

Ж.Б. Ахаева^{1,2,3*}, А.Б. Закирова², Г.Б. Толегенова^{1,2}, Л.С. Алдашева³

¹ Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан

² Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

³ Astana IT University, Астана, Қазақстан

E-mail: *ahaeva07@mail.ru

Смарт қаланың ТКШ ресурстарын нақты уақыт режимінде жедел басқару үшін мультиагенттік жүйені әзірлеу

Аннотация. Мақалада нақты уақыт режимінде смарт қаланың ТКШ ресурстарын басқаруға арналған мультиагенттік жүйені әзірлеу принциптері сипатталған. Мультиагенттік жүйе жұмыс процесінде туындайтын күтпеген оқиғаларға икемді жауап беруге, ТКШ персоналы мен техникасының нақты уақыттағы жұмысын жоспарлауға, оңтайландыруға және бақылауға мүмкіндігін береді. Сонымен қатар, адаптивті ресурстарды жоспарлау әдісі, негізгі функциялары, архитектурасы және жүйенің интерфейсі ұсынылған. Интеллектуалды жүйені енгізу арқылы жұмысты оңтайлы уақытта орындауға мүмкіндігін беретіні көрсетілген.

Түйін сөздер: смарт қалалар, мультиагенттік жүйе, ТКШ (тұрғын үй-коммуналдық шаруашылығы), жедел жоспарлау, үлкен деректер.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-142-1-127-136

1. Кіріспе

Мультиагенттік жүйе ТКШ жұмысының тиімділігін арттыруға бағытталған. Кез-келген Смарт қала жағдайында туындайтын оқиғаларға байланысты қоршаған ортаның өзгеруіне жауап ретінде деректерді алу және өңдеу арқылы жүзеге асырылады. Нәтижесінде жүйе нақты уақыт режимінде ресурстарды бөлу, жоспарлау, оңтайландыру, мониторинг және жұмысты бақылау процестерін бір уақытта жүзеге асыруы қажет. Жүйені үнемі жаңашылдықпен, үйлер мен көшелердің орналасуының едәуір күрделілігімен, сондай-ақ нақты уақыт режимінде болжанбайтын оқиғаларға реакция кезінде бейімделуді қажет ететін ауа-райының өзгеруінің жоғары динамикасымен сипатталатын Смарт қалаларда қолдануға болады. Жүйе сонымен қатар ауа-райының нақты дерекқорын, жабдықтар мен жұмысшылардың санын, сондай-ақ қажетті жұмыстардың уақтылы орындалуын қамтамасыз ету уақытын құру үшін пайдалы, бұл жабдықтың істен шығуын, ауа-райына байланысты жұмыстың кешігуін және т.б. қамтитын кез келген оқиғалар үшін дәлірек және физикалық орындалатын жоспарларды құруға мүмкіндік береді.

2. Мультиагенттерге негізделген жоспарлау әдісі

Пакеттік режимде жұмыс істейтін ұйымның ресурстарын жоспарлаудың дәстүрлі жүйелерінен айырмашылығы (күнделікті, апталық, айлық жоспарлау циклдары шеңберінде), ұсынылатын жүйе пайда болған оқиғаларға байланысты нақты уақыт режимінде серверде үнемі жұмыс істеп, нақты уақыт режимінде алынған мәліметтер әсер ететін таңдалған ресурстарды бейімдеп қайта жоспарлауға мүмкіндік береді. Нақты уақыттағы оңтайлы жоспарлаудың бұл әдісі типтік жабдық кластарын, өнім құрылымының сипаттамаларын және технологиялық процестерді (байланысты операциялар жиынтығын), жұмысшылардың дағдыларын және т.б. қамтитын онтологияны қолданатын мультиагенттік жүйеге [1] негізделген.

Оңтайлылық - тіпті «кішігірім» оқиға «тұрақсыз тепе-теңдікте» болатын жоспарлардағы күтпеген ұзақ өзгерістер тізбегін туындатуы мүмкін (жүйе ешқашан тоқтамайды) деген мағынаны береді. Бірақ іс жүзінде бұл «өзгеріс толқындары» агенттердің виртуалды нарығындағы сыйақылар мен айыппұлдармен шектеліп, белгілі бір қадамдардан кейін тез сөніп қалуы немесе тоқтатылуы мүмкін.

Жұмыс жоспары классикалық комбинаторлық іздеу түрінде алынған статикалық деректер файлы ретінде ғана емес, сонымен қатар қақтығыстарды анықтау және агенттермен келіссөздер жүргізу арқылы қол жеткізілген агенттер процесіне қатысатын қажеттіліктер мен мүмкіндіктердің мүдделерінің тепе-теңдігі ретінде құрылады. Келіссөздер барысында жүйе жоспарлардың ағымдағы жай-күйі мен ауа райы жағдайларын, тәулік уақыты мен көше құрылымын, және жұмысшылар санын, жабдықтардың, материалдар мен құралдардың қолжетімділігін, жұмыстың реттілігі мен операциялардың орындалу уақытын ескереді.

