

**С.Б. Косболов, Е.Н. Корабаев** ✉

Ғ.Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан  
E-mail: y.korabayev@aes.kz

## **ОБЪЕКТІЛЕРДІ МАНИПУЛЯЦИЯЛАЙТЫН МОБИЛЬДІ РОБОТТАРҒА АРНАЛҒАН БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖАСАҚТАМА**

**Аңдатпа.** Мақалада адам ортасында автономды манипуляция қызметтерін жасай алатын роботтарға арналған бағдарламалық жасақтама берілген. Адам ортасында қызмет көрсететін робот көбінесе адамның араласуынсыз және тапсырмалар мен қоршаған орта туралы алдын-ала білместен тапсырмаларды орындауы керек. Тапсырмаларды дербес орындау үшін қоршаған ортаны қабылдау, біліммен пайымдау және тапсырма мен қозғалысты жоспарлау сияқты әртүрлі процестер қажет. Процестердің әрқайсысын әзірлеу маңызды болғанымен, оларды орналастыру үшін жұмыс жүйесіне біріктіру де маңызды, өйткені роботтық жүйе нақты әлемде жұмыс істеген кезде нақты нәтижелерге қол жеткізе алады. Сондықтан бұл мақалада адамның араласуынсыз нақты роботтың тапсырмаларды орындауы үшін қажетті компоненттерді біріктіретін болжамды бағдарламалық жасақтама архитектурасы ұсынылған.

**Түйінді сөздер.** Манипуляция, бағдарламалық жасақтама, қызмет роботы, қозғалысты жоспарлау, навигация.

### **Кіріспе.**

Ондаған жылдар бойы объектілерді роботтандырылған манипуляциялау бойынша ауқымды зерттеу жұмыстары жүргізіліп келеді. Зерттеу бағыттарына қолмен және басып алуды жобалау, түсіруді жоспарлау, тапсырмаларды жоспарлау, қозғалысты жоспарлау, басқару және қабылдау кіреді. Нәтижесінде объектілерді манипуляциялау робототехникадағы ең сәтті қосымшалардың біріне айналды. Көптеген коммерциялық өнімдер мен ашық бастапқы бағдарламалық қамтамасыз ету өнеркәсіптік және тұрмыстық жағдайларда пайдаланылады.

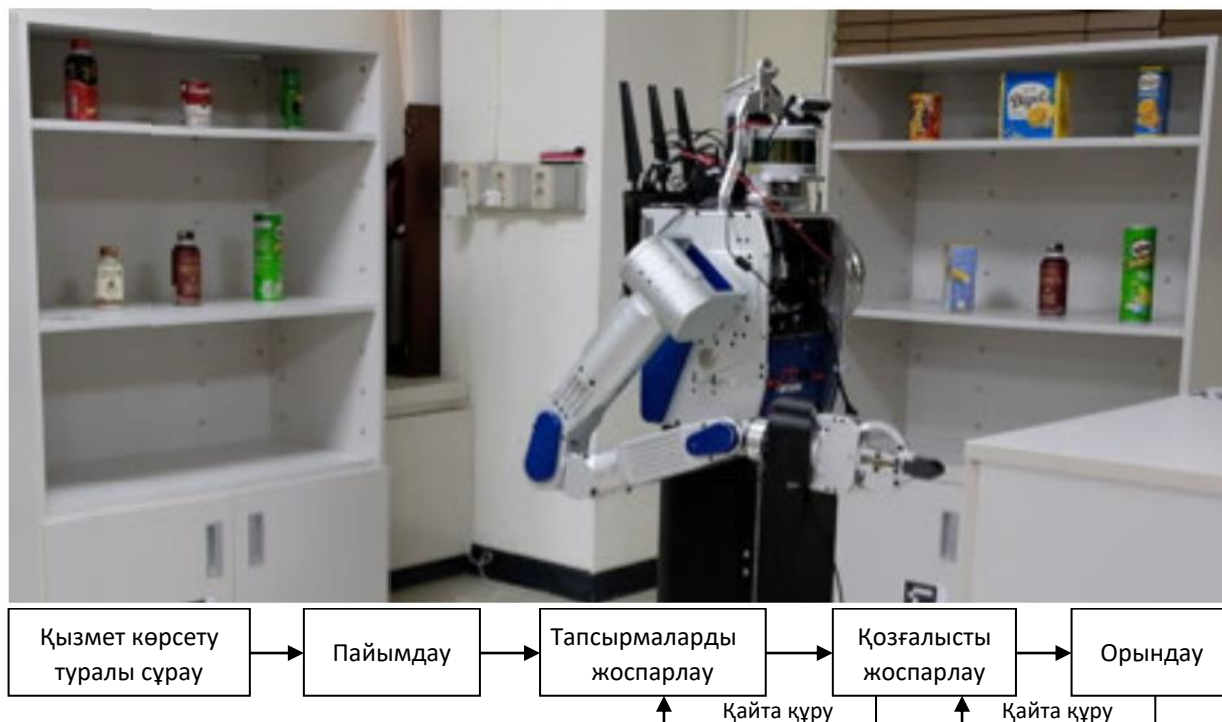
Екінші жағынан, DARPA Robotics Challenge (DRC) 2015 жетістігі бізге адамның тіршілік ету ортасында жұмыс істей алатын роботтардың жарқын болашағын көрсетеді. Алайда, бірнеше есептер [1]–[2] бізге адам операторларының араласуы қажет болғанын және күрделі мәселелер тудырғанын айтады (Мысалы, құлау, қалпына келтіру, үлкен кідіріс, тапсырманың сәтсіздігі). Аткинсон және басқалар (2018) [1] болашақта адам басқаратын операциядан гөрі көбірек автономия күтіледі деген қорытындыға келді. Бұл әрекеттер автономиясы жоғары, адамның ортасында жұмыс істей алатын роботтарға деген қажеттілікті ынталандырады.

### **Материалдар мен тәсілдер.**

Бұл жұмыс Адам ортасында навигация және манипуляция тапсырмаларын орындайтын сервистік роботқа арналған болжамдық бағдарламалық архитектураны ұсынады. Мақсаты, робот оператордың көмегінсіз адамдарға қызмет көрсете алатындай барлық процестерде автономия жұмысын қамтамасыз ету.

Терең оқытуға негізделген қабылдауды интеграциялау, білімді ұсыну және өңдеу, тапсырмаларды символдық жоспарлау және қозғалысты жоспарлау мобильді базасы бар физикалық гуманоидты роботқа орналастыру үшін бағдарламалық архитектураға енгізіледі. Архитектураны және робот қабылдаудан жиналған білімді пайдалана отырып,

пайымдау негізінде дерексіз тапсырма жоспарларын жасай алады. Архитектура роботтың мақсатты позаларын дербес есептейтін task-motion интерфейсі арқылы абстрактілі тапсырма жоспарлары мен геометриялық қозғалыс жоспарларын байланыстырады. Егер қозғалысты жоспарлау немесе жоспарланған қозғалыстарды орындау сәтсіз болса, архитектура сәтсіздіктер туралы кері байланысты қолдана отырып, тапсырмалар жоспарларын өзгертеді (1-сурет).



1 сурет - Робот объектілерді манипуляциялау қызметтерін ұсынатын адам ортасының мысалы

Онтологияға негізделген білім моделі роботтық жүйелерде кеңінен қолданылады. OpenCyc [4] OWL-DL-де жазылған жалпы жоғарғы онтологияны ұсынады. KnowRob [5] және ISO [6] ішкі қызмет көрсету роботтары үшін [4] ұсынған жоғарғы онтологияны кеңейтеді. KnowRob оқиғаларды, объектілерді, тапсырмаларды, қозғалыстарды, математикалық тұжырымдамаларды және т.б. ұсынатын көптеген сыныптарды ұсынады. KnowRob негізіндегі көптеген қосымшалар мен демонстрациялар ұсынылды. ISO объектілер мен әрекеттер кластарын ұсынады және демонстрацияларда орау және тазалау сияқты жұмыс үстелі тапсырмаларын орындау үшін қолданылады. OUR-k [7] және OMRKF [8] контекст, кеңістік, объект, әрекет және объект сыныптарын қамтамасыз етеді. Олар білімді үш деңгейге бөледі: Мета-онтология; онтология данасы; және онтология деңгейі. Олардың білімі жеткізу сценарийінде қолданылады. Білім модельдері роботтық жүйелермен үйлесімділігін көрсетсе де, дұрыс емес және белгісіз қабылдау салдарынан тапсырмаларды орындаудан бас тарту қабілеті көрсетілмеген.

Тапсырмаларды жоспарлау мақсатқа жету үшін жоғары деңгейлі дискретті әрекеттерді жасауға бағытталған. Классикалық жасанды интеллект жоспарлаушылары дерексіз әрекет кеңістігінде әрекеттер тізбегін жасайды. Олар әр жағдайда мүмкін болатын әрекеттер жиынтығы және олардың басқа жағдайларға ауысуына әкелетін қоршаған ортаға әсері туралы айтады. Олар әртүрлі салаларда ортақтыққа және сәтсіздікке икемділікке ие болғанымен, олардың метрикалық кеңістіктер туралы ойлау қабілеті

шектеулі. Екінші жағынан, қозғалысты жоспарлау үздіксіз қозғалыстарға әкелетін Робот конфигурацияларының реттілігін табуға арналған. Дегенмен, қозғалысты жоспарлау аймағы қозғалысты генерациялаумен шектеледі, сондықтан қозғалысты жоспарлаудағы ақауларды жоюды басқа жоғары деңгейлі алгоритмдер орындауы керек.

Соңғы уақытта тапсырмаларды жоспарлау мен қозғалыс арасындағы алшақтықты толтыру үшін көп күш жұмсалды. Тапсырмалар мен қозғалыстарды жоспарлау тәсілдері орындалатын символдық тапсырмалар жоспарларын құру арқылы бос орынды толтырудағы табысты жетістіктерді көрсетеді [3]. Алайда, әдебиетте ұсынылған қозғалыстарды жоспарлау тәсілдері шеңберлері қабылдау, пайымдау, жоспарлау және орындау мақсатқа жету үшін өзара әрекеттесетін толық стек архитектурасында жеткілікті түрде тексерілмеген. Тапсырмалар мен қозғалыстарды жоспарлау тәсілдері тұжырымдамасын және ұсынылған позаны есептеу әдістерінің тиімділігін дәлелдеу үшін тек тапсырма мен қозғалысты жоспарлаудың үйлесімі тексерілді. Тапсырмалар мен қозғалыстарды жоспарлау тәсілі қазір жетілген сатыда, сондықтан оны нақты сценарийлерде енгізу өте маңызды.

Екінші жағынан, объектілерді анықтау үшін көптеген терең оқыту модельдері ұсынылды. Ең сәтті тәсілдердің бірі-аймақтық конволюциялық нейрондық желілер (CNNS). R-CNN (CNN функциялары бар аймақтар) аймақты ұсыну үшін таңдамалы іздеуді, функцияларды шығару үшін CNNs және жіктеу үшін SVM пайдаланады. Жылдам R-CNN және жылдамырақ R-CNN анықтау өнімділігі мен R-CNN жылдамдығын жақсарту үшін ұсынылған. Yolo нақты уақыттағы қосымшаларға сәйкес келетін 45 кадр/с жылдамдықты анықтауға мүмкіндік береді. Алайда, оның кері қайтарып алу коэффициенті мен дәлдігі төмен. Yolo-v3 айнымалы өлшемдері бар алдын ала анықталған блоктарды пайдалану арқылы мәселені шешеді және оқу кезеңінде фокустық қашықтықты жоғалтуды пайдалану арқылы анықтау өнімділігін жақсартады.

Нысанның болжамды позасынан немесе тікелей суреттерден нысан үшін қызықты позаларды табуға болады. Джейн мен Аргал (2016) [9] көрінбейтін заттарды түсіру позаларын автономды түрде анықтайтын әдісті ұсынды. Әдіс нысан нүктелерінен нысан пішіндерін геометриялық пішіннің алдын ала анықталған примитивтері (сфера, цилиндр немесе кубоид) бойынша жіктейді. [10] RGB-D кескіндерінде жаңа нысандардың суреттері табылады. Әдіс сахнадағы нысандарды жылдам бөледі және түсіруге үміткер тіктөртбұрыштарды жасайды. Үміткерлер арасында кездейсоқ орман моделін қолдана отырып, соңғы нұсқа таңдалады.

### **Нәтижелер.**

Соңғы уақытта терең оқыту әдістерін қолданудың көптеген әдістері ұсынылды. [11] авторлар екі терең конволюциялық нейрондық желіні (CNNS) қолдана отырып, түсіруді анықтау әдісін ұсынды. Терең CNN нысандарды шығарып, оларды түсіру күйін болжайтын таяз CNN-ге жібереді. Чу және басқалар (2018) [12] RGB-d кескіндеріндегі көрінбейтін нысандарды түсіру мүмкіндіктерін болжау әдісін ұсынды. Бірнеше ұстағыштар кейінгі жоспарлау процестерінде әртүрлі түсіру және қозғалыс жоспарларын құруға көмектеседі.

