Лекция – 12

12 Автономды мобильді робот ұғымы

12.1 Мобильді робот ұғымы

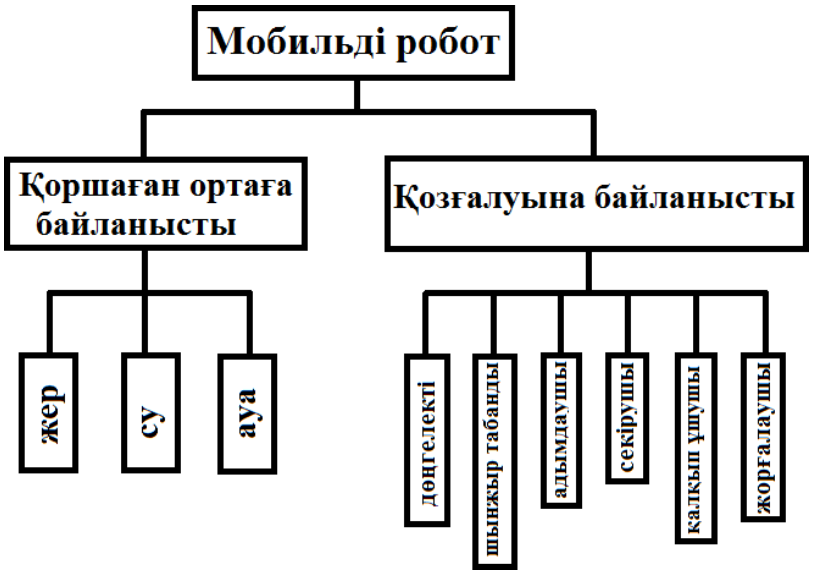
Мобильді робот — жетектермен автоматты түрде басқарылатын бір орыннан екінші орынға өз бетімен қозғалатын машина болып табылады. Мұндай роботтар дөңгелекті, адымдаушы, шынжыр табанды, жорғалаушы, жүзуші және ұшатын мобильді робототехникалық жүйелер бола алады. Мобильді робот сыртқы датчиктерден ақпарат алу арқылы белгілі бір тапсырмаларды шешу үшін бастапқы қалпынан жылжып отырады және де бұл робот өзінің қозғалысын басқару үшін үнемі ақпаратты өңдеп тұруы тиіс. Барлық бұл процестер үздіксіз және бір-бірімен тығыз байланыста орын алады. Мобильді роботтарды екі бағытта жіктеуге болады. Мобильді робот сөзі кең мағынасында ең бірінші кеңістікте белгілі бір дәрежеде өзіндік қозғалысқа ие қандай да бір механикалық аппарат ретінде қолданылады.

Мобильді робот машина сияқты екі басты жүйе: орындаушылық жүйе және сенсорлы ақпаратты-басқарушылық жүйеден тұрады. Орындаушылық жүйе өз кезегінде алдын-ала қозғалу жүйесі тән мобильді (қозғалмалы) роботқа қатысты болып келеді. Бұл жүйе әдетте механикалық манипуляцияға байланысты. Бұрыннан бері «робот» сөзі адамдар ассоциациясында механикалық аяқтарымен жерде әрең қозғалатын адам тәрізді тіршілік иесі ретінде қалыптасқан. Әдетте, адамның көмегінсіз-ақ қозғалуы керек немесе кез келген роботта ұтқырлық болуы тиіс деп есептеледі. Дегенмен, көп нәрсеге қабілеттілік деген ол мақсатты түрде әртүрлі бағытқа қозғалу өте қиындау. Ол үшін, яғни түрлі жағдайда тез шешім тауып, қалыпты жағдайда жұмыс істеу үшін жоғары интеллект керек. Сонымен қатар, тіпті қазіргі дамыған заманауи техника жағдайында жасалынып жатқан жасанды интеллектінің өзі адамның немесе жануардың аяғымен салыстыру қиынға түседі. Яғни, бұл механикалық мүмкіндіктердің өзі шартты деуге болады. Танк, трактор, автомобиль сияқты барлық механикалық құрылғылар адамның басқаруынсыз-ақ кеңістікте қозғалып, өзіндік қызметін өзі атқаратын қасиетке ие. Аталған құрылғылардың айтарлықтай айырмашылығы жоқ. Әртүрлі радио басқарушы аппараттарды адам қашықтықтан басқарып отыратыны белгілі. Бір қарағанда автономды мобильді құрылғыны автоматикалық жүйемен басқарылатын жаңа электровозға жатқызуға болады. Дегенмен, бұл жағдайда автономдық өзі төтенше жағдайларда шектеумен жүргізілетінін ұмытпау керек. Мысал келтіретін болсақ, мәселен пойыз тек қана рельс бойымен ғана қозғалады, өйткені автономдық басқару машинистпен салыстырғанда жаяу жүргінші немесе жол бағытында жануар пайда болғанда қандай да бір белгі бере алмауымен ерекшеленеді. Өнеркәсіп саласында роботтардың мобильділіктеріне деген сұраныс күн санап өсе беретіні анық. Себебі, бұл роботтарды қолданысқа енгізу өндірістің дамуына да өзіндік әсерін тигізетіні анық. Қазірдің өзінде роботтандыру процесі өте жоғары қарқынмен дамып жатыр.

Соңғы кездері роботтандыру деген сұраныс өте жоғары болып отыр. Роботтандыруға көңіл аудара бастаған машина жасау саласына қатысы жоқ кейбір өнеркәсіптердің роботталған қондырғылары қазіргі кезде шығып жатқан жаңа технологиялық бағыттардан басқа. Өйткені, олар бұрынғы жүйемен жасалған. Осыған байланысты роботтарды енгізу мақсатында және роботтандыруға бұл салаларды біршама қиындықтар туып тұр. Сонымен қатар, бұл ойдағыдай мақсатқа жеткізе бермейді.

Қазіргі кезде арнайы белгіленулерге арналған роботтар көп қолданылады. Негізінен бұл роботтар экстремалдық робототехниканың құрылғылары болып табылады, яғни, адамның қатысуын болдырмайтын шарттарда қолданылады. Мұндай шарттарға: жоғары температураны, жоғары қысым, үлкен қуатты электромагниттік сәулеленулер және адамның өмірі мен денсаулығына қауіпті басқа да жағдайлар жатады. Бірақ-та арнайы функцияларды орындайтын арнайы белгіленулерге арналған роботтар да бар. Мұндай роботтарға үй және медициналық роботтарды жатқызуға болады.

Соңғы кездері роботтандыру деген сұраныс өте жоғары болып отыр. Роботтандыруға көңіл аудара бастаған машина жасау саласына қатысы жоқ кейбір өнеркәсіптердің роботталған қондырғылары қазіргі кезде шығып жатқан жаңа технологиялық бағыттардан басқа. Өйткені, олар бұрынғы жүйемен жасалған. Осыған байланысты роботтарды енгізу мақсатында және роботтандыруға бұл салаларды біршама қиындықтар туып тұр. Сонымен қатар, бұл ойдағыдай мақсатқа жеткізе бермейді [1].



1.1 Сурет – Мобильді роботтың жіктелуі

Мобильді роботтар функциялары көбейіп, күннен-күнге дамып келеді. Бұл роботтардың басым көпшілігі материалдарды, ауыр жүктерді тасымалдауға арналған. Оларға әртүрлі датчиктер, сенсорлар навигация құрылғылары орнатылып, озық алгоритмдік бағдарламамен қамтамасыз ету

арқылы роботтарды жоғары жылдамдық және икемділікпен қамтамасыз етеді. Мысалы үшін автономды мобильді робот навигация жүйесімен қамтамасыз етілсе, онда ол бірнеше жүктері бар арбаларды өзімен бірге тартып және жүкті бір орында ұстап тұра алады. Сондай-ақ қазіргі кездегі роботтар қауіпсіздік функциясымен жабдықталған, яғни бұл роботтар өндіріс аумағында автономно және қауіпсіз түрде қозғала алу мүмкіндігіне ие.