Қажет болса, әкімші кез — келген уақытта жоспарға белсенді түрде араласып, жоспарлауды қолмен жетілдіре алады («drag & drop» - «тарту және лақтыру» қағидасы бойынша), ал барлық тәуелді операциялар үшін жоспар автоматты түрде өзгертіледі. Қызметшілерге арналған жоспарлау нәтижелері менеджерлер мен жүргізушілер және жұмысшылармен интерактивті байланыс мүмкіндігін қолдайтын сенсорлық терминалдарда көрінеді.

Бұл мүмкіндіктердің барлығы жоспарлаудың күрделілігін едәуір азайтуға, оны жылдамдығын арттыруға, онымен барабар және дәл сенімді етуге, сонымен қатар пайдаланушыға ыңғайлы етуге мүмкіндік береді.

3. Жүйенің құрылымы және интерфейсі

Оңтайлы жоспарлау жүйесі (2 сурет) агенттер арасындағы ұйымдастыру және коммуникация үшін виртуалды нарық тұжырымдамасын, сондай-ақ пәндік сала туралы білімді ұсыну және жоспарлау процесінде туындайтын жағдайлардың (көріністердің) үлгілерін сипаттау үшін онтологияны пайдаланатын мультиагенттік технологиялар негізінде құрылған [1].

Мультиагенттік технологиялардың мәні классикалық математикалық әдістермен шығара алмайтын, шешімі күрделі есептерді шешудің түбегейлі жаңа әдісі болып табылады.

Есепті шешудің классикалық әдісінен айырмашылығы, есептің ең жақсы шешімін табуға мүмкіндік беретін нақты анықталған (детерминирленген) алгоритм бойынша шешім нұсқаларын комбинаторлық іздеу жүргізілген кезде, мультиагенттік технологияларда мәселені шешу бәсекелестік пен кооперацияға қабілетті және өзіндік критерийлері, қалаулары мен шектеулері бар көптеген бағдарламалық агенттердің өзін-өзі ұйымдастыруы арқылы алынады. Агенттер өздерінің детерминирленбеген өзара әрекеттесуі кезінде мәселені шешу үшін қабылданатын жақсартылмаған консенсусқа (уақытша тепе-теңдік немесе мүдделер тепе-теңдігі) қол жеткізген кезде шешім табылды деп саналады.

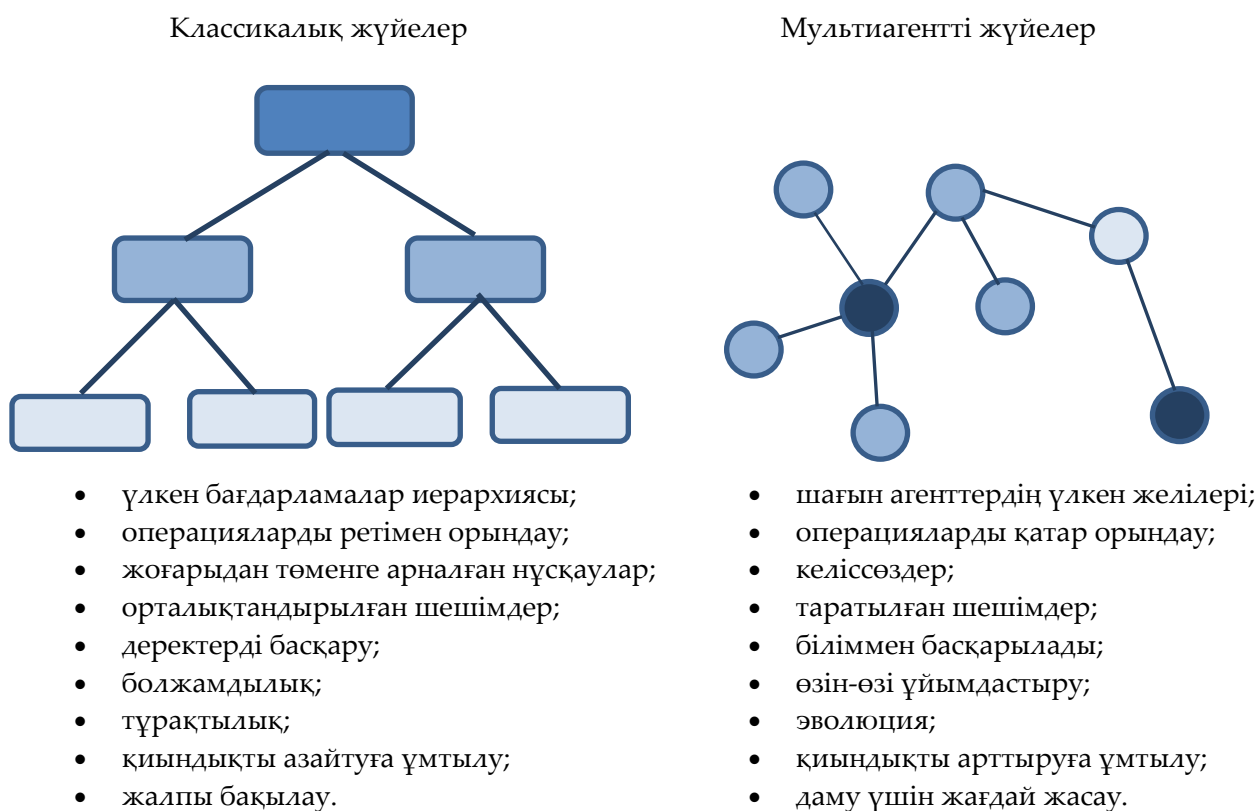
Мұндай жүйелердегі мәселені шешу әрқашан жүйенің динамикалық тоқтауы ретінде алынған уақытша «тепе-теңдік» (тұрақты немесе тұрақсыз тепе-теңдік) ретінде қарастырылады, егер агенттердің ешқайсысы бұдан былай өз жағдайын жақсартпа алмаса, тіпті егер агенттердің бір бөлігі толық қанағаттандырылмаған болса да, бұл ақылға қонымды ымыраға келуді, мүдделер тепе-теңдігін немесе проблемалық жағдайды шешуде барлық қатысушылардың келісімін (үйлесімділігін) көрсетеді.

Заттар интернетінде жоспарланғандай агенттер мүмкіндігінше көп факторлардың тепе-теңдігін табу үшін адамның атынан да, сонымен қатар кез келген физикалық және дерексіз нысандар атынан да әрекет ете алады.

Агент түсінігінің көптеген анықтамалары бар, бірақ бағдарламалық агенттің негізгі белгілері төмендегідей:

- автономдық; автономдыққа ие, яғни өзінің алдына мақсат қойып, оған қол жеткізе алады;

- айналасындағы өзгерістерге жауап бере алады, шешім қабылдайды және мақсатына жету үшін оларды орындайды;
 - әлеуметтілік: басқа агенттермен немесе пайдаланушылармен белсенді әрекеттеседі.
- 1 суретте мультиагентті технологияның негізгі айырмашылықтары келтірілген.



1 сурет. Мультиагентті технологияның негізгі айырмашылықтары

Нақты әлемдегі әрбір бастаманың мультиагенттік моделінде осы бастаманың мүдделерін білдіретін және өз шешімдерін басқа агенттермен үйлестіре алатын бағдарламалық агент сәйкес келеді.

Өзін-өзі ұйымдастырушы жүйелерді құруға мүмкіндік беретін мультиагенттік технологиялардың артықшылықтары, әсіресе, қоршаған әлемнің белгісіздігі мен жоғары динамикасы жағдайында көрінеді. Яғни нақты уақыт режимінде оқиғаларға негізделген өз жоспарларын қайта құра алатын бейімделгіш жүйелерді құруға мүмкіндік береді.

Сонымен, жоспарлау мен оңтайландырудың классикалық әдістерінде барлық тапсырыстар мен ресурстар алдын-ала беріліп, мәселені шешу барысында өзгермейді деп саналады, ал комбинаторлық жарылысты болдырмау немесе мәселені шешудің экспоненциалды жылдам баяулауын болдырмау үшін мәселенің өлшемі айтарлықтай шектеледі.

Бастапқы жағдайда ұсынылып отырған әдістер мен алгоритмдерде есепті шешуге үлестірілген тәсіл қолданылады, мұнда күрделі тапсырма көптеген ұсақ тапсырмаларға бөлінеді, содан кейін алынған шешімдер арасындағы қайшылықтар өзін-өзі ұйымдастыру арқылы шешіледі. Сонымен қатар, бұл жүйе жалғыз жаһандық шешімді іздемейді, бірақ көптеген параллель және асинхронды өзара әрекеттесулердің арқасында түрлі және жиі қарама-қайшы критерийлердің болуына қарамастан, кез-келген өлшемдегі мәселелерде рұқсат етілген ұтымды шешімді тез табады [2].

