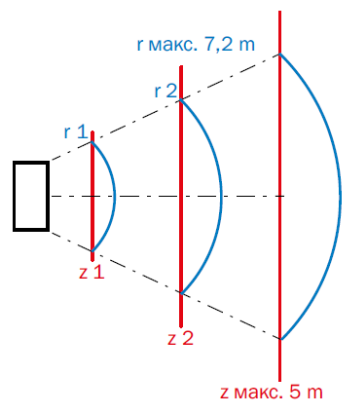
3.1 Оптикалық жүйелердің көмегімен қоршаған кеңістіктің үш өлшемді көрінісін құру

Оптикалық жүйелерді қолдана отырып, қоршаған кеңістіктің үш өлшемді көрінісін құрудың екі негізгі технологиясы бар.

1. Дәстүрлі технология шағылысқан жарық толқындарының қуатын өлшеуді қамтиды. Нысан неғұрлым алыс болса, жарық сәулесінің шашырауы мен жұтылуы соғұрлым күшті болады және қабылданған жарық импульстарының қуаты соғұрлым төмен болады. Осылайша, таратқыш пен қабылдағыштан тұратын бір сенсор нысандарға дейінгі қашықтықты өлшеуге мүмкіндік береді. Егер бір мезгілде үш (және одан да астам) датчикті пайдаланса, онда үшөлшемді көріністі қоршаған кеңістікті қалыптастыруға болады. Бұл шешімнің кемшілігі-мұндай жүйелер көбінесе сыртқы жарыққа сезімталдыққа және объектілердің әртүрлі сіңіру қабілетіне байланысты өте жоғары дәлдікке ие емес.

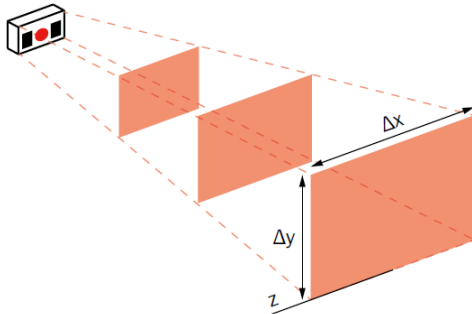
2. Екінші технология жарық импульстарының ұшу уақытын өлшеуді қамтиды. Ауада жарықтың таралу жылдамдығы белгілі болғандықтан, ұшу уақытын біле отырып, объектіге дейінгі қашықтықты есептеуге болады. Бұл технологияның бірқатар артықшылықтары бар және дәстүрлі өлшеу схемасына тән шектеулерден босатылады. Өкінішке орай, оптикалық технологияның бір маңызды кемшілігі бар, ол ұзақ уақыт бойы оның таралуын тежеді. Бұл іске асырудың жоғары күрделілігі туралы. Жарық импульстарының таралу жылдамдығы соншалықты жоғары, тіпті шығарылған импульстардың жүру

кезеңіндегі шамалы өзгерістер де айтарлықтай өлшеу қателіктеріне әкеледі. Тек соңғы уақытта таратқыштың жеткілікті тұрақтылығын қамтамасыз ету мүмкін болды. Технологияны қолданудың мысалы-оптикалық датчиктер.



Сурет 3.1 – Жұмыс қашықтығы, радиалды / абсолютті

Абсолютті дәлдік (z осі) және 1 мс (орталық тану аймағы) интеграция уақыты үшін 10% және 100% фондық жарықтандырусыз диффузиялық шағылысу кезінде қайталану тұрақтылығы.



Сурет 3.1.1 – Тану аймағы және анықтау аймағы ($\Delta x \times \Delta y$)

Жарықтың өтуін өлшеу принципіне негізделген (ағылш.: time-of-flight measurement) нақты уақыттағы датчик әрбір пиксель үшін, оның ішінде стационарлық қолдану жағдайларында тереңдігі туралы ақпаратты хабарлайды. Сонымен қатар, барлық бастапқы үш өлшемді деректер немесе өңделген, маңызды қолданбалы ақпарат тиісті қолдану жағдайы үшін жеке беріледі. Қуатты визуализация құралдары және сенімді үш өлшемді ақпарат датчикті ішкі

логистика, робототехника немесе өнеркәсіптік көлік құралдары сияқты тамаша шешім етеді.