Мобильді роботтардың қозғалу жүйесі оның орындаушылық қозғалыс жүйесіне тікелей байланысты. Қазіргі заманғы мобильді роботтарда барлық белгілі транспорттық әдістерді қолдануды тапты. Сонымен қатар, робототехниканың құралы болып әртүрлі бионикалық қозғалу әдістері болып табылады, яғни тірі табиғаттан көшірме ретінде оған көбінесе «қадам» жатады. Барлық қозғалу жүйелерінің айрықша негізі болып қозғалтқыштардың күшін түрлендіретін аппараттар танылады.

Жерде: сәйкесінше, дөңгелекті, шынжыр табанды, адам сияқты екі аяқты, төрт аяқты, алты аяқты роботтар қозғала алады. Жерде жұмыс істейтін роботтар арнайы белгіленулерге арналған роботтардың үлкен тобын құрайды. Олар халық шаруашылығының көптеген салаларында қолданылады, әртүрлі функционалдық белгіленулерге ие. Мұндай роботтар кен өндіру өнеркәсібінде, ауыл шаруашылығында, медицинада, химия өнеркәсібінде, сонымен қатар, қауіпсіздік және құтқарушы қызметтерде қолданылады. Ауада: дрон, квадрокоп, мультикоп сияқты ұшқышсыз ұшу аппараттарының түрлері. Су астында: балыққа ұқсас етіп жасалған роботтар, робот-скорпион немесе су астында жүзетін қайыққа ұқсас робот түрлерін жатқызуға болады. Әрине, қазіргі кезде мобильді роботтың тағы да басқа түрлері бар. Мысалы, робот скалолаз немесе альпинист роботтар, секіруші роботтар, сондай-ақ жыланға ұқсас робот. Бұл роботтар жіктеудің қай түріне жатады? Негізінен, бұл роботтарды бір уақытта жіктеудің екі түріне де жатқызуға болады. Мысалы: жылан-робот суда да, жерде де қозғала алуы мүмкін. Секіруші және альпинист-роботтар жерде жұмысын бастап жерде жұмысын аяқтайды, бірақ олардың негізгі мақсаты – ауада қозғалу.Мобильді роботтарды принципиалды түрде 4-ке бөліп қарастыруға болады:

- жер бетіндегі;
- ауада қалқып ұшатын;
- суда жүзетін;
- жер асты және ғарыштық;

Жер бетіндегі мобильді роботтар 3 үлкен түрге бөлінеді:
– дөңгелегі бар мобильді роботтар;
– адымдаушы мобильді роботтар;
–гибридті роботтар;

Осы үш түрден басқа тағы да көптеген арнайы жасалған мобильді роботтар болады. Ол роботтардың мүмкіндіктері шектеулі. Оларға: рельсті роботтар, экстремальды роботтар(вакуумды сорғышы бар), жылжымалы роботтар. Мобильді роботтар тек жүк тасымалдау мақсатына арналған. Олар робокарлар, яғни, ағылшынша «car» - машина. Роботкар манипуляторлы бір немесе екі сатылы көтермелі-түсірмелі құрылғы. Аталған соңғы екі операция

стационарлы манипулятормен орындалады. Қазіргі уақытта көптеген мобильді роботтардың арасында дөңгелегі бар жердегі роботтарға қызығушылық көп. Дөңгелекті жер бетіндегі роботтардың жіктелуі өте көп төмен түсу деген сияқты принциптер қарастырылған[2].

1.1-кесте – Мобильді роботтардың жіктелуі

Мобильді аппараттардың түрлері	Басқару әдісі
Дөңгелекті	Автокөліктер екі бағытқа да бұрыла беретін аппараттар
Адымдаушы	Көптеген 8, 6, 5, 3, 2 немесе 1 аяқты аппараттар
Гибридті	Дөңгелексіз де, аяқсыз да жүруге қабілетті аппараттар
Арнайыланған	Вакуумдық аппараттар: ұшатын, жорғалаушы, жылан тәріздес, рельсті, қозғалған кезде тебетін аппараттар

Ескерте кететін жайт, мобильді роботты әзірлегенде 2, 4, 6 және 8 аяқты қозғалатын мүмкіндіктер қарастырылмаған болатын. Өйткені, бұл қағида табиғаттың өзінде бар нәрсе, табиғатта адам және көптеген барлық тіршілік иесі осы тәртіптің негізінде қалыптасатыны баршамызға мәлім.

Мұндай роботтар үш бірдей секциядан тұрады. Әрбір секция өз алдына жеңіл арба мен салыстырмалы түрде үлкен диаметрлі дөңгелекті құрайды.

Арбалар бір-бірімен жұптасып серіппе типті тіркемемен жалғасқан. Қандай да бір кедергі кездескен жағдайда, дөңгелектің диаметрі үлкейіп, үш сілтемелі механизмді арба жай ғана бірінен кейін бірі жоғары биіктікке ұмыт алатын мүмкіндікке ие.

Қандай да бір қиындықты жеңудің мынандай болып келеді. Арбаның белгілі бір қашықтыққа келгенде алдыңғы дөңгелегі айнала бастайды. Үйкеліс күшінің салдарынан нәтижесіндегі жоғары қысымның әсерінен бірінші арбаның дөңгелегі тік қабырға көтеріледі. Одан кейін, артқы арбалар алдыңғы арбада қысым өте көп болғандықтан бірінші арбаның сырғанап кетіп қаупі төмен. Осының нәтижесінде, бірінші арба жоғары көтерілген сайын, белгілі бір қашықтықтың шыңына жетеді.

Соңында, белгілі бір қашықтыққа жеткен соң екінші және ортаңғы арба ны өзіне қарай сүйрей бастайды. Осылайша, ортаңғы арба үйкеліс күшінің әсерінен ғана емес, сонымен қатар соңғы арбадағы қысым шамасына қарай қабырғаға қарай көтеріледі. Екі арба жоғары көтерілген соң соңғы үшінші арба да белгілі бір қашықтыққа жету үшін өзіне қарай тартады.

Біз белгілі бір жоғары қашықтықты бағындырудағы әдісті екі негізгі принцип басқа көлік тетіктерін құрастыруда кеңінен пайдаланады. Солардың бірі - алдыңғы арбаның дөңгелегінің үйкеліс күші жоғарылауы әсерінен туындайтын қысымнан, оның жан-жағындағы жалғанбалы арбалар теп-тегіс

аумақта орналасады. Соның арқасында, ол арба белгілі бір қашықтыққа көтерілуіне мүмкіндік ашылады. Тағы бір әдісіне келер болсақ, құрама арбаларды қолдану, олардың әрбір арба арасындағы қозғалыста салыстырмалы түрде белгілі бір еркіндік (арақашықтық) болуына жағдай туғызады[3].

12.2 Мобильді роботтарда қолданылатын датчиктер

Датчиктер – қоршаған орта туралы білім алуға мүмкіндік беретін құрылғылар. Роботталған сенсор роботтың есептеу жүйесімен өңделетін электр сигналына кейбір физикалық шаманы түрлендіреді. Оларды роботтың ішкі жағдайын өлшейтін проприоцептивті датчиктерге және қоршаған орта туралы ақпарат беретін экстероцептивті датчиктерге бөлуге болады. Дегенмен, бұл бөлу анық емес, себебі кейбір датчиктер екі бағытта пайдалануға болады. Мысалы, типтік проприоцептивті сенсор болып саналатын акселерометр, сондай-ақ жерді жіктеу үшін пайдаланылуы мүмкін.



1.2 Сурет – Мобильді роботтарда қолданылатын датчиктер

1) Проприоцептивті датчиктер. Бұрын айтылғандай, проприоцептивті датчиктер роботқа оның денесінен түсетін ақпаратты ұсынады. Кіріктірілген аккумулятордан, температура мен токтан басқа, проприоцептивті датчиктер роботқа жылдамдық пен бағдар туралы ақпарат бере алады. Ең кең қолданылатын интероцепторлар-акселерометрлер, гироскоптар және дөңгелек біліктердің энкодерлері.

2) Инерциалды өлшем бірліктері. Акселерометр бір немесе бірнеше бағыттарда үдеуді өлшеуге арналған құрал болып табылады. Оны роботтың жылдамдығын бағалау үшін немесе инклинометр ретінде пайдалану үшін пайдалануға болады. Бір осьтік акселерометр қазіргі уақытта сирек кездесетін болып табылады, ең көп таралғаны үш осьті акселерометрлер болып

табылады, олар үш ортогоналды бағыттарда үдеуді өлшейді. Бастапқыда гироскоп бұрыштық моментті сақтауға негізделген бағдарды қолдауға арналған құрылғы болды. Қазіргі гироскоптардың көпшілігі көлік құралының бұрыштық жылдамдығын бағалау үшін Кориолис күшінің діріл элементтері мен принципін пайдаланады. Акселерометрлердің жағдайы сияқты, бүгінгі гироскоптар үш осьті нұсқаға кіреді, гироскоптардың осьтері ортогональды тегістелген. Әдетте, үш осьтік гироскоптар мен акселерометрлерден ақпарат көлік құралын жылдамдату мен бағдарлауды бағалау үшін қорытылады. Мұндай синтезді орындайтын зияткерлік құрылғы инерциялық өлшеу блогы деп аталады. Бұл бірліктер әдетте нарықта қол жетімді және олардың бағасы олардың дәлдігіне байланысты оннан мың еуроға дейін ауытқиды.

3) Кодтаушы доңғалақтар. Доңғалақ білігінің кодерері автомобиль қозғалтқыштарының немесе дөңгелектерінің айналуын өлшейді. Дөңгелектің абсолюттік бұрышын өлшейтін датчиктер бар болса да, ең көп таралған түрі – дөңгелектің айналуында электр импульстерінің сериясын генерациялайтын инкременттік ротациялық кодер (бұдан әрі-IRC). IRC жұмыс істеу принципі әдетте оптикалық немесе магниттік әсерге негізделген (Холлдың әсері). Бұл датчиктер арзан, оңай біріктіріледі және олардың көпшілігі салынған.

4) Компас. Компас – бұл бағыт туралы тұрақты ақпаратты, әдетте, Жердің магниттік өрісін өлшеу арқылы қамтамасыз ететін құрал. Электрондық компастар анизотропты Магнето қарама-қайшылық немесе Холлдың әсері қағидаттарына негізделген және жиі инерциалды өлшем бірліктерінің интегралды компоненттері ретінде қосылады. Магниттік компастың кемшілігі-Жердің магниттік өрісінің салыстырмалы әлсіздігі, ол магниттік өрістің жергілікті көздерімен оңай көлеңкеленеді. Сонымен қатар, басқа аспан денелерінің магнит өрісі жиі әлсіз және магниттік өлшемдер басқа принциптермен алмастырылуы тиіс, мысалы, күнді бақылау. Дегенмен, магниттік компас-жердегі мобильді роботтардың абсолюттік курсын өлшеудің ең көп таралған құрылғысы.

5) Тактильді сенсор. Тактильді датчиктер әлі де танымал болмағанымен, ұялы роботтарда оларды пайдалану шектелген. Теориялық тұрғыдан, қоршаған орта бойынша қозғалу үшін жеткілікті. Олар іс жүзінде соңғы инстанцияның датчиктері ретінде пайдаланылуы мүмкін. Олар соқтығысқан жағдайда шығынды азайту үшін қозғалтқышты роботтарды өшіреді. Олардың жетіспеушілігі қымбат жасанды тері ерітінділерінен басқа, датчиктер роботтың бүкіл корпусын жаба алмайды.

6) Ультрадыбыстық қашықтық өлшеуіш. Ультрадыбыстық алыс өлшегіштер (немесе гидролокаторлар) тоқсаныншы жылдардағы ең танымал мобильді робототехника датчиктерінің бірі болды. Ультрадыбыстық қашықтық өлшеуіш алыс объектілермен көрсетілген толқындарды қабылдайтын қабылдағыш және дыбыстық толқындар жарылысын шығаратын таратқыштан тұрады. Сигнал беру мен қабылдау арасындағы уақытты өлшей отырып, әлеуетті кедергілерден қашықтықты өлшеуге болады. Алайда, дыбыс жылдамдығы ол өтетін ортаның температурасына, қысымына және ылғалдылығына байланысты. Көптеген материалдар, мысалы, маталар, дыбыс

толқындарын сіңіреді. Демек, оларды гидролокатор арқылы табу қиын. Керісінше, беті тегіс объектілер қабылдағыштан дыбыстық толқындарды көрсете алады. Сондай-ақ ультрадыбыстық сигнал қабылдағышқа жеткенше бірнеше рет әсер ететін жағдайлар да таралған. Дыбыстық сигналдың тар бағыты жоқ болғандықтан, кедергінің нақты жағдайы белгісіз. Бұл оқшаулау және карталау үшін гидролокаторды пайдалануды шектейді, бірақ соқтығысуды болдырмау үшін басым.

7) Инфрақызыл қашықтық өлшеуіштер. Гидролокаторларға қарағанда, көптеген инфрақызыл (бұдан әрі-ИК) қашықтық өлшеуіштер берілетін инфрақызыл толқынның ұшып өту уақытын өлшемейді, керісінше триангуляция принципін қолданады немесе шағылысқан сигналдың қарқындылығын өлшейді. Инфрақызыл қабылдағыш таратқыштың маңызды артықшылығы-бұл бірнеше роботтар мен роботталған роевтерді қолдану үшін пайдалы шағын радиустағы роботтар арасындағы байланыс үшін пайдаланылуы мүмкін. Ең танымал инфрақызыл қашықтықты өлшеуіштердің бірі-тар инфрақызыл сәулелерді тарататын және желілік камера арқылы оны анықтайтын SHARP GP2DX сериясы. Нақты түріне байланысты, ол шамамен 5% дәлдікпен 6 метрге дейін жетеді. Оның кемшілігі оның (аналогтық) шығу сипаттамалары сызықсыз болып табылады және триангуляция принципі датчиктердің жанында өлі аймақты тудырады. Сонымен қатар, оның үлкен қашықтықтағы сезімталдығы шағылыстыратын материалға әсер етеді және датчиктің жоғары температуралы ортада жұмыс істеуін қиындатады. Дегенмен, төмен баға дальномерлерінің шағын роботтарда қолданылуы оларды танымал әрі қолжетімді етеді.

8) Лазерлік алыс өлшеуіштер. Лазерлік алыс өлшегіш, кейде LIDAR деп аталады,және ол гидролокациялық құрылғыларға ұқсас принцип бойынша жұмыс істейді. Ол жарықтың жарқылын береді және олардың ұшу уақытын өлшей отырып, басқа объектілерге дейінгі қашықтық орнатады. Қазіргі заманғы қашықтық өлшеуіштер айналмалы немесе кең лазерлік сәулелерді пайдаланады және секундына қашықтықты өлшеу сериясын (әдетте жүздеген) қамтамасыз етеді. Бұл өлшемдердің барлығы бір жазықтықта жататыны, сканерлеу жазықтығы еденге параллель болғанда, оларды әсіресе ішкі қолдану үшін пайдалы етеді. Олардың диапазоны, дәлдігі және сенімділігі робот техникасы бойынша көптеген мобильді роботтарды зерттеу топтары үшін танымал болды[4].

Қашықтық датчиктері робот алдында қоршаған ортаға шолу алу үшін ашық ауада қолданылады. Бұл жағдайда үш өлшемді ақпарат алу қажет. Бұл үшін 2D қашықтағы өлшеуіш белгіленген қалыпта ғана көре аласыз. Альтернативті әдіс сервомотор немесе жылжымалы айналардың көмегімен оның сәулелерін шағылыстыру арқылы алысты өлшегіш қадамын басқару болып табылады. Зияткерлік көлік құралдары немесе азаматтық құрылыс үшін коммерциялық 3D лазерлік сканерді де пайдалануға болады. Ең танымал 2D лазерлік қашықтық өлшеуіштердің бірі – SICK LMS, ол 80 м дейін қашықтықты, 1 мм дейін дәлдікті ұсынады және 180°көру өрісімен 361 өлшеуді қамтамасыз етеді. Бұл лазерлік алыс өлшеуіштердің кемшілігі оның

өлшемдері, салмағы және бағасы болып отыр. URG 04 LX сияқты лазерлік алыс өлшеуіштердің шағын нұсқалары 240° көру өрісі мен 4 м максималды диапазоны бар 728 өлшеуді қамтамасыз етеді. Шағын роботтар бар және олар кеңінен пайдаланылады, олардың бағасы да жоғары. Лазерлік алыс өлшеуіштердің жетіспеушілігі, адам көзі сияқты ұқсас спектрлерде жұмыс істейтіндігіне байланысты. Бұл тұман, жаңбыр және қар сияқты тамаша ауа райы жағдайларында, лазерлік алыстан өлшегіштер маңызды деректерді бере алмайды дегенді білдіреді. Сондықтан, егер LIDAR кейбір маңызды жүйенің құрамына кірсе, мысалы, бұл автономды автокөлік, онда адам сияқты жағдайларда сәтсіздікке ұшырайды[5].

Фотокамералар немесе сандық камералар, адамдар әлемді қалай қабылдауға жақын сол деректерді ұсынуға мүмкіндік береді. Электроника саласындағы жетістіктер камераның өзін миниатюрациялауға ғана емес, сонымен қатар камера ұсынатын деректерді өңдеуге қажетті есептеу жабдығын да алуға мүмкіндік берді. Суреттерді түсіну саласы-информатиканың ең жылдам өсетін салаларының бірі және онда суреттерді зияткерлік өңдеудің көптеген әдістері бар. Осылайша, егер біреу роботты машина көруіне негіздеуді шешсе, оның иелігінде қажетті аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз ету болады. Кейбір камералар тіпті микроконтроллерлер, сандық сигналдық процессорлар және бағдарламаланатын вентиль матрицалары бар платаларды кірістіреді, олар олардың ішінде суреттерді өңдеудің қосымша алгоритмдерін іске қосуға және тек қалаған нәтижелер туралы хабарлауға мүмкіндік береді. Камераның жетіспеушілігі оның пассивті табиғаттында жатыр-ол жарық жеткіліксіз немесе тым көп жарық болған жағдайда жұмыс істемейді. Сонымен қатар, стандартты камералардың қасиеттері адам көзіне қарағанда әлдеқайда нашар. Бұл оптикалық сипаттамалар туралы ғана емес, мысалы, жарық сезгіштігі, сондай-ақ көздің тор қабатының суретінің белгілерін жоғары параллельді табуды орындау қабілеті екенін түсіну керек. Сонымен қатар, камера қажет болған жағдайда деректерді кешенді өңдеу арқылы қалпына келтірілуі тиіс схеманың тереңдігін қамтамасыз етпейді. Бірақ нарықта әртүрлі қасиеттері бар көптеген камералар бар, бірақ олар қоршаған орта туралы көбірек деректерді ұсынса да, олардың бағасы сонарлар мен инфрақызыл алыс өлшеуіштердің бағасымен салыстыруға келмейді.

Үш өлшемді камера – стандартты камераның негізгі шектеуін алып тастайтын және схеманың тереңдігін қамтамасыз ететін құрылғы. Көптеген коммерциялық қол жетімді 3D камералары қабылданатын көріністің тереңдігін есептейтін процессорлары бар. Негізінде, біз 3D камералардың үш түрін бөліп аламыз: ұшу уақыты жүйесі, құрылымдалған жарық және стереокамералар. Ұшу уақыты камерасы лазерлік қашықтық өлшеуішіне ұқсас: ол сахнаға (әдетте инфрақызыл) жарықты береді және камера қабылдағышына қайтару үшін қажет уақытты өлшейді. Ұшу уақыты камерасы мен LIDAR арасындағы негізгі айырмашылық ұшу уақыты оны нүктелер бойынша сканерлеу емес, барлық сценаны бірден басып алады. Соңғы уақытта робототехника өнеркәсіптің дамыған саласына көшті: роботтардың басым

бөлігі әртүрлі кәсіпорындарда жұмыс істейді, ғарышты бағындыру интеллектісі әртүрлі деңгейдегі роботтарды кеңінен пайдалануға сүйенеді. Роботтар-манипуляторлардың көмегімен әртүрлі салаларда ауыр, шаршау және монотонды жұмыстарды автоматтандыруға ерекше көңіл бөлінеді[6].