Қажеттіліктер мен мүмкіндіктер желісі агенттерінің әлемі (ПВ-желі)/виртуалды нарық-агенттер кластарының нұсқалары іске қосылатын және орындалатын ПВ-желі агенттерінің жұмыс

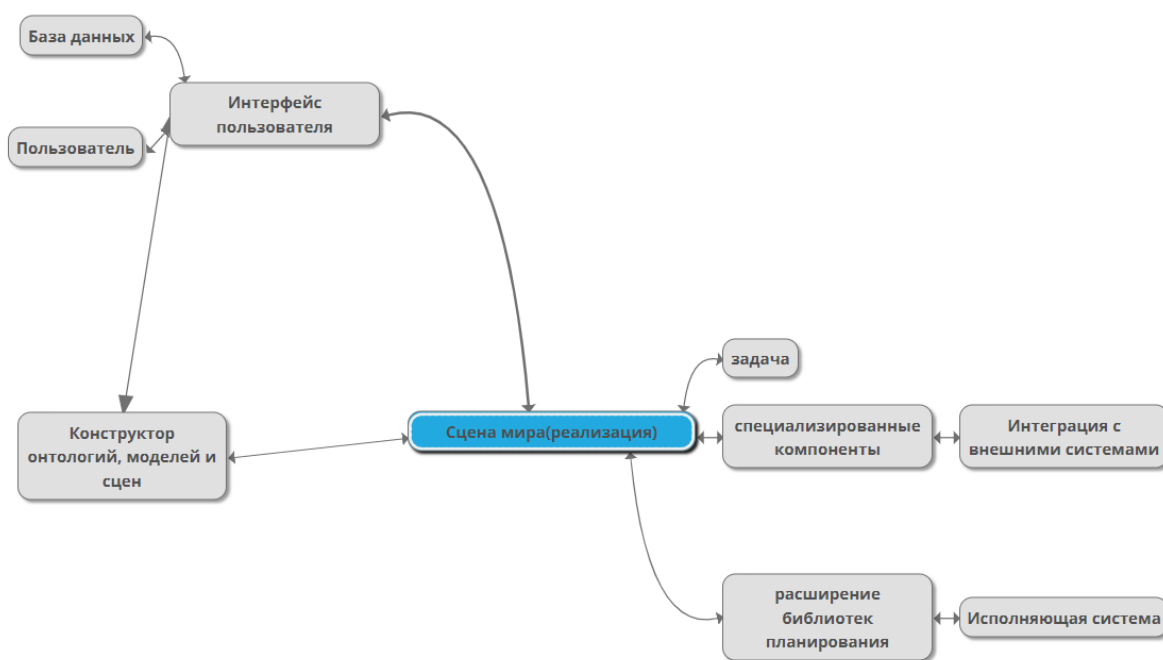
орны. Агенттер атқарушы жүйені басқара отырып, әлемде құрылуы және жойылуы, әлемде болуы, хабарламаларды қабылдауы және жіберуі, ақпаратты оқу үшін сахнаға шығуы, ақпаратты сахнаға жазуы, оқиғаларға жазылуы және хабарландырулар алуы және т.б. сияқты мүмкіндіктерге ие.

Онтология — бастапқы жағдайлардың модельдерін құру немесе оларды түзету үшін қолданылатын пәндік саланың білім моделін көрсететін деректер құрылымы. Пәндік салаға мамандандырылған ұғымдар мен қатынастар, сондай-ақ әрбір жеке ұйым үшін арнайы кеңейтімдермен толықтырылуы мүмкін.

Жүйенің құрылымы төрт негізгі деңгейден тұрады: платформа, өнім, пәндік аймақ және қосымша(2 сурет).

Орындаушы жүйе-бір күйден екінші күйге ауысқан кезде агенттер бағдарламаларының асинхронды орындалуын қамтамасыз ететін ішкі жүйе (агенттер менеджері) және агенттер арасындағы хабарламаларды беру, бұл жерде агент оқиғаларды өңдеуге «кванттық» уақыт алады және келесі агенттерді ілгерілету үшін басқаруды диспетчерге қайтарады, яғни агенттер түйіндес бағдарламалар ретінде жұмыс істейді.

Оқиғалар кезегі-сыртқы әлемнен келетін оқиғалардың жинақталуын және оларды дәйекті өңдеуді қамтамасыз ететін ішкі жүйе. Жүйе оқиғалармен басқарылып, әр бір оқиға оның келу уақытының белгісін сақтайды. Оқиғалардың өңдеуге түсу тәртібі келесі оқиға алдыңғы оқиғаны өңдеу аяқталғаннан кейін келген кезде реттеледі, бірінші кезекте басым оқиғалар таңдалады және т.б.



2 сурет. Жүйенің құрылымы

Орындау жүйесі агенттердің жұмысын және олардың өзара әрекеттесуін қамтамасыз ететін компоненттер жиынтығын көрсетеді. Орындаушы жүйенің негізінде параллель процестерді қолдау және оларды синхрондаудың тиісті тетіктері бар агенттердің жұмыс сценарийлерін орындауды жүзеге асыратын параллель машина жатыр. Әр агент үш бағдарламаның жиынтығы ретінде қарастырылады: қоршаған ортадағы жағдайдың өзгеруіне байланысты бір-бірімен оңай ауыса алатын сценарийлерді қабылдау, оларды жоспарлау және орындау. Сонымен қатар, агенттер арасында хабар алмасуды, пайдаланушымен өзара әрекеттесуді

және т.б. қолдауға байланысты компоненттері кездеседі.

Онтология конструкторы-бастапқы көріністі қолмен реттеуге немесе жұмыс барысында оған өзгерістер енгізуге мүмкіндік береді.

Жоспарлау кітапханалары-ПВ желісі агенттері кластарының жұмысын және олардың виртуалды нарықтағы келіссөздерін қамтамасыз ететін негізгі және мамандандырылған компоненттерден тұрады (мысалы, қақтығыстарды анықтау, қабаттасу аймақтарын анықтау, ауысымдарды есептеу және т.б.), жағдайдың формальды моделін қамтитын сахнаға қол жеткізу, сондай-ақ агенттердің критерийлерін, қалаулары мен шектеулерін серпімді өңдеу, қолдау агенттердің міндеттері және басқа функцияларын қамтитын көрініс.

Мамандандырылған компоненттер және үшінші тарап жүйелерімен интеграция- пәндік аймақ үшін қосымша функцияларды орындауға мүмкіндік беретін компоненттер (мысалы, машиналар үшін карта қашықтығын есептеу және т.б.).

Әлемдік көріністер-сыртқы әлемдегі жағдайдың ресми моделін қамтитын негізгі мәліметтер құрылымын онтология арқылы нақтылауға және мәселелермен түзетуге болады. Көріністе жағдайдың бастапқы сипаттамасы болады, ол одан әрі біртіндеп келіп түскен оқиғаларды ескере отырып, мәселені шешуге айналады. Нәтижесінде көріністе пайдаланушыға арналған жаңа іс-қимыл жоспары пайда болады (техника жүргізушісі, тазалаушы, жұмысшы және т.б.).

Дерек қоры-бастапқы және аралық көріністерді, сондай-ақ мәселені шешу нәтижесі бар көріністерді сақтауға мүмкіндік береді.

Үлкен деректер – заттар интернетінен келетін деректер (ауа райы жағдайлары, жауын-шашын және т.б.).

Жоспарлау жүйесінің негізгі логикасы ауа-райы жағдайлары, тәулік уақыты, жұмысшылар саны, техника, материалдар саны және т.б. атынан жұмыс істейтін агенттердің құрамында жүзеге асырылады. Өмірлік цикл процесінде агенттер оқиғаларға жауап бере алады, сонымен қатар проблемаларды анықтап, оларды шешуге тырысып, белсенді жұмыс істейді.

Өзірленген негізгі агенттердің тізімі 1 кестеде келтірілген.

1 кесте. Агенттердің негізгі кластары

Агенттің аты	Агент сипаттамасы	Атрибуттар
Тапсырма	Тапсырма іске асырудың ең жақсы мүмкіндіктерін іздейді	Артықшылық, мерзім, басқа мәліметтер
Ұйымдастырушы	Жүйе тиімділігінің негізгі көрсеткіштеріне қол жеткізуге және жақсартуға тырысады, жағдайды бақылайды, стратегияны өзгертеді, процеске қатысушы тараптардың келісілуін қамтамасыз ету үшін шектеулер мен артықшылықтарды енгізеді	Ұйымдастыру, күтілетін нәтижелер мен көрсеткіштер
Қызметкер	Барлық жұмыс уақытында бос емес болғысы келеді, сонымен қатар біліктіліктің жоғары деңгейіне жету үшін жұмыс дағдыларын жетілдіргісі келеді	Ұйымдастыру, жоспар, мүмкіндіктер, өнімділік

Агент шешім қабылдауы үшін мақсатқа жету мүмкіндігін анықтайтын ережелері қажет. Атап айтқанда, мүмкіндік агенті белгілі бір қажеттіліктің болуы туралы біліп, оның параметрлерін осы қажеттіліктің параметрлерімен салыстыруы керек. Егер параметрлер белгілі бір шартты қанағаттандырса, онда мүмкіндік агенті қажеттілік агентімен байланысын жүргізе алады, егер жоқ болса, басқа қажеттілікті іздестіреді (және керісінше). Агенттердің әрқайсысының шешімі бірнеше балама нұсқалар болған кезде олардың әрқайсысында жеке белгіленетін

мақсаттар негізінде қабылданады.

Ресми түрде біз N түрінің жиынын туындаушы PV желісі деп атаймыз (1):

$$N=\{A,R,P,G\}, \quad (1)$$

мұнда A - берілген пәндік сала үшін қажеттіліктер мен мүмкіндіктер агенттерінің жиынтығы,

R - қажеттіліктер мен мүмкіндіктер агенттері арасындағы қатынастар жиынтығы;

P - шешім қабылдау және байланыс орнату/үзу ережелерінің жиынтығы;

G - агенттерге қойылған мақсаттар жиынтығы.