Қысқаша шолу

- Секундына 30 үш өлшемді суретті жазыңыз;
- Қашықтық туралы мәліметтер: бір суретке 144 x 176 пиксель;
- Гигабиттік Ethernet интерфейсі арқылы үш өлшемді деректерді шығару;
- Тереңдіктің жаңғыртылуы: сканерлеу қашықтығы 1 м болғанда шамамен 3 мм, ал сканерлеу қашықтығы 7 м болғанда 30 мм;
- Температура диапазоны: 0 °C ... 50 °C немесе 45 °C дейін (корпусқа байланысты), қорғау дәрежесі: IP 67, күн сәулесіне қарсы тұра алушылығы: 0 кл-50 кл.

Артықшылықтары

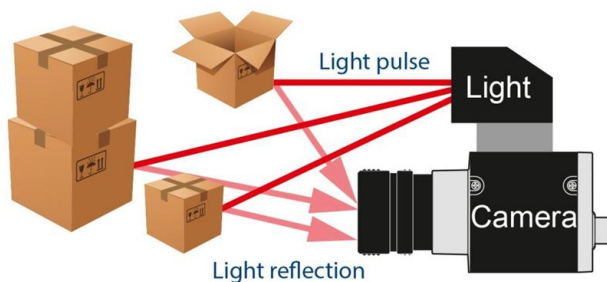
- Бір түсірілімде 25000-нан астам қашықтық және қарқындылық туралы мәліметтер;
- Осылайша, камера триггерді қажет етпейді және үш өлшемді ақпарат стационарлық қолдануда оңай қол жетімді;
- Датчикті оңай орнату және жылдам ауыстыру;
- Белгілі бір мәселені шешу үшін маңызды ақпаратты беретін шешім;
- Сыртқы құрылғыда әрі қарай өңдеуде үш өлшемді деректерді пайдалануға арналған бағдарламалау интерфейсі шығыс деректер санын азайтуға мүмкіндік береді.

2-суретте 3D камерасының бөлігі ретінде датчикті қолданудың мысалы келтірілген. Датчиктің негізгі құрылымдық блоктары: сканерлеуді басқару жүйесі, модулятор, фотосезімтал матрица және АСТ (АЦП) блогы. Модулятор сыртқы драйвер мен фотосезімтал матрицада бір уақытта қолданылатын сигналдарды құрайды. Драйвер жарық импульстарын шығаратын жарықдиодты немесе VCSEL лазерін шығарады. Шағылысқан сәулелену фотосезімтал матрицамен бекітіледі. Жоғарыда айтылғандай, датчиктерде екі технология да қолданылады: матрицаның пиксельдері сәулеленуді қабылдау фактісін ғана емес, оның амплитудасын да анықтауға мүмкіндік береді. Осылайша, бірден екі сурет жасалады: амплитудасы бойынша (2-суреттегі сұр сурет) және тереңдігі (2-суреттегі түрлі-түсті сурет). Алынған "шикі" кескіндер әрі қарай өңдеу үшін жоғары жылдамдықты интерфейс (MIPI немесе CSI-2) арқылы басқару процессорына жіберіледі.

