AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

ÇEVİK İSTEHSAL SİSTEMLƏRİNİN AGENTYÖNÜMLÜ ARXİTEKTURALI AVTOMATLAŞDIRILMIŞ LAYİHƏLƏNDİRMƏ SİSTEMİNİN İŞLƏNMƏSİ

İxtisas: 3338.01 – "Sistemli analiz, idarəetmə və informasiyanın işlənməsi (informasiya texnologiyaları)"

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Mehriban Rəşid qızı Səlimova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı - 2026

Dissertasiya işi Sumqayıt Dövlət Universitetinin "Rəqəmsal texnologiyalar" kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: texnika elmləri doktoru, professor
Aqil Həmid oğlu Hüseynov

Rəsmi opponentlər: texnika elmləri doktoru, professor
Ramin Rza oğlu Rzayev
texnika elmləri doktoru, dosent
Zərifə Qasım qızı Cəbrayılova
texnika elmləri doktoru
Oleq Hacıağa oğlu Hüseynov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.48 Dissertasiya Şurası

Dissertasiya şurasının sədri: AMEA-nın müxbir üzvü, texnika elmləri doktoru, professor
Rafiq Əziz oğlu Əliyev

Dissertasiya şurasının elmi katibi: texnika elmləri doktoru, dosent
Akif Vəli oğlu Əlizadə

Elmi seminarın sədri: texnika elmləri doktoru, professor
Kəmalə Rafiq qızı Əliyeva

İMZANI TƏSDİQ EDİRƏM
ADNSU-nun Elmi katibi

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT NEFT VƏ SƏNAYE UNİVERSİTETİ
PUBLİK HÜQUQİ ŞƏXSİ

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Hazırda layihələndirmə prosesində geniş tətbiq edilən maşınqayırma avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemləri mühəndislik fəaliyyətinin bütün sahələrini əhatə etməklə klassik prinsiplərə əsaslanan arxitekturaya malikdirlər. Hər hansı nəzərdə tutulmuş məhsul növlərinin kompleks layihələndirilməsi və istehsalı üçün planlaşdırılmış bu klassik prinsiplər layihələndirmə proseslərinə və sistemlərinə qoyulan müasir tələblərə tam cavab vermirlər. Bu da özlüyündə keyfiyyətli layihə həllərinin alınmasını təmin etmir və eyni zamanda layihələndirmə prosesinə sərf olunan müddətin artmasına, məhsuldarlığın aşağı düşməsinə səbəb olur. Məhz bu baxımdan keyfiyyətcə yeni layihələndirmə qaydalarından istifadə edilməsi avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin özünün kompleks şəkildə yenilənməsini, arxitekturasında dəyişikliklərin aparılmasını zəruri edir. Yerinə yetirilən analiz və aparılan tədqiqatlar göstərir ki, qeyd olunan problemlərin müvəffəqiyyətli həllinə nail olmaq üçün süni intellektin ideyalarını, üsul və vasitələrini layihələndirmə prosesinin mümkün olan bütün mərhələlərinə tətbiq etmək vacibdir. Yəni müasir proqram sistemlərinin və süni intellektin element və üsullarının istifadəsi və tətbiqi ilə hazırda istifadə olunan avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinin imkanları artırılmalı və intellektuallıq səviyyələri yüksəldilməlidir. Bunun üçün mövcud ALS-lərin süni intellekt vasitələrinin tətbiqi ilə daxili və xarici intellektuallığı yüksəldilməlidir.

Maşınqayırma layihələndirmə prosesinin səmərəliliyini və məhsuldarlığını yüksəltmək məqsədi ilə intellektual alət vasitələrinin işlənməsi hazırda çox aktualdır. Bu zaman intellektual üsul və vasitələrin nüvəsini təşkil edən, çoxsəviyyəli quruluşa malik biliklər bazasından və biliklərin təsvir modellərindən çox istifadə edilir. Bu baxımdan həm agent, həm də komponentli arxitekturanın xassələrini özündə cəmləyən hibrid arxitekturalı paylanmış intellektual sistemlərin qurulması təklif edilir. Həmçinin texniki sistemlərin layihələndirilməsi prosesinin konseptual modelləşdirmə mərhələsinin

avtomatlaşdırılmış sisteminin qurulması üçün çoxagentli sistemin metodologiyası qəbul edilmişdir ki, o da biliklərə və biliklər bazasına əsaslanır. Biliklərə əsaslanan çoxagentli sistemdən və eyni zamanda multiagent sistem texnologiyasından istifadə paylanmış paralel layihələndirmə sisteminin qurulmasına imkan verir.

Çevik istehsal sistemlərinin analizi və hazırda istifadə olunan nümunələr göstərir ki, onu təşkil edən standart və qeyri-standart element və qovşaqların müxtəlifliyi, mürəkkəbliyi və kifayət etməyən dəqiqliyi çevik istehsal sistemlərinin yüksək dəqiqliklə layihələndirilməsi və qurulmasını təmin edən agentyönümlü arxitekturalı avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin işlənilməsi aktualdır.

Dissertasiya işinin məqsədi. Çevik istehsal sistemlərinin layihələndirmə prosesinin intellektuallığının yüksəldilməsi məqsədi ilə agentyönümlü arxitekturaya malik intellektual avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin işlənməsindən ibarətdir. İşin mövzusuna və qeyd edilən məqsədin reallaşdırılması üçün aşağıda verilmiş bir sıra məsələlər təyin edilmişdir:

- avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinin (CAD sistemlərin) hazırki vəziyyəti analiz edilmiş və onların layihələndirmə prosesinə tətbiq olunma səviyyələri müəyyən edilmişdir;
- süni intellekt elementi kimi multiagent texnologiyaların və multiagent sistemlərin çevik istehsal sistemlərinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə prosesinə tətbiqi tədqiq edilmiş, çatışmazlıqlar öyrənilməklə onların aradan qaldırılmasının mümkünlüyü aydınlaşdırılmışdır və əsaslandırılmışdır:
- çevik istehsal sistemlərinin agentyönümlü çoxkomponentli avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin CASE texnologiyaya əsaslanmaqla təşkili məsələlərinə baxılmış, sistemin funksional sxemi işlənmiş və əməliyyatlar ardıcıllığı təyin edilmişdir;
- agentyönümlü əlavələrin işlənmə sisteminin arxitekturası və agenttəyinatlı əlavələrin işlənmə prosesinin texnoloji sxemi işlənmişdir;
- əsasən layihəçi-agentin və müxtəlif təyinatlı agentlərin modelləşdirilməsi və işlənməsi üçün layihəçi-agent şablonu təşkil

edilmişdir, agentlərin fəaliyyət dövrlərinin mərhələləri təyin edilmişdir;

- layihələndirmə sistemlərinin paylanmış heterogen verilənlər bazasına əsaslanan biliklər bazasının təşkili məsələlərinə baxılmış və biliklər bazasının təşkili üçün multiagent sistem işlənilmişdir;
- unifikasiyalı modelləşdirmə dilinin tətbiqi ilə multiagent sistemlərin layihələndirilməsi alqoritmi işlənilmişdir.

Tədqiqat metodları. Tədqiqat obyekti kimi çevik istehsal sistemlərinin agentyönümlü arxitekturalı avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin işlənməsi məqsədilə yanaşmaların, modellərin, alqoritmlərin və s. işlənməsinin üsul və qaydaları götürülmüşdür. Yuxarıda qeyd olunan məsələləri həll etmək üçün müasir modelləşdirmə aparatları, süni intellektin element və üsulları, biliklər bazası konsepsiyasından, alqoritmləşdirmə nəzəriyyəsindən, müasir proqramlaşdırma vəsaitlərindən, proqram sistemlərindən və s. istifadə edilmişdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

- ✓ Müasir CAD sistemlərin çatışmazlıqlarının təyini və çevik istehsal sistemlərinin layihələndirmə prosesində formalaşdırılması çətin olan məsələ və layihə proseduralarının təyini;
- ✓ Layihə əməliyyat və prosedurlarının intellektuallığının yüksəldilməsi məqsədi ilə süni intellekt elementi kimi multiagent texnologiya lar və sistemlərin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə prosesinə tətbiqinin əsaslandırılması qaydaları;
- ✓ Agent konsepsiyası və multiagent sistemlərin əsas xüsusiyyətlərinin təyini;
- ✓ agentyönümlü arxitekturaya əsaslanan avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin quruluş sxemi;
- ✓ maşınqayırma detallarının çoxagentli avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin CASE texnologiyaya əsaslanmaqla təşkili alqoritmi;
- ✓ paylanmış heterogen verilənlər bazasına əsaslanan biliklər bazasının təşkili üçün multiagent sistemin işlənməsi qaydası;

- ✓ çevik istehsal sistemlərinin tərkib hissəsi olan qeyri-standart elementlərin agentyönümlü layihələndirilməsi alqoritminin işlənməsi;
- ✓ unifikasiyalı modelləşdirmə dilinin tətbiqi ilə multiagent sistemin layihələndirilməsi qaydası.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində alınmış elmi yeniliklər aşağıdakılardır:

- ✓ avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinin intellektuallığının yüksəldilməsi məqsədi ilə süni intellekt üsul və vasitələrinin, o cümlədən agent texnologiyasının və multiagent sistemlərin CAD sistemlərə tətbiqi imkanları tədqiq edilmiş və əsaslandırılmışdır;
- ✓ çevik istehsal sistemlərin çətin formalizə olunan layihə əməliyyat və prosedurları təyin edilmişdir;
- ✓ maşınqayırma sənayesinə aid texniki sistemlərin, o cümlədən çevik istehsal sistemlərinin layihələndirmə prosesinin intellektuallığının yüksəldilməsi məqsədi ilə agentyönümlü çoxkomponentli avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin arxitekturası işlənmişdir və altsistemləri təyin edilmişdir;
- ✓ çevik istehsal sistemlərinin çoxagentli avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin CASE texnologiyaya əsaslanmaqla təşkilinin funksional sxemi işlənmişdir;
- ✓ paylanmış heterogen verilənlər bazasına əsaslanan biliklər bazasının təşkili üçün alqoritm işlənmişdir;
- ✓ çevik istehsal sistemlərinin tərkibində olan standart elementlərin axtarışı və qeyri-standart elementlərin layihələndirilməsi üçün alqoritmlər işlənmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinə yeni proqram əlavələrini tətbiq etməklə layihə prosedura və əməliyyatlarının intellektuallığının yüksəldilməsi təmin edilmişdir. Proqram paketlərinin intellektuallığın yüksəldilməsi məqsədilə süni intellekt elementi kimi müxtəlif təyinatlı proqram agentləri işlənmiş, proqram paketlərindən istifadə texnologiyası yenilənmişdir. Müxtəlif tətbiq sahələrinə, xüsusilə çevik istehsal

sistemlərinə tətbiq olunan proqram agentlərinin bu tip istehsal proseslərinə tətbiqi mümkün olmuşdur.

Dissertasiya işinin aprobasiyası və tətbiqi. İşdə alınan nəzəri müddəalar və işin praktiki nəticələri beynəlxalq və respublika konfranslarında müzakirə olunmaqla məruzə edilmişdir: "Avtomatika və idarəetmənin müasir problemləri" Respublika elmi-praktik konfransı, AzTU, Bakı, 2012, səh.121-124; II Международная научно-практическая конференция, г. Красноярск,2015, səh.21-24; Riyaziyyatın tətbiq sahələri və yeni informasiya texnologiyaları III Respublika elmi konfransı, Sumqayıt, 2016, səh.312-313; «Уфимский государственный нефтяной технический университет» // Международная научно-техническая конференция аспирантов и молодых ученых «Наука. Технология. Производство», г. Салават, 2017, səh.299-301; Tətbiqi və energetikanın aktual məsələləri, Beynəlxalq Elmi konfransın materialları, Bakı, 2018, səh. 381-383; Doktorantlarin və gənc tədqiqatçilarin XXIII respublika elmi konfransinin materialları, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, Bakı, 2019, səh.227-229; İnformasiya sistemləri və texnologiyalar: nailiyyətlər və perspektivlər II beynəlxalq elmi konfrans, Sumqayıt, 2020, səh.172-174; İnformasiya sistemləri və texnologiyalar: nailiyyətlər və perspektivlər II beynəlxalq elmi konfrans, Sumqayıt, 2020, səh.272-275; "İnsan-kompüter qarşılıqlı əlaqəsi" beynəlxalq Şərq konfransının materialları, II beynəlxalq elmi konfrans, Naxçıvan, 2022, səh.108-110; İnformasiya sistemləri və texnologiyalar: nailiyyətlər və perspektivlər III beynəlxalq elmi konfransı, Sumqayıt, 2022, səh.347-348.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Sumqayıt Dövlət Universitetinin "Rəqəmsal texnologiyalar" kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiya işinin həcmi. Dissertasiya işi giriş, üç fəsildən, 124 adda ədəbiyyat siyahısından, 26 şəkildən və cədvəllərdən təşkil olunmaqla 230659 işarədən ibarətdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə təqdim olunan dissertasiyanın mövzusunun aktuallığı və müasirliyi haqqında ətraflı məlumat verməklə işin əsas xarakterik xüsusiyyətləri qeyd olunmuşdur. Dissertasiya işinin məqsədi, həlli zəruri olan məsələlər təyin olunmaqla, tədqiqat üsulları, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, aparılan tədqiqatın elmi yenilikləri, nəzəri və praktiki əhəmiyyəti, dissertasiya işinin aprobasiyası və tətbiq sahələri haqqında ətraflı məlumatlar verilmişdir.

Dissertasiya işinin **birinci fəslində** müasir avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinə (CAD sistemlərə) intellektual vasitələrin, xüsusilə süni intellektin üsul və vasitələrinin tətbiqinin mümkünlüyü və onun müasir vəziyyəti analiz edilmişdir. Bu məqsədlə hazırda geniş istifadə olunan CAD sistemlərin arxitekturaları tədqiq olunmuş və onların üstün və çatışmayan cəhətləri təyin edilmişdir. Qeyd edilmişdir ki, müasir CAD sistemlərinin mürəkkəb quruluşa malik olması və arxitekturasının klassik prinsiplərə əsaslanması və bir sıra başqa çatışmazlıqlar avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemləri proseduralarının çevik və sürətli həllini təmin etmir.

Bu baxımdan layihə proseduralarının yerinə yetirilməsi prosesinə, layihə həllərinin alınmasına və ümumiyyətlə, avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinə intellektual vasitələrin tətbiqinin müasir vəziyyətinin icmalı aparılmış, CAD sistemlərin intellektuallığının yüksəldilməsi məqsədi ilə layihələndirmə proseslərinə süni intellekt elementi kimi multiagent sistemlərin və agent texnologiyasının tətbiqi əsaslandırılmışdır. Layihələndirmə proseduralarının intellektuallığının yüksəldilməsi məqsədi ilə çoxagentli texnologiyanın tətbiqi ilə müxtəlif təyinatlı layihəçi-agentlərin işlənməsi və həmçinin modelləşdirilməsi məsələləri analiz edilmişdir. Eyni zamanda birinci fəsildə agent texnologiyasının, çoxagentli texnologiyanın, multiagent sistemlərin müasir vəziyyəti, tətbiq sahələri, inkişaf perspektivləri və s. öyrənilmişdir.

İşin ikinci fəslində tətbiq sahəsində kimi çevik istehsal sistemlərinin avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsi üçün nəzərdə tutulmuş agentyönümlü çoxkomponentli avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin quruluş sxemi verilmiş, elementlər

arasındakı qarşılıqlı informasiya mübadiləsi üçün əlaqələr təyin edilmişdir. Çoxkomponentli sistemin tərkib elementi kimi agent konsepsiyasının və agenttəyinatlı avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinin əsas xarakteristikaları və xüsusiyyətləri təyin olunmuş, iş prinsipi izah edilmişdir. Eyni zamanda CAD sistemlərin intellektuallığının yüksəldilməsi üçün agentyönümlü əlavələrin işlənmə sisteminin arxitekturasının təyini məsələlərinə baxılmış, biliklərlə iş üsulu və prinsiplərinə əsaslanan arxitektura qəbul edilməklə agent təyinatlı əlavələrin işlənmə prosesinin texnoloji sxemi müəyyənləşmişdir. Agentin fəaliyyət dövrünün mərhələləri təyin edilmişdir. Qeyd olunmuşdur ki, layihələndirmə sistemlərinin intellektuallığının, o cümlədən imkanlarının genişləndirilməsi üçün avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemləri işlənərkən biliklər bazasının tətbiqi ilə agenttəyinatlı əlavələrin işlənməsi məqsədəuyğundur. Bu fəsildə agenttəyinatlı çoxkomponentli avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin arxitekturasına daxil olan müxtəlif təyinatlı layihəçi agentlərin məqsəd və təyinatları müəyyən edilmişdir.

Üçüncü fəsildə agentyönümlü texnologiyaya əsaslanan avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin arxitekturasına daxil olan komponentlərin modelləşdirilməsi, informasiya əlaqəliliyinin təşkil olunması və işlənməsi məsələlərinə baxılır. Bu məqsədlə unifikasiyalı modelləşdirmə dillərinin tətbiqi ilə multiagent sistemlərin layihələndirilməsinin əsas aspektləri müəyyənləşdirilir, avtonom agentlərin və multiagent sistemin arxitekturası təyin edilir. Unifikasiyalı proqramlaşdırma dilinin diaqramlar sinfi şəklində reaktiv agentin arxitekturası işlənir. Tətbiq sahəsi kimi çevik istehsal sistemi götürüldüyü üçün sistemə daxil olan qeyri-standart elementlərin agenttəyinatlı layihələndirilməsi məsələlərinə baxılır. Konstruktor layihələndirilməsində çox işlənən verilənlərin və spesifikasiyaların əsasında təşkil olunan verilənlər bazasında biliklərin çıxarılması məsələsinə baxılmış, paylanmış heterogen verilənlər bazalarına əsaslanan biliklər bazasının təşkili üçün multiagent sistemin işlənməsi məsələsinə baxılmışdır. Verilənlər bazalarından biliklərin çıxarılması alqoritmi işlənmişdir.

Multiagent sistemlərin təşkili üçün seçilmiş konsepsiyadan asılı olaraq, adətən, üç baza sinifli arxitektura ayrılır:

- biliklərlə iş üsulu və prinsiplərinə əsaslanan arxitektura;
- "stimul-reaksiya" tipli modellərin vəziyyətinə əsaslanan arxitekturalar;
- hibrid arxitekturalar.

Baxılan hallarda süni intellektin, o cümlədən intellektual avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinin modellərini, metodlarını və vəsaitlərini layihələndirən və reallaşdıran "ağıllı" agent və arxitekturalarla iş aparılır.

Bir çox tədqiqatçılar belə hesab edirlər ki, nə birinci, nə də ikinci yanaşma, agentlər və multiagent sistemlər işlənərkən optimal nəticələr vermir. Ona görə də, onların birləşdirilməsinə həmişə cəhd edilir və bu da artıq müxtəlif formalı hibrid arxitekturaların yaranmasına gətirib çıxarmışdır. Hazırda, bütün nisbətən dəyərli layihə və sistemlərdə hibrid arxitekturadan istifadə edilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, multiagent sistemlərin və həqiqi intellektual agentlərin işlənməsi xüsusi bilik tələb edir və mürəkkəb həcmli məsələlərdir. Ona görə də, proqram agentləri proqram təminatı sisteminin yeni sinfidir ki, istifadəçinin tapşırığı ilə təsir edir. Proqram agenlərinin işlənməsi və tətbiqi yerinə yetirilməsəydi, yəqin ki, açıq sistemlər konsepsiyasının mənimsədilməsi və işlənməsi təcrübəsinin istifadəsi mümkün olmazdı. Praktikada açıq sistem konsepsiyasının tətbiqi nəticələrindən biri olan "kliyent-server" arxitekturası geniş yayılmışdır. Multiagent sistemlər yaradılarkən bu arxitekturadan müvəffəqiyyətlə istifadə etmək olar.

Hazırda aşağıdakı kliyent-server qarşılıqlı təsir modellərindən istifadə edilir:

- server hissə ancaq ehtiyatlara müdaxiləni reallaşdırır, əlavənin əsas hissəsi kliyentə aid olur;
- kliyent əlavəsi interfeysin reallaşdırılmasını təmin edir, server isə əlavənin qalan hissələrini birləşdirir. Bu model internet-texnologiyasının geniş yayılması ilə əlaqədə birinci növbədə Web-brauzerlərdə aktiv istifadə olunur,

Multiagent sistem əlavəsinə dinamik yanaşma zamanı mobil agentlər paradiqmindən istifadə edilir.

Mobil agentlər – bu proqramlar, hansı ki, şəbəkələrdə yerləşdirilə bilər, məsələn, WWW-də, onlar kliyent kompüterini tərk edir, öz işini yerinə yetirmək üçün uzaq serverlərdə yerləşir, sonra geri qayıdır. Bir sıra müəlliflər qeyd edirlər ki, mobil agentlər informasiyasının gizliliyi və şəbəkənin yüklənməsi nöqteyi-nəzərdən təhlükə yaradırlar.

Hazırda mobil agentlərin işlənməsi üçün vahid standartlar yoxdur və bir sıra problemlər həll edilməmiş qalır: Leqal qaydalarla agentlərin şəbəkələrdə yerləşdirilməsi, agentlərin verifikasiyası (xüsusi halda, şəbəkə ilə ötürülən viruslardan qorunma), xüsusi mülkiyyət hüquqlarının agentlərlə qorunması, informasiyanın konfidensiallığı.

Əgər multiagent sistemlər problematikasına bir daha qayıtsaq, onda müasir mərhələdə onların işlənməsi və reallaşdırılması üçün proqram vəsaitlərini iki böyük qrupa bölmək olar: Multiagent sistem kitabxanası və multiagent sistem vəsaitləri.

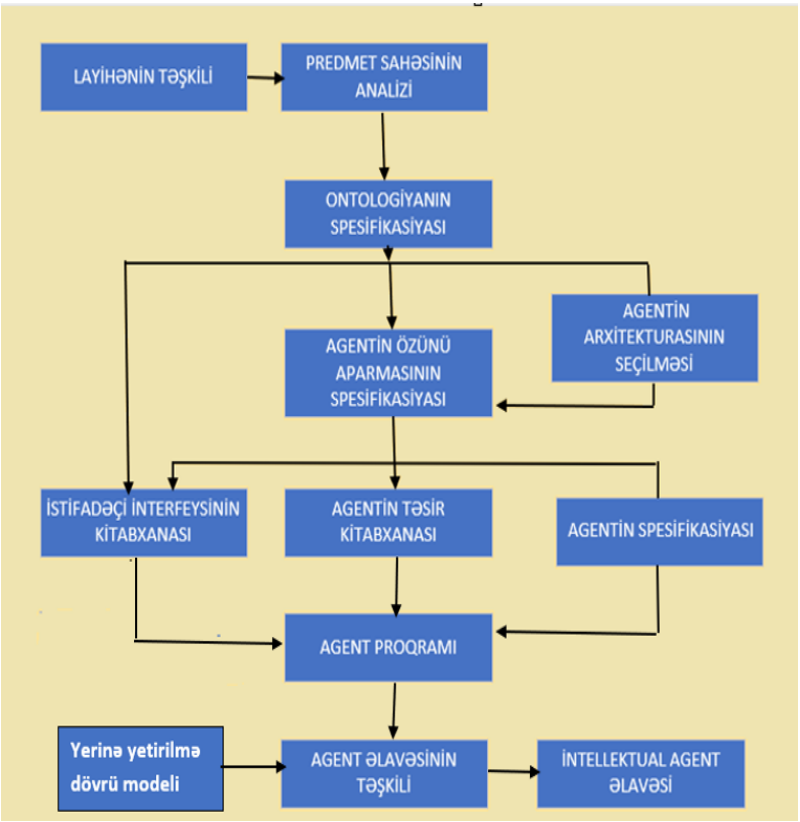
Multiagent əlavələrin təşkili üçün bazis multiagent kitabxana hesab edilir. Burada agentlərin və multiagent sistemlərin layihələndirilməsi prosesinə köməklik göstərən modellərə, üsullara və vəsaitlərə baxılır. Nümunə kimi bu sinfə daxil olan Agent Builder alətini göstərmək olar.

Reticular Sistems, İnc.Kