

АҢДАТПА

Самигулин Тимур Илдусовичтің диссертациялық жұмысы
Философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін берілген **«Жасанды интеллект тәсілдеріне негізделген күрделі объектілерді басқару жүйелері үшін Smart-технологияны әзірлеу»** тақырыбына
6D070200 «Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Жаңа ақпараттық технологиялардың өсуіне байланысты қазіргі уақытта жасанды интеллект саласындағы жетістіктердің көмегімен заманауи басқару жүйелерін құру саласында айтарлықтай ілгерілеушілік байқалады. Honeywell, Schneider Electric, Siemens, Yokogawa, Emerson, Allen-Bradley сияқты өнімділігі жоғары басқару жүйелерін шығаратын ірі компаниялар смарт өндіріс технологияларын, өнеркәсіптік жасанды интеллектті дамытуға, кәсіпорындардың цифрлық егіздерін модельдеу және үлкен деректерді талдау жүйелерін енгізу. Төртінші өнеркәсіптік революция немесе «Индустрия 4.0» тұжырымдамасын әлемде енгізу тұтынушылардың мінез-құлқын талдау мүмкіндігі бар заманауи басқару құралдарын цифрландыруға бағытталған жоғары тиімді, экологиялық таза, икемді және қауіпсіз өндірісті құруды болжайды. Дербес компьютерлер мен өнеркәсіптік контроллерлердің есептеу қуатының өсуі нақты уақытта басқару стратегияларын өзгертуге мүмкіндік бере отырып, көптеген параметрлер мен шектеулерді ескеру қажет болатын өндірістік бақылаудың күрделі мәселелерін шешуге мүмкіндік береді. Технологиялық процестерді модельдеуге арналған заманауи жүйелер кәсіпорынның цифрлық егіздерінде эксперименттер жүргізуге, технологиялық объектінің ағымдағы жағдайына байланысты басқару циклдерін зерттеуге және дамытуға, бақылаушы басқару жүйелеріне түзетулер енгізуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, аппараттық құралдар қосымша деректерді беру арналарын, артық контроллерлерді және басқару элементтерін енгізу арқылы ақауларға жоғары төзімділікпен сипатталады. Мұндай жабдықтың икемділігі нақты уақыт режимінде бағдарламалық қамтамасыз етуді көшіру және өндіріс көлемі ұлғайған жағдайда масштабтау мүмкіндігінде жатыр.

Өнеркәсіптік жасанды интеллект аэроғарыш, металлургия, химия, мұнай-газ және басқа да салаларда кеңінен қолданылды. AI әдістері басқару объектісі туралы толық емес ақпарат жағдайында оңтайландыру есептеулерін орындауға мүмкіндік береді, кіріс және шығыс процесінің айнымалылары көп өлшемді және көбейтілген басқару объектілерінде есептеулер үшін сәтті пайдаланылуы мүмкін.

Тақырыпты дамытудың негізі және бастапқы деректері. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институтының «Автоматтандыру және басқару» кафедрасының мәжілісінің хаттамасынан үзінді ғылыми зерттеуге негіз болып табылады, онда 6D070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы бойынша PhD, ғылыми және шетелдік жетекші докторлық диссертациясының тақырыбы бекітілді. Ғылыми-зерттеу жұмысының бастапқы деректері ҚР БҒМ № АП05130018 жобасы бойынша «Жасанды интеллект тәсілдеріне негізделген күрделі

объектілерді басқарудың интеллектуалды жүйелері үшін когнитивтік Smart технологиясын әзірлеу» (2018-2020) тақырыбындағы ғылыми жарияланымдар мен монографиялар болды. , «Honeywell Automation College Amsterdam» оқу орталығымен оқу материалдары, «Honeywell - Automatic Control Systems» ЖШС-мен техникалық регламенттер.