3.2 Тереңдікті алу әдісі

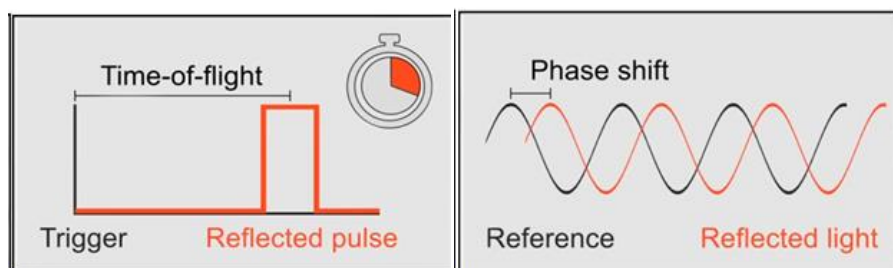
Ол жарықтың кідірісін өлшеуге негізделген. Өздеріңіз білетіндей, қазіргі процессорлардың жылдамдығы жоғары, ал жарық жылдамдығы аз. 3 ГГц процессордың бір тактісінде жарық тек 10 сантиметр ғана ұшады. Немесе метрге

10 соққы. Егер біреу төмен деңгейлі оңтайландырумен айналысса, көп уақыт кетеді. Тиісінше, импульсті жарық көзі мен арнайы камераны орнатыңыз:



Сурет 3.2 – Камераның орналасуы

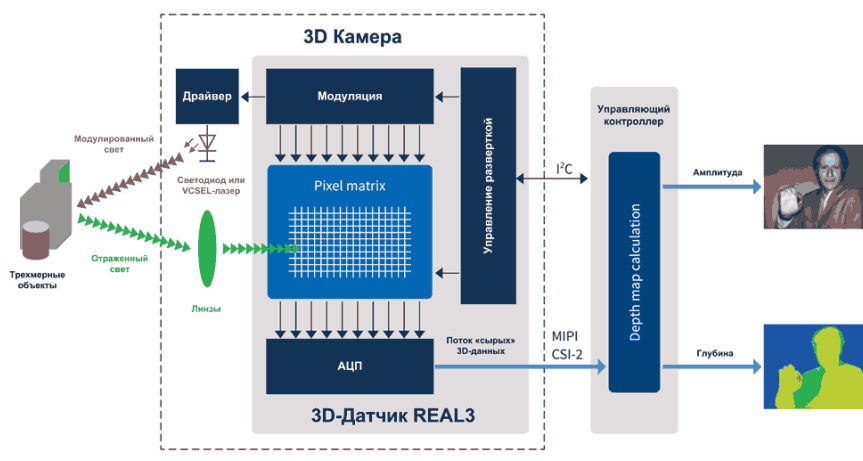
Шын мәнінде, біз әр нүктеге жарық түсетін кідірісті өлшеуіміз керек:



Сурет 3.2.1 – Кідірісті өлшеу

Егер бізде әр түрлі зарядты сақтау уақыты бар бірнеше сенсор болса, онда әр сенсордың бастапқысына қатысты уақыттың өзгеруін және жарықтың жарықтығын біле отырып, біз ығысуды және сәйкесінше объектіге дейінгі қашықтықты есептей аламыз, сенсорлардың санын көбейтеміз — дәлдікті арттырамыз.

Нәтиже-жарықдиодты немесе, аз, лазерлік инфрақызыл жарығы бар камераның жұмыс схемасы:



Сурет 3.2.2 – Оптикалық датчикті қосу схемасы және жұмыс принципі

Шешімнің артықшылықтары:

- Тереңдікті өлшеу сенімділігі мен дәлдігі. Пайдаланушы қосымша есептеусіз әр пиксель үшін амплитудасы мен тереңдігінің дайын мәндерін алады. Оңтайландырылған фотоқабылдағыш матрицасының технологиясы инфрақызыл сәулеленуге өте жоғары сезімталдықты қамтамасыз етеді.

Ашық сыртқы жарықта да, толық қараңғылықта да жұмыс істеу мүмкіндігі. Меншікті жарық көзі (лазер немесе жарық диоды) кез-келген жарық деңгейінде жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Технология фотоқабылдағыштарға әр пиксельдің динамикалық диапазонының жеке өзгеруіне байланысты қанықтыру аймағына кіруге мүмкіндік бермейді (диапазон 20 есе өзгеруі мүмкін).