PV -желісінің S жүзеге асырылуы N агенттердің күйін ашық жүйенің қажеттіліктері мен мүмкіндіктерін және олардың арасындағы белгілі бір уақыттағы қатынастарды көрсететін PV - желісінің тағайындалған конфигурациясы (сахнасы) деп аталады. Жұмыс барысында жүйе S1 күйінен S2 күйіне P ережелерін қолдана отырып және G мақсаттарына негізделіп өтеді.

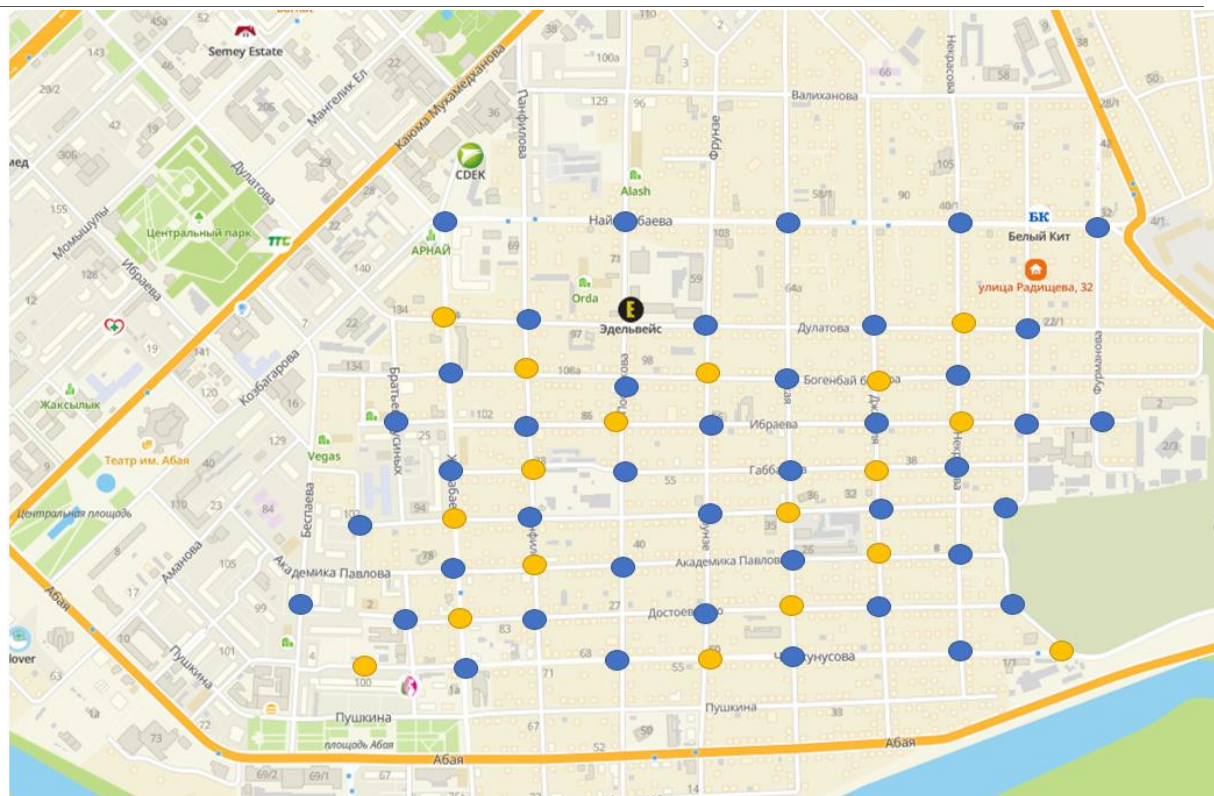
Қала жоспары бұл тапсырма мен операцияларды, операциялар мен жұмысшыларды және т.б. байланыстыратын жоспарлау онтологиясының объектілері мен қатынастарының семантикалық желісі түрінде қалыптасатын әлем көрінісін көрсетеді (3 сурет). Байланыс деректерін агенттер үнемі зерттеп, комбинаторлық іздеуді шектеуге және жоспардың «топологиясын» (операциялар байламдарын) талдау арқылы қолайлы нұсқаларды табуға көмектеседі.

Экранда ағымдағы күйі бар барлық көшелер мен жұмысшылар және оларды көрсету үшін әртүрлі сүзгілер жүйеде көрсетіледі. Жұмыстың типтік мәртебесі: басталмайды, жоспарланбайды, басталады, орындалады, дайындық процесінде, тоқтатылады, кешіктіріледі, кейінге қалдырылады және т. б. тұрады.

Оқиға кезегі пайдаланушыларға жаңа оқиғалар туралы ақпаратты енгізуге және жаңа тапсырманы өндіріске енгізу сияқты қайта жоспарлау процесін бастауға мүмкіндік береді. Өңдеу операциялары арасындағы байланысты Гант пен Перт диаграммаларының комбинацияларында көрсетіледі. Пайдаланушы кез-келген операцияны таңдай алады және «drag&drop» әдісін қолдана отырып, оны бір жұмысшыдан екіншісіне сүйреп апара алады, операцияларды біріктіріп немесе бөліп, оқиға жоспарын реттей алады, яғни бұл бүкіл жұмыс жоспарында тиісті автоматты өзгерістер тізбегін тудырады. Егер қызметкер операцияны орындау үшін жеткілікті дағдыларға ие болмаса, кідірістер немесе басқа мәселелер туындаған жағдайда жүйе бұл операцияны қызыл түспен бөліп, пайдаланушыға ескерту хабарламасын жібереді.

Осы бағдарламаны енгізу үшін сараптамалық, әдіснамалық және зерттеуді іске асыруға ақпараттық жәрдемдесу үшін құзыреттілік орталығын құру қажет.

Деректер аудан картасында орналасқан датчиктерден келеді (3 сурет).



3 сурет. Аудан картасы

Олар мультиагенттік жүйелердің көмегімен өңделетін құзыреттілік орталығына түседі (4 сурет).



4 сурет. Құзыреттер орталығы

Мультиагенттік жүйенің міндеті болып, мүмкіндігінше көп деректерді өңдеу, тапсырманы шешудің ең оңтайлы нұсқасын беру және нақты уақыттағы деректер өзгерген кезде жаңарту мүмкіндігі айтылады.

4. Қорытынды

Мақалада шешім қабылдау процестерінде ақпаратты өңдеудің тиімділігін арттыру мақсатында ашық мультиагенттік жүйелерді құрудың теориялық негіздері мен бағдарламалық құралдарын құрудың ғылыми мәселесі қарастырылған.

Оны шешудің ұсынылған тәсілінің мәні ашық жүйенің қажеттіліктері мен мүмкіндіктерін анықтау және сыртқы ортадағы өзгерістер кезінде осы желіні автоматты түрде қайта конфигурациялау үшін ПВ желілерін әзірлеу болып табылады. ПВ желісін құру мен қайта конфигурациялаудың әзірленген принциптері бағдарламалық агенттердің өзара әрекеттесуінің ұсынылған әдістерімен арнайы білім базалары (онтологиялары) бар осы желілердің элементтерімен, сондай-ақ қажеттіліктер мен мүмкіндіктерді сәйкестендіру және келісілген шешімдер қабылдау құралдарымен жүзеге асырылады. Ақылды қалаларда әзірленген әдістер мен құралдарды қолдану шешім қабылдау процесінде ақпаратты өңдеудің жеделдігін едәуір арттыруға және сол арқылы шешімдердің сапасы мен тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Мультиагентті технологияларға негізделген интеллектуалды жүйелерді дамыту нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді:

- Бұрын автоматтандырылмаған күрделі тапсырмалар шешілуде;
- Шешім нәтижелері адамның шешімімен салыстырылатын сапаны береді;
- Бастапқы шешім тиімді (сызықтық немесе көпмүшелік) құрылады;
- Іс-шаралар бойынша нақты уақыт режимінде жұмыс жүргізіледі;
- Пайдаланушымен диалогта мәселені шешу мүмкіндігі қамтамасыз етіледі;
- Өте күрделі есептерді шешу үшін есептеулерді оңай параллельдеуге болады.

Нәтижесінде, мультиагенттік технологиялар жоғары ашықтығымен, икемділігімен және тиімділігімен, өнімділігімен, масштабталуымен, сенімділігімен және өміршеңдігімен ерекшеленетін жаңа буынның зияткерлік жүйелерін құруға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Skobelev P. Towards autonomous AI systems for resource management: Applications in industry and lessons learned. Proceedings of the 16th International Conference on Practical Applications of Agents and Multiagent Systems (PAAMS 2018), Toledo, Spain, 20-22 June, 2018. Advances in Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Complexity. Eds. Y. Demazeau, et al. Springer, 2018, LNAI 10978, pp. 12–25. <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnoe-multiagentnoe-planirovanie-proizvodstvennyh-resursov-na-osnove-ontologii> (жүгінген күні: 12.12.2022).
2. URL: <http://www.kg.ru/technology/multiagent/> (жүгінген күні: 12.12.2022).
3. Vos Stefan. Meta-heuristics: The state of the Art. Local Search for Planning and Scheduling / A. Nareyek (ed.) // ECAI 2000 Workshop, Germany. SpringerVerlag, Oct. 2001. Vol. 2148. N 29. P. 1–23.
4. Skobelev P.O. Multi-Agent Systems for Real Time Resource Allocation, Scheduling, Optimization and Controlling: Industrial Application // Proc. of 10th Intern. Conf. on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems (HoloMAS 2011), France, 2011. Springer-Verlag, 2011. P. 5–14.

Ж.Б.Ахаева^{1,2,3*}, А.Б.Закирова², Г.Б.Толегенова^{1,2}, Л.С.Алдашева³

¹Международный университет Астана, Астана, Казахстан

²Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

³Astana IT University, Астана, Казахстан

Разработка мультиагентной системы для оперативного управления ресурсами ЖКХ смарт города в режиме реального времени

Аннотация. Описаны принципы разработки мультиагентной системы, предназначенной для управления ресурсами ЖКХ смарт города в режиме реального времени. Мультиагентная система обеспечивает возможность гибко реагировать на непредвиденные события, возникающие в условиях рабочего процесса, что позволяет планировать, оптимизировать и контролировать работу персонала и техники ЖКХ в реальном времени. Представлены разработанный метод адаптивного планирования ресурсов, основные функции, архитектура и интерфейс системы. Показано, что внедрение интеллектуальной системы дает возможность выполнить работу в оптимальные сроки.

Ключевые слова: смарт города, мультиагентная система, ЖКХ, оперативное планирование, большие данные.

Zh. Akhayeveva^{1,2,3*}, A. Zakirova², G. Tolegenova^{1,2}, L. Aldasheva³

¹Astana International University, Astana, Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

³Astana IT University, Astana, Kazakhstan

Development of a multi-agent system for operational management of smart city housing and communal services resources in real time

Annotation. The principles of the development of a multi-agent system designed to manage the resources of the housing and communal services of a smart city in real time are described. The multi-agent system provides the ability to flexibly respond to unforeseen events arising in the working process, which allows you to plan, optimize and monitor the work of personnel and housing and communal services equipment in real time. The developed method of adaptive resource planning, the main functions, architecture and interface of the system are presented. It is shown that the introduction of an intelligent system makes it possible to complete the work in optimal time.

Keywords: smart cities, multi-agent system, housing and communal services, operational planning, big data.

References

1. Skobelev P. Towards autonomous AI systems for resource management: Applications in industry and lessons learned. Proceedings of the 16th International Conference on Practical Applications of Agents and Multiagent Systems (PAAMS 2018), Toledo, Spain, 20-22 June, 2018. Advances in Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Complexity. Eds. Y. Demazeau, et al. Springer, 2018, LNAI 10978, pp. 12–25. <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnoe-multiagentnoe-planirovanie-proizvodstvennyh-resursov-na-osnove-ontologii> (accessed date: 12.12.2022).
2. URL: <http://www.kg.ru/technology/multiagent/> (accessed date: 12.12.2022).
3. Vos Stefan. Meta-heuristics: The state of the Art. Local Search for Planning and Scheduling / A. Nareyek (ed.) // ECAI 2000 Workshop, Germany. SpringerVerlag, Oct. 2001. Vol. 2148. N 29. P. 1–23.
4. Skobelev P.O. Multi-Agent Systems for Real Time Resource Allocation, Scheduling, Optimization and Controlling: Industrial Application // Proc. of 10th Intern. Conf. on Industrial Applications of Holonic

and Multi-Agent Systems (HoloMAS 2011), France, 2011. Springer-Verlag, 2011. P. 5–14.

Авторлар туралы мәліметтер:

Ж.Б. Ахаева – Астана Халықаралық университетінің 3 курс докторанты, Қабанбай батыр даң., 8, Астана, Қазақстан.

А.Б. Закирова – педагогика ғылымдарының кандидаты, информатика кафедрасының доценті, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Г.Б. Толегенова – Астана Халықаралық университетінің 3 курс докторанты, Қабанбай батыр даң., 8, Астана, Қазақстан.

Л.С. Алдашева - техникалық ғылымдарының кандидаты, профессордың ассистенті, Astana IT University, Мәңгілік Ел даң., 55/11, Астана, Қазақстан.

Ж.Б. Ахаева – докторант 3 курса Международного университета Астана, пр. Кабанбай батыра, 8, Астана, Казахстан.

А.Б. Закирова – кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатика, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Г.Б. Толегенова – докторант 3 курса Международного университета Астана, пр. Кабанбай батыра, 8, Астана, Казахстан.

Л.С. Алдашева – кандидат технических наук, ассистент профессора, Astana IT University, пр. Мангилик Ел, 55/11, Астана, Казахстан.

Zh. Akhayerova - The 3rd year PhD student at Astana International University, 8 Kabanbay batyr ave., Astana, Kazakhstan.

A. Zakirova – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Informatics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

G. Tolegenova – The 3rd year Ph.D.student at Astana International University, 8 Kabanbay batyr ave., Astana, Kazakhstan.

L. Aldasheva – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Astana IT University, 55/11 Mangilik El ave., Astana, Kazakhstan.