Зерттеу жұмысының қажеттілігінің негіздемесі. Өнеркәсіптік өндіріске AI әдістерін енгізу нақты өнеркәсіптік өндіріске енгізу кезінде бірқатар қиындықтармен байланысты:

а) метаэвристикалық алгоритмдерді қолдану бойынша жұмыстардың көпшілігі SISO жүйелерін зерттеуге бағытталған, ал МІМО жүйелері үшін қарым-қатынастардың әсерін ескере отырып, біршама зерттеулер жүргізіледі; б) қолданылатын метаэвристикалық алгоритмдер келесі қасиеттерге ие болуы керек: іске асырудың қарапайымдылығы; есептеу ресурстарына қойылатын минималды талаптар; нақты уақыт режимінде деректерді өңдеу мүмкіндігі; құрылғы жады талаптарының төмендігі.

Осылайша, қазіргі заманғы басқару жүйелерінде, мысалы, Honeywell Experion PKS DCS жүйесінде күрделі МІМО объектілерін басқару мәселелерін шешуде AI әдістерін енгізу технологиясын әзірлеу қажеттілігі туындады.

Жоспарланған ғылыми-техникалық даму деңгейі, патенттік зерттеулер және олардан жасалған қорытындылар туралы мәліметтер.

Дистилляциялық колоннадағы газды тазарту процесін модельдеу және интеллектуалды контроллерлерді есептеу Mathwork MATLAB бағдарламалық пакетінің көмегімен орындалды. Нәтижелерді тексеру үшін айдау бағанының дизайны және динамикалық модельдеу Peng Robinson кітапханасын қамтитын Honeywell Unisim Design R470 бағдарламалық құралы арқылы орындалды. Honeywell C300 контроллерлеріне негізделген басқару жүйесін әзірлеу Honeywell Experion PKS R501 өнімінде когнитивті мнемоникалық диаграммаларды жасауға арналған HMIWeb Display Builder құралдарын, сервер аппараттық конфигурациясына арналған конфигурациялау студиясын, өнеркәсіптік контроллерді басқару стратегияларын әзірлеуге арналған Control Builder, Enterprise көмегімен жүзеге асырылды. Кәсіпорын үлгісін әзірлеуге арналған модель құрастырушы, басқару станциясын орнатуға арналған Quick Builder.

Диссертациялық зерттеу тақырыбының өзектілігі. Ақылды өндіріс технологияларын енгізу автоматты басқару жүйелеріне жасанды интеллект әдістерін енгізу арқылы кәсіпорындардың табыстылығын арттыруға, кәсіпорындардың қауіпсіздігі мен қоршаған ортаға зиянсыздығын арттыруға мүмкіндік береді. ASM Өнеркәсіптік апаттарды басқару консорциумының зерттеулеріне сәйкес, АҚШ экономикасы өндірістегі жазатайым оқиғалардың салдарынан жыл сайын 20 миллиард доллардан астам жоғалтады, бұл жоғалған өнеркәсіптік қуаттардың 3-8% құрайды. Сонымен қатар, қызметкерлердің өндірістік кәсіпорындағы жағдайды жақсырақ білуі үшін дабылдарды басқарудың дұрыс жүйелерін енгізу және өндіріске жоғары өнімді дисплейлерді енгізу арқылы барлық шығындардың 20-дан 25% -ға дейін болдырмауға болады деп айтылады.

Зерттеу тақырыбының ғылыми жаңалығы. Диссертациялық жұмыс классикалық PID контроллерлерін қолданатын Honeywell таратылған басқару жүйесінде енгізу мақсатында метаэвристикалық алгоритмдер негізінде дистилляциялық колоннасы бар күрделі өнеркәсіптік нысанды басқарудың интеллектуалды жүйесін әзірлеуге арналған.

Эксперименттік зерттеулер мен модельдеу нәтижелері мұнай-газ өнеркәсібінің нақты күрделі өндірістік объектісі – айдау колоннасының мысалында алынды.

Жүргізіліп жатқан зерттеулердің ғылыми жаңалығы:

- ректификация колонкасы бар нақты өнеркәсіптік объектіге арналған кешенді МІМО басқару жүйесінің модификацияланған сапа критерийлерін әзірлеу;

- жасанды интеллект метаэвристикалық алгоритмдер негізінде ұсынылған өзгертілген сапа критерийлерін ескере отырып, күрделі МІМО жүйесінің PI контроллерлерінің параметрлерін орнату.

- Honeywell компаниясының Experion PKS таратылған басқару жүйесіне алынған нәтижелерді енгізу.

- Тұлғаның психофизикалық ерекшеліктерін ескере отырып, бөлінген басқару жүйесінің станцияларының операторлары мен инженерлері үшін когнитивті НМІ-интерфейстерін әзірлеу.

Жұмыстың мақсаты жасанды интеллект тәсілдерге негізделген күрделі мұнай-газ өнеркәсібі объектісін басқару жүйесіне арналған инновациялық Smart технологиясын әзірлеу болып табылады, мысалы: құмырсқалар колониясының алгоритмі (ACO), инелік алгоритмі (DA), сұр қасқырды оңтайландыру алгоритмі (GWO), көкек іздеу алгоритмі (CS), генетикалық алгоритм (GA) және клондық іріктеуге негізделген жасанды иммундық жүйелерге арналған алгоритм (CLONALG), сондай-ақ оны Honeywell Experion PKS бөлінген басқару жүйесі үшін енгізу.

Мақсатты шешу қажет болған жағдайда келесі міндеттерді орындау арқылы қол жеткізіледі:

1. Қазіргі өнеркәсіптік өндірістегі жасанды интеллект дамуының жағдайы мен болашағын талдаңыз.

2. SMART басқару жүйесінің құрылымын негіздеңіз.

3. Дистилляциялық колоннаның моделін құрастыру және көп өлшемді және көбейту қосылған технологиялық объектінің өзара байланыстарының әсерін азайту үшін ажырату операциясын орындау.

4. Реттеудің дәлдігін және өтпелі процестердің тұрақтылығын қамтамасыз ету мақсатында күрделі басқару объектісіне арналған өзгертілген сапа критерийлерін әзірлеу.

5. Жасанды интеллекттің оңтайландыру алгоритмдерінің қосылуын, күрделі басқару объектісі үшін модификацияланған сапа критерийлерін және ажырату матрицасын ескере отырып, газды тазарту процесінің моделін қамтитын интеллектуалды PI контроллерлерін есептеу бағдарламасын әзірлеу.

6. Әзірленген өзгертілген сапа критерийлері үшін ACO, GWO, DA, CS, GA, CLONALG оңтайландыру алгоритмдерін пайдаланып есептелген

контроллерлерге салыстырмалы талдау жасаңыз және ең қолайлы нұсқаны таңдаңыз. Unisim Design бағдарламалық өніміндегі дистилляция бағанын есептеңіз және есептелген интеллектуалды PI контроллерлерін ескере отырып, бағанның динамикалық модельдеуін орындаңыз. Зерттеу нәтижелерін қорытындылау.

7. Experion PKS таратылған басқару жүйесінде PI контроллерлерінің көмегімен газды тазарту процесін басқару стратегиясын әзірлеу. Адамның психофизикалық ерекшеліктерін ескере отырып, өнеркәсіптік кәсіпорынның операторлары немесе инженерлерімен газды тазарту процесін басқарудың когнитивтік мнемоникалық схемаларын әзірлеу.

Зерттеу объектісі. Мұнай-газ кәсіпорнындағы айдау колоннасындағы газды тазарту процесі қарастырылады.

Зерттеу пәні. Көпөлшемді және көп қосылған технологиялық объектілерді интеллектуалды басқару әдістері мен алгоритмдері.

Зерттеудің міндеттері, олардың жалпы зерттеу жұмысын орындаудағы орны. Зерттеудің міндеті – көпөлшемді және көп байланысқан құрылыммен сипатталатын күрделі технологиялық объектілерді басқаруды жүзеге асыру мақсатында ғылыми нәтижелері нақты өнеркәсіптік өндіріске сәтті енгізілген AI заманауи әдістерін, тәсілдерін және алгоритмдерін енгізу.