- Икемділік және ықшам жалпы өлшемдер. Датчик үстеме ықшам біркристалды дизайнға ие және оны бір модульге біріктіруге болады, мысалы, камерамен жалпы линзаны айналып өту арқылы.

- Процессорға минималды жүктемені қамтамасыз ету.

- Калибрлеу қарапайымдылығы. Датчиктер бүкіл өмір бойы бір ғана калибрлеуді қажет етеді және діріл мен соққыларға төзімді.



Сурет 3.2.3 – Корпуссыз атқарудағы оптикалық датчик

Датчиктер секундына 100 кадрға дейін сканерлеуді орындай алады. Сонымен қатар, датчиктер өте ықшам өлшемдерге ие, бұл оларды миниатюралық камералармен бір корпуста біріктіруге мүмкіндік береді. Мұндай модульдердің өлшемдері сіріңке басының өлшемдерімен салыстырылады (3.2.4-сурет).



Сурет 3.2.4 – Датчиктерді миниатюралық камералармен бір корпусқа біріктіруге болады

38 мың пиксельге сезімтал матрицасы бар датчигі бар 3D камера.

Камераның радиусы 0,1 метрден 4 метрге дейін, бағыты $62^\circ \times 45^\circ$ (көлденен/ тік) және жиілікпен бейне ағынын қалыптастыруға қабілетті 5/ 10/ 25/ 35/ 45 кадр секундына. Жарық көзі ретінде толқын ұзындығы 850 нм VCSEL-лазері қолданылады. Сәулелендіргішті ескере отырып, камераны тұтыну 340 мВт құрайды. Қуат және өзара әрекеттесу USB2.0/ USB3.0 арқылы жүзеге асырылады.

Қорытындылай келе, 3D датчиктерін пайдалану перспективалары туралы жазуға болады. Датчиктерге арналған негізгі қосымшалар коммерциялық электроника, автомобиль қосымшалары, өнеркәсіптік жабдықтар және робототехника болады.

Өнеркәсіпте бұл датчиктер өндірісті автоматтандыру, роботтарға арналған машиналарды көру жүйелері, автомобильдерге арналған автопилоттар, қатысуды тану жүйелері және т. б. сияқты қосымшаларда қолданылады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Үш өлшемді модельді қалпына келтірудің бөлімдерде қарастырылған әдістері шектеулер мен кемшіліктерге ие, бұл оларды бейне тізбегі арқылы бетті тану мәселесін тиімді шешуге мүмкіндік бермейді. Матрицаларды факторизациялауға негізделген қозғалыс пішінін қалпына келтіру әдістері объектінің тек кейбір нүктелерінің үш өлшемді координаттарын қалпына келтіреді, сондықтан модельдің қалпына келтірілген нүктелері арасында оның бетін интерполяциялау мәселесі туындайды. Үш өлшемді көріністі әр түрлі бұрыштардан алынған жұп кескіндер арқылы қалпына келтіру бастапқы көріністің барлық нүктелері үшін дәл үш өлшемді кескін бере алады, бірақ камералардың өзара орналасуы туралы жоғары дәлдікті қажет етеді. Көлеңкеден пішін алу әдістері жарықтандырудың сипаты белгісіз және өздігінен өзгеруі мүмкін нақты жағдайларда объект туралы үш өлшемді ақпаратты дұрыс қалпына келтіре алмайды.

Матрицаларды факторизациялауға негізделген алгоритмдер камералардың үш өлшемді координаттары, олардың кеңістіктегі бағыты және осы шамалар белгілі болатын дәлдік туралы қажетті ақпаратты бере алады. Бұл жағдайда стерео салыстыру әдістері объектінің үш өлшемді бетін тығыз қалпына келтіруге мүмкіндік береді (кескіннің әр пикселі үшін).

Сонымен қатар, одан әрі зерттеу жүргізу үшін қызықты-сахнаны жарықтандыру моделін құру негізінде бейненің кадрлар тізбегіндегі тиісті бет нүктелерін анықтау және салыстыру мүмкіндігі.

Оптикалық жүйелердің жұмысы жарық таратқыштар мен қабылдағыштардың болуын қамтиды. Жарық диодтары немесе лазерлер әдетте таратқыш ретінде қолданылады, ал қабылдағыш ретінде фотодиодтар, фототранзисторлар және фотосезімтал матрицалар қолданылады. Таратқыш жарық импульстарын шығарады, олар кедергілерден шағылысып, фотоқабылдағышпен бекітілген құрылғыға оралады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Мустафин С.А. Разработка и исследование математических методов, моделей и алгоритмов распознавания контуров трехмерных объектов//Автореф. диссертации канд. тех.наук. –Алматы: 2007. -23 с.
2. Роджерс Д. Алгоритмические основы машинной графики. – М.: Мир, 1989. – 503 с.
3. Работы по машинному видению. - М.: Наука, 1988. - 222 с.
4. Самаль Д.И., Старовойтов В.В. Подходы и методы распознавания людей по фотопортретам. – Минск: ИТК НАНБ, 1998. – 54 с.
5. Хорн Б.К.П. Зрение роботов. – М.: Мир, 1989. – 488 с.
6. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005.
7. Володин Ю. С. (2009) Метод кодирования структурной подсветки для телевизионной системы объёмного зрения мобильного робота // Мехатроника, автоматизация, управление. 2009. № 11.
8. Гуров А. Б., Михайлов Б. Б. (2008) Система зрения для прокладки траектории мобильного робота и мониторинга рабочей зоны // Тр. 19-й Научно-техн. конф. «Экстремальная робототехника». СПб.: Изд-во НПО специальных материалов, 2008. Т. 5. С. 394–398.
9. Тищенко А. С., Михайлов Б. Б. (2009) Навигация мобильного робота на основе бортовой системы технического зрения // Мехатроника, автоматизация, управление. 2009. № 12.
10. Борисов О.И., Громов В.С., Пыркин А.А., Методы управления робототехническими приложениями. Учебное пособие. — СПб.: Университет ИТМО, 2016. — 108 с.
11. Автоматизация сортировки и отбраковки [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.mkoj.org/366/367/373/> (дата обращения 25.04.18)
12. Считывание и распознавание меток и маркировок [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.mkoj.org/366/367/376/> (дата обращения 25.04.18)
13. KUKA _3D Perception sensor [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.kuka.com/en-us/products/robotics-systems/robot-periphery/kuka-3dsensoren> (дата обращения 29.04.18)
14. Техническое зрение FANUC iRVision [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.robotosvarka.ru/tehnicheskoe-zrenie-fanuc-irvision> (дата обращения 29.04.18)
15. Техническое зрение роботов/В. И. Мошкин, А. А. Петров, В. С. Титов, Ю. Г. Якушенков; Под общ. ред. Ю. Г. Якушенкова. —М.: Машиностроение, 1990. —272 с.: ил.
16. Borisov O.I., Gromov V.S., Pyrkin A.A., Bobtsov A.A., Nikolaev N.A., Robotic Boat Setup for Control Research and Education // IFAC PapersOnLine.2016, V. 49, N. 6, P. 256–261.

Добавлено примечание ([ҚӘ1]): Мына жерде екі әдебиет көзі тұр? Ең соңына қылып апарып қойыңыз

16. Borisov O.I., Gromov V.S., Pyrkin A.A., Vedyakov A.A., Petranevsky I.V., Bobtsov A.A., Salikhov V.I., Manipulation Tasks in Robotics Education // IFAC-PapersOnLine. 2016, V. 49, N. 6, P. 22–27.

17. Системы технического зрения (принципиальные основы, аппаратное и математическое обеспечение) / А.Н. Писаревский [и др.]; Под общ. ред. А.Н. Писаревского, А.Ф. Чернявского. Л.: Машиностроение. (Ленингр. отд-ние), 1988. 424 с.: ил.