Жоғарыда аталған зерттеу салалары бір-біріне тәуелсіз өркендеді. Олардың жетістіктерімен қатар, кейбіреулері робототехникада қолдану үшін біріктірілді. Тапсырмалар мен қозғалыстарды жоспарлау тәсілдері шеңбері сәтті комбинациялардың мысалы болып табылады. Жоғары өнімді қабылдау автономды роботтардың негізгі қабілеті болып табылады, сондықтан оны көптеген роботтар әртүрлі салаларда қолданады. Екінші жағынан, тапсырмаларды дербес орындау үшін қажетті компоненттерді толық біріктіруге бағытталған архитектуралық жобаларға зерттеу жүргізілді.

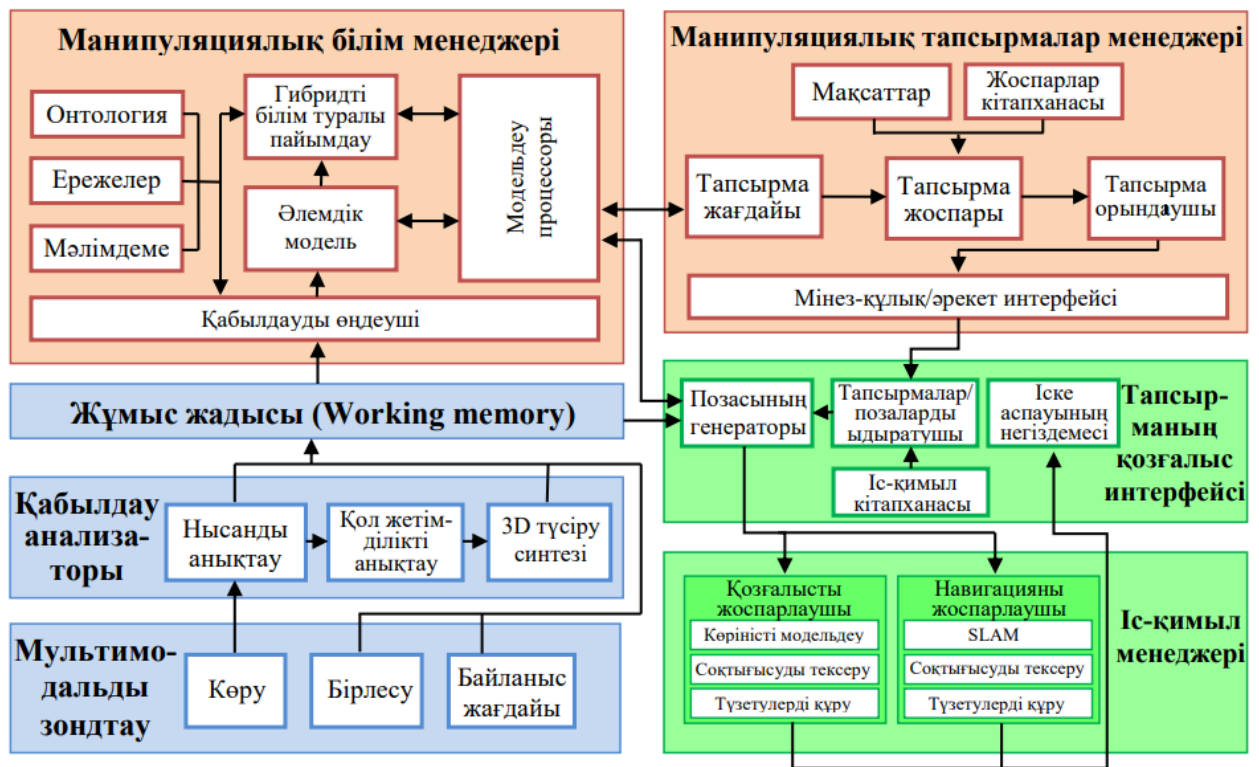
[13] роботтарға адамның өзара әрекеттесуіне тез жауап беруге мүмкіндік беретін көп деңгейлі бағдарламалық архитектураны (LAAIR) ұсынды. Онда реактивті және кеңесші контроллерлерге икемді қол жеткізе алатын жоғары деңгейлі модуль бар. Архитектура тапсырмаларды тәуелсіз орындау үшін барлық дерлік функционалдылыққа ие болғанымен, «мақсатқа навигация» және «мақсатты қадағалау» сияқты жоғары деңгейлі мақсаттарды қамтамасыз ету үшін адам операторлары қатысады.

[14] қызмет роботтары үшін ROS-та енгізілген компоненттерге негізделген архитектураны ұсынды. Ол әзірлеушілер ROS-да фонсыз роботтармен әрекеттесе алатын веб-қызмет интерфейсін қосу арқылы робот қосымшаларын әзірлеуге арналған абстракцияларды ұсынады. Архитектурада білім базасы бар, бірақ бұл жәй ғана ақпарат қоймасы, өйткені ақпарат білім мен пайымдауды ұсынуды пайдаланбайды. Сонымен қатар, Turtlebot-пен демонстрация тек қарапайым навигациялық тапсырмаларды (мысалы, ішкі кеңселер арасында жеткізу) қамтиды, мұнда басталу орны мен мақсаттарын адам пайдаланушысы көрсетуі керек. Ойлау қабілеті роботқа жеткізу қызметіне қандай адамдар қажет екенін және адамның қатысуынсыз қайда екенін білуге мүмкіндік береді.

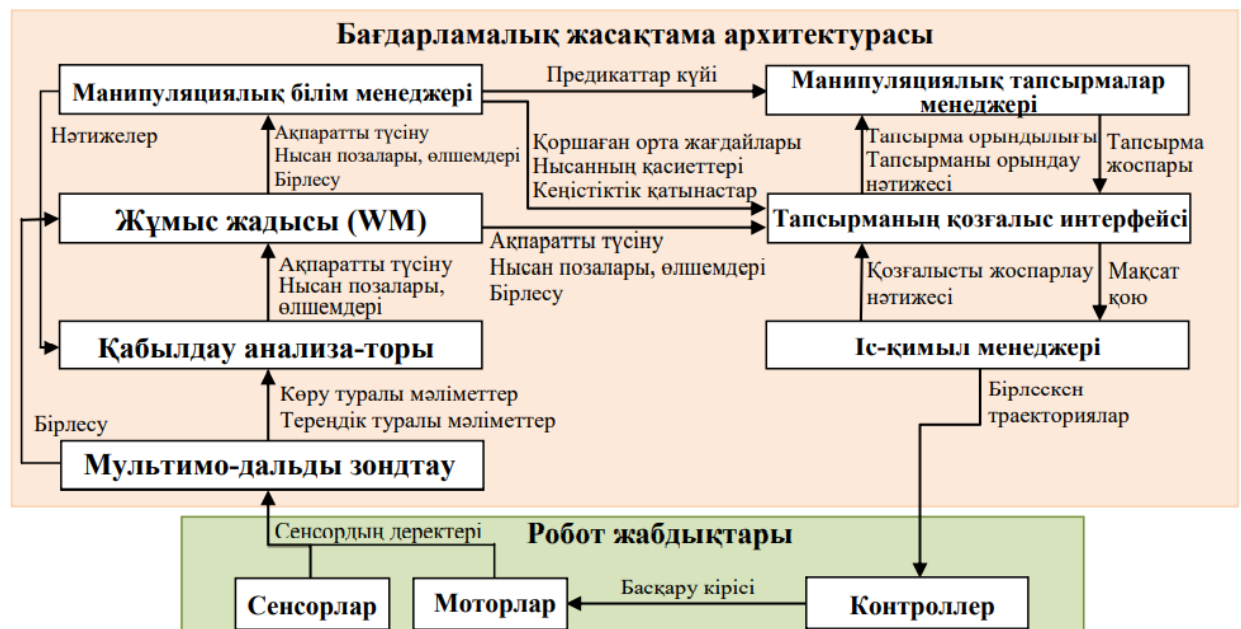
Қолданыстағы архитектураларға шолу жасай отырып, біз робот автономиясының әлеуеті мен шындық арасында айтарлықтай алшақтық бар деген қорытындыға келдік және келесі мәселелерді шешу қажет. Біріншіден, қолданыстағы архитектураларда көбінесе қабылдау, білімді ұсыну, пайымдау, тапсырмалар мен қозғалыстарды жоспарлау және пайдаланушы интерфейсі үшін барлық функциялар болмайды. [13] қоспағанда, оларға бірнеше функционалдылық жетіспейді. Екіншіден, көптеген қолданыстағы архитектуралар мен DRC 2015 [1]-[2] үшін жасалған жұмыстар тапсырмаларды орындау үшін адамның араласуының белгілі бір деңгейін талап етеді. Тағы бір мәселе-нақты әлемдегі тривиальды емес мәселелерді шешу үшін физикалық роботтарды қолданатын демонстрациялардың маңыздылығы. Сонымен қатар, алдыңғы жұмыстардың көпшілігі роботтардың әртүрлі аппараттық платформаларында роботтармен физикалық эксперименттерді көрсетпейді, дегенмен олардың архитектуралары белгілі бір платформаларға байланысты емес деп мәлімдейді. Осылайша, біздің жұмысымыз қабылдауды біріктіру, білімді дамыту, пайымдау және тапсырмалар мен қозғалыстарды жоспарлау/қайта құру арқылы бар жұмысты толықтырады, ол роботтардың әртүрлі платформаларында адамның бақылауынсыз объектілерді манипуляциялауды жоспарлау және орындау үшін орналастырылады.

Архитектура 2-суретте сипатталған, мұнда компоненттер арасындағы мәліметтер ағыны 3-суретте көрсетілген. Мультимодальды зондтау (MZ) көру, тактильді сенсорлар және байланыс сенсорлары сияқты робот сенсорларының кірісін білдіреді. Құрамдас бөлікке кез келген сенсорлық кірістерді қосуға болады. Қабылдау анализаторы (PR) танылған объектілерді қабылдау туралы ақпаратты құруға жауап береді. Жұмыс жады қазіргі уақытта байқалатын объектілер мен орталарды қабылдау туралы ақпаратты қамтиды. Мысалы, қазіргі уақытта анықталған нысанды түсіру туралы ақпарат жұмыс жадында қалады. Нысан роботтың көзінен жоғалғаннан кейін ақпарат та жойылады. Манипуляциялық білім менеджері білім базалары мен әлем моделін сақтау үшін қабылданған мәліметтерден білім жинайды. Мақсатты ескере отырып, білім менеджері тапсырмалар жоспарларын құру үшін басқару тапсырмалары менеджері қолданатын контекст туралы айтады. Action Manager (AM) роботтың манипуляция және навигация үшін мүмкін болатын қозғалыстарын есептейді. Алайда, AM роботтың соңғы орындаушысы мен мобильді базаның мақсатты позалары орнатылған жағдайда ғана қосылым траекториясын табады. Осылайша, Task-Motion Interface Manager (TMI) абстракттілі символдық тапсырмалар жоспарлары негізінде мақсатты позаларды дербес жасайды. Тапсырманы орындау барысында немесе одан кейін қоршаған ортадағы және

роботтағы өзгерістер MZ және PR арқылы танылады. Жаңартылған күйлер тапсырмаларды кейінірек жоспарлау немесе қайта құру үшін қолданылады.



2 сурет - Манипуляциялық және навигациялық тапсырмаларды орындайтын сервистік роботтарға арналған бағдарламалық жасақтама архитектурасы



3 сурет - Компоненттер арасындағы деректер ағыны

Автономияның жоғарылауынан басқа, архитектураның артықшылығы оның модульдік дизайнында. Модульділікті сақтау үшін архитектура хабарлама жіберу жүйесін қолданады, онда компоненттің шығысы басқа компоненттің кірісі ретінде пайдаланылады.

ғаламдық сақтау жүйесі жоқ. Әрбір компонент ROS-та жүзеге асырылады, сондықтан компоненттер арасындағы байланыс хаттамалары сақталса, компонент үшін кез-келген алгоритмді қолдануға болады.

### **Талқылау.**

Мультимодальды зондтау шикі зондтау деректерін осы деректерді қажет ететін архитектуралық компоненттерге жеткізеді. Біздің іске асыруымызда мультимодальды зондтау суреттер мен жұмыс кеңістігінің тереңдігі туралы ақпаратты Perceptual Reasoner (PR) жұмыс кеңістігіне жібереді. Сонымен қатар, мультимодальды зондтау роботтың бірлескен күйлерін жұмыс жадына жібереді. Жұмыс жады қазіргі кездегі объект және бірлескен ақпарат сияқты ағымдағы күй туралы ақпаратты қолдайды. Олардың ішінде қажетті ақпаратты білім менеджері болашақта басқа компоненттермен пайдалану үшін қолдайды.

Архитектураны робот қозғалмалы заттар мен статикалық кедергілерді тани алатын кез келген ортада қолдануға болады, роботта тапсырмаларды орындау үшін жеткілікті конфигурация кеңістігі бар және роботтың жұмыс кеңістігінде адам жоқ. Архитектурада жақын маңдағы адамдардың физикалық қауіпсіздігін қамтамасыз ету шарасы жоқ.

Бұл архитектураның жаңалығы келесі функциялардың барлығында:

- қабылдауды, білім базасын, пайымдауды, тапсырмаларды жоспарлауды, қозғалысты жоспарлауды, тапсырма-қозғалыс интерфейсін және адам интерфейсін жүзеге асыратын толық стек әзірлеу;

- адамның араласуынсыз тапсырмаларды орындау мүмкіндігі;

- платформадан тәуелсіз даму.

Нақты уақыттағы қосымшалар үшін көптеген жоғары өнімді объектілерді анықтау әдістері ұсынылғанымен, кішігірім объектілердің орналасуын бағалау қиын болып қала береді.

### **Қорытынды.**

Бұл мақалада біз адамның тіршілік ету ортасында манипуляциялық қызметтерді жүзеге асыратын сервистік роботтарға арналған бағдарламалық жасақтамасын әзірлеуді көрсеттік. Жасақтама роботқа адамның араласуынсыз келесі процестерді дербес орындауға мүмкіндік береді:

1) Манипуляцияланатын объектілерді анықтау және олардың қабылдауы туралы ақпаратты талдау.

2) Қоршаған орта туралы білімді сақтау.

3) Тапсырмалар мен контекст туралы пайымдау.

4) Абстрактілі тапсырмалар жоспарларын құру және өзгерту.

5) Тапсырма жоспарлары үшін мақсатты позалар құру арқылы символдық тапсырма жоспарлары мен қозғалыс жоспарлары арасындағы өзара әрекеттесу.

6) Соқтығысусыз роботтың қозғалысын есептеу.

7) Қозғалыс ақпаратын біріктіру және қайта жоспарлау тапсырмаларын жоспарлаудағы сәтсіздіктер.

8) GUI және TTS құралы арқылы адам пайдаланушыларымен өзара әрекеттесу.

Осы ұсынылған архитектура адамдар роботтармен тығыз қарым-қатынаста болатын ортада пайдалану болып табылады. Осы мақсатқа жету үшін архитектураның әрбір құрамдас бөлігі қосымша мүмкіндіктерге ие болуы керек. PR адам іс-әрекетін танып, болжай білуі керек. Төмен деңгейлі контроллер диапазон мен күш/момент датчиктерінен кіріс сигналдарын қолдана отырып, апаттық тоқтауға қабілетті болуы керек. Екінші жағынан, біз архитектурамызды оның функционалдығы мен сапа талаптары тұрғысынан бағалауға мүдделіміз. [15] зерттеулердің көпшілігі архитектураны бағалауды елемейтінін,

бірақ жалпы шешімді растауға назар аударатынын атап өтті. Сондай-ақ компоненттердің және жалпы қызметтің функционалдығының өнімділігін бағалайтындықтан, осы жұмыста жүйелі бағалау процестері арқылы портативтілік, пайдаланудың қарапайымдылығы, бағдарламалық жасақтаманың сипаттамалары және орындау кезіндегі тиімділік сияқты атрибуттары өлшенді. Нәтиже функционалды емес және архитектура сапасына қойылатын талаптарды жақсарту үшін пайдаланылуы мүмкін.

## ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] C. G. Atkeson et al., «What happened at the DARPA robotics challenge finals» in *The DARPA Robotics Challenge Finals: Humanoid Robots To The Rescue*. Springer, 2018, pp. 667–684
- [2] P. Oh, K. Sohn, G. Jang, Y. Jun, and B.-K. Cho, «Technical overview of team DRC-Hubo@UNLV's approach to the 2015 DARPA robotics challenge finals» *J. Field Robot.*, vol. 34, no. 5, pp. 874–896, Aug. 2017
- [3] S. Srivastava, E. Fang, L. Riano, R. Chitnis, S. Russell, and P. Abbeel, «Combined task and motion planning through an extensible planner independent interface layer» in *Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom. (ICRA)*, May 2014, pp. 639–646
- [4] D. B. Lenat, «CYC: A large-scale investment in knowledge infrastructure» *Commun. ACM*, vol. 38, no. 11, pp. 33–38, Nov. 1995
- [5] M. Tenorth and M. Beetz, «Representations for robot knowledge in the KnowRob framework» *Artif. Intell.*, vol. 247, pp. 151–169, Jun. 2017
- [6] S. Lemaignan, M. Warnier, E. A. Sisbot, A. Clodic, and R. Alami, «Artificial cognition for social human–robot interaction: An implementation» *Artif. Intell.*, vol. 247, pp. 45–69, Jun. 2017
- [7] G. H. Lim, I. H. Suh, and H. Suh, «Ontology-based unified robot knowledge for service robots in indoor environments» *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern. A, Syst. Humans*, vol. 41, no. 3, pp. 492–509, May 2011
- [8] I. Hong Suh, G. Hyun Lim, W. Hwang, H. Suh, J.-H. Choi, and Y.-T. Park, «Ontology-based multi-layered robot knowledge framework (OMRKF) for robot intelligence» in *Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. Intell. Robots Syst.*, Oct. 2007, pp. 429–436
- [9] S. Jain and B. Argall, «Grasp detection for assistive robotic manipulation» in *Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom. (ICRA)*, May 2016, pp. 2015–2021
- [10] J. Zhang, M. Li, Y. Feng, and C. Yang, «Robotic grasp detection based on image processing and random forest» *Multimedia Tools Appl.*, vol. 79, nos. 3–4, pp. 2427–2446, Jan. 2020
- [11] S. Kumra and C. Kanan, «Robotic grasp detection using deep convolutional neural networks» in *Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. Intell. Robots Syst. (IROS)*, Sep. 2017, pp. 769–776
- [12] F.-J. Chu, R. Xu, and P. A. Vela, «Real-world multiobject, multigrasp detection» *IEEE Robot. Autom. Lett.*, vol. 3, no. 4, pp. 3355–3362, Oct. 2018
- [13] Y. Jiang, N. Walker, M. Kim, N. Brissonneau, D. S. Brown, J. W. Hart, S. Niekum, L. Sentis, and P. Stone, «LAAIR: A layered architecture for autonomous interactive robots» 2018, Available: <http://arxiv.org/abs/1811.03563>
- [14] A. Koubaa, M.-F. Sriti, Y. Javed, M. Alajlan, B. Qureshi, F. Ellouze, and A. Mahmoud, «Turtlebot at office: A service-oriented software architecture for personal assistant robots using ROS» in *Proc. Int. Conf. Auto. Robot Syst. Competitions (ICARSC)*, May 2016, pp. 270–276
- [15] A. Ahmad and M. A. Babar, «Software architectures for robotic systems: A systematic mapping study,» *J. Syst. Softw.*, vol. 122, pp. 16–39, Dec. 2016

**Serikbay Kosbolov**, doctor of technical sciences, professor, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, s.kosbolov@aues.kz

**Yeldos Korabayev**, doctoral student, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, enurlanuly@inbox.ru

## SOFTWARE FOR MOBILE ROBOTS THAT MANIPULATE OBJECTS

**Annotation.** The article presents software for robots that can perform autonomous manipulation services in a human environment. In a human environment, a service robot often has to perform tasks without human intervention and prior knowledge of tasks and the environment. To perform tasks independently, various processes are needed, such as the perception of the environment, reasoning with knowledge and planning the task and movement. While it is important to develop each of the processes, it is also important to integrate them into the work system for deployment, since the robotic system can achieve real results when working in the real world. Therefore, this article presents a predictive software architecture that combines the components necessary for a real robot to perform tasks without human intervention.

**Keywords.** Manipulation, software, service robot, motion planning, navigation.

**Серикбай Косболов**, д.т.н, профессор, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, s.kosbolov@aues.kz

**Елдос Коробаев**, докторант, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, enurlanuly@inbox.ru

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ, МАНИПУЛИРУЮЩИХ ОБЪЕКТАМИ

**Аннотация.** В статье представлено программное обеспечение для роботов, которые могут создавать автономные службы манипуляции в человеческой среде. Робот-сервис в человеческой среде часто должен выполнять задачи без вмешательства человека и без предварительного знания задач и окружающей среды. Для самостоятельного выполнения задач необходимы различные процессы, такие как восприятие окружающей среды, рассуждение со знаниями и планирование задачи и движения. Хотя разработка каждого из процессов важна, также важно интегрировать их в рабочую систему для развертывания, поскольку роботизированная система может получать реальные результаты при работе в реальном мире. Поэтому в этой статье представлена предсказуемая программная архитектура, которая объединяет компоненты, необходимые для выполнения задач реальным роботом без вмешательства человека.

**Ключевые слова.** Манипуляции, программное обеспечение, сервисный робот, планирование движения, навигация.

\*\*\*\*\*