Зерттеудің әдістемелік базасы. Зерттеу жұмысы теориялық материалдарды ескере отырып, практикалық зерттеулерді орындау арқылы жүргізілді. Тәжірибе барысында жасанды интеллект алгоритмдері қарастырылды, мысалы: құмырсқалар колониясының алгоритмі; генетикалық алгоритм; көкек іздеу алгоритмі; инелік алгоритмі; сұр қасқырды оңтайландыру алгоритмі; клондық іріктеуге негізделген жасанды иммундық жүйелердің алгоритмі. Күрделі объектіні басқаруды жүзеге асыру үшін көпөлшемді және көбейтілген байланысты процестер үшін ажырату басқару әдісі қолданылды.

Қорғаныс ережелері. На защиту докторской диссертации автором выносятся следующие положения:

1) Модель развязывающего управления для процесса очистки газа, реализованная в программном продукте MATLAB Simulink.

2) Ректификация колоннасында газды тазартудың көп өлшемді процесін бақылау үшін ISE_M, ITSE_M, IAE_M өзгертілген сапа критерийлері әзірленді.

3) Газды тазарту процесін басқарудың SMART-жүйесінің әзірленген құрылымы.

4) AI алгоритмдерін қолдану арқылы өзгертілген сапа критерийлерін ескере отырып, PI контроллерлерінің коэффициенттерін есептеу алгоритмі. Жасанды интеллект алгоритмдері арқылы орындалатын реттеуіштерді есептеу және талдау.

5) Honeywell Unisim Design бағдарламалық құралында енгізілген смарт контроллері бар динамикалық және тұрақты күй үлгілері.

6) Honeywell Series C C300 контроллері үшін әзірленген басқару стратегиясы, бағдарламалық және аппараттық қамтамасыз ету іске асырылуы

бар кәсіпорын үлгісі, объектіні басқаруға арналған когнитивтік НМІ мимикалары - дистилляциялық баған.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. «Жасанды интеллект тәсілдеріне негізделген күрделі объектілерді басқару жүйелеріне арналған Smart-технологияларды әзірлеу» диссертациялық жұмысы кіріспеден, бес негізгі бөлімнен, қорытындыдан, 107 дереккөзден алынған әдебиеттер тізімінен және 8 қосымшадан тұрады. Жұмыс 118 бет, 49 сурет және 9 кестеден тұрады.

Бірінші бөлім жасанды интеллект әдістерін қолдану арқылы өнеркәсіптік процестерді басқару саласындағы заманауи жетістіктерге шолу жасауға арналған.

Екінші бөлімде айдау колоннасындағы (ТҚ) газды тазарту процесінің технологиялық схемасы, тұрақты ток конфигурациялары мен түрлері қарастырылады.

Үшінші бөлімде күрделі көп өлшемді және көбейтілген тұрақты ток объектісін басқаруға қажетті әдістер мен алгоритмдер талқыланады. Негізгі басқару арналарына өзара қосылыстардың әсерін азайту үшін «ажырату» әдісін қарастырады. PI-контроллерлерді есептеу үшін қажетті түрлендірілген сапа критерийлерінің синтезі жүргізіледі. Есепті шешу үшін ең қолайлы AI алгоритмдері қарастырылады.

Төртінші бөлім биоинстинхиялық алгоритмдер негізінде өзгертілген сапа критерийлерін ескере отырып, PI контроллерлерін есептеу үшін бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеуге арналған. Алгоритмдердің тиімділігіне талдау жүргізіліп, әзірленген сапа критерийі мен AI алгоритмінің ең жақсы үйлесімі таңдалды.

5-бөлім көпөлшемді және көп қосылған басқару объектісі үшін интеллектуалды басқару жүйесін біріктіруге арналған - метаэвристикалық алгоритмдерге (ACO, GWO, DA, CS) негізделген айдау бағанасы Honeywell компаниясының Experion PKS таратылған басқару жүйесіне арналған. Басқару стратегиясын жүзеге асыру және басқару тиімділігін арттыру үшін когнитивтік мнемоникалық схемаларды құру мәселелері қарастырылады. Бағдарламалық қамтамасыз ету ACO алгоритмі негізінде реттегіштерді реттеуге арналған интерфейспен әзірленген. Honeywell Unisim Design бағдарламалық құралында әзірленген бағанның сандық егізі қарастырылады.

Қорытындыда зерттеудің негізгі нәтижелері мен жұмыс бойынша қорытындылар берілген.

Қорытынды. Диссертациялық жұмыс шеңберінде келесі негізгі нәтижелер алынды:

1) Нақты өнеркәсіптік өндіріске SMART басқарудың интеллектуалды жүйесін енгізу бойынша зерттеу тапсырмасының тұжырымы тұжырымдалған;

2) Күрделі объектіге арналған SMART басқару жүйесінің архитектурасы Honeywell компаниясының дистилляциялық колонна мен өнеркәсіптік жабдық мысалын пайдалана отырып әзірленді;

3) Ректификация колоннасының математикалық моделіне талдау жүргізілді;

4) Ректификация колоннасында газды тазалаудың технологиялық процесіне қойылатын сапа талаптарына сәйкес өзгертілген бақылау критерийлері қалыптастырылды;

5) ACO, GWO, DA, CS, GA алгоритмдеріне негізделген айдау бағандарын басқару жүйесіне арналған интеллектуалды PI контроллерлері әзірленген сапа критерийлерін тиімді түрде азайта отырып, синтезделеді.

6) Интеллектуалды PI контроллерлерінің синтезін модельдеу нәтижелері алынған және басқарудың ең жақсы тәсілдері талданған.

7) Honeywell Exregion PKS таратылған басқару жүйесіне негізделген SMART дистилляциялық бағанды басқаруға арналған бағдарламалық жасақтама.

8) Операторлардың көру ерекшеліктері мен психофизикалық сипаттамаларын ескере отырып, айдау колоннасының SMART басқару жүйесі үшін когнитивтік мнемоникалық диаграммалар әзірленді.

9) Технологиялық процестің цифрлық егізі Honeywell Unisim Design бағдарламалық өнімінде жасалды, мұнда модель тұрақты күйде және динамикалық режимде құрастырылды.

Зерттеу нәтижелерін енгізу. Ғылыми зерттеу нәтижелерін енгізудің екі актісі алынды. Оқыту бағдарламасы Қазақстан-Британ техникалық университетінің «Автоматтандыру және басқару», «Органикалық заттардың химиялық технологиясы» мамандықтары бойынша оқу жоспарларына біріктірілген. Жұмыс нәтижелері Honeywell International Inc аймақтық өкілі болып табылатын «Honeywell - Automatic Control Systems» ЖШС-де де енгізілді.

Сенімділік деңгейі және апробация нәтижелері.

Зерттеу нәтижелері бойынша 18 баспа жұмыстары жарияланды, оның 2-і халықаралық жоғары рейтингті Scopus журналдарында болды, компьютерлік бағдарламаларға екі авторлық куәлік, сонымен қатар екі енгізу актісі алынды.

Жарияланған жұмыстардың тізімі төменде берілген:

1. Samigulin, T., Shiryayeva, O. Development of a smart-system for a complex industrial object control based on metaheuristic algorithms of swarm intelligence // WSEAS Transactions on Power Systems. – 2021. – Vol. 16. – pp. 231-240. SCOPUS (Q3, Cite Score 0.7, 25%)

2. Samigulina G., Samigulin T. Development of a cognitive mnemonic scheme for an optical smart-technology of remote learning based of artificial immune systems // Computer Optics. – 2021. – Vol. 45(2). – pp. 286-295. SCOPUS (Q1, Cite Score 4.4, 82%)

3. Самигулина Г.А., Самигулин Т.И. Обзор современных подходов искусственного интеллекта для систем управления сложными объектами // Проблемы информатики. – Новосибирск, 2018. - №3. – С. 4-20.

4. Самигулин Т.И., Самигулина Г.А. Разработка программного обеспечения для управления сложным объектом на основе алгоритма муравьиной колонии // Материалы X Всероссийской научно-технической конференции с междунар. участием «Робототехника и искусственный интеллект». – Железногорск, 2018. – С. 119-123.

5. Самигулина Г.А., Самигулин Т.И. Авторское свидетельство на программу для ЭВМ №836. Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом на программное обеспечение «АССО (Ant Colony for Complex Objects)» опубликовано 06.12.2018 г.

6. Самигулина Г.А., Самигулин Т.И. Разработка SMART-технологии для управления сложным объектом с использованием алгоритма муравьиной колонии. – Алматы: Вестник Алматинского Университета Энергетики и Связи. №1 (44). - 2019. – С. 98-105.

7. Ширяева О.И., Самигулин Т.И. Разработка искусственной иммунной системы управления многомерным объектом нефтегазовой отрасли // Вестник НТУ "ХПИ". Серия: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2019. – 2019. – № 13 (1338). – Р. 155-165.

8. Ширяева О.И., Самигулин Т.И. Сравнительный анализ настройки регуляторов системы управления процесса перегонки газа через дистилляционную колонну на основе Smart-технологий // Международная научно-практическая конференция «Инновационные IT и Smart-технологии», посвященная 70-летию профессора Утепбергенова И.Т., 20 марта 2019 года. –270-273с.

9. Ширяева О.И., Самигулин Т.И. Анализ результатов моделирования процессов нефтегазовой отрасли на основе Smart-технологий // Труды Сатпаевских чтений инновационные технологии – ключ к успешному решению фундаментальных и прикладных задач в рудном и нефтегазовом секторах экономики РК, 2019. – Том 2. – 270-274с.

10. Ширяева О.И., Самигулин Т.И. Моделирование и развязывание сложной системы с оптимальными CLONALG-регуляторами // – Алматы: IV международная научно-практическая конференция "Информатика и прикладная математика", 25-29 сентября 2019г.

11. Shiryayeva O., Samigulin T. CLONALG application to the PID-controller synthesis of MIMO-systems in oil and gas industry // Lublin: Informatyka, Automatyka, Pomiaru w Gospodarce i Ochronie Środowiska. – 2019. – № 3. – Р. 50-53. DOI: 10.35784/iapgos.235

12. Ширяева О.И., Самигулин Т.И., Панюкова Д. В. Базовые концепции развития искусственной иммунной системы на класс сложных систем // Вестник КазНУ. – 2019. – № 5.– С. 501-504.

13. Самигулин Т.И., Ширяева О. И. Разработка Smart-системы управления сложным технологическим процессом нефтегазовой отрасли с применением биоинспирированных алгоритмов // Вестник КБТУ. – 2019. – Т. 16. – Вып. 4. – С. 164-171.

14. Ширяева О.И., Самигулин Т.И. Разработка программного обеспечения реализации технологии негативной селекции построения интеллектуальной системы управления для нефтегазовой отрасли // Алматы: КазНУ имени Сатпаева, материалы конференции «Сатпаевские чтения -2020». – 2020. – С. 245-248.

15. Ширяева О.И., Самигулин Т.И. Авторское свидетельство на программу для ЭВМ №11354. Реализация Smart-технологии построения системы управления для технологических процессов нефтегазовой отрасли; опубл. 14.07.2020. – 2с.

16. Ширяева О.И., Самигулин Т.И. Реализация SMART-технологии построения оптимальных систем на основе модифицированных алгоритмов //Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2020. – № 1 (3). – С.41-49.

17. Ширяева О.И., Самигулин Т.И. Интеграция современной микропроцессорной техники распределённой системы управления с алгоритмами AIS / Ширяева О.И., Самигулин Т.И. // Вестник НТУ "ХПИ". Серия: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2021. – №1(5). – 56-69с.

18. Самигулин Т.И., Ширяева О.И. Разработка оптимальной системы управления сложным технологическим процессом на базе метаэвристических алгоритмов роевого интеллекта и оборудования компании Honeywell // Вестник КБТУ. – 2021.– Вып. №1 (56). – С. 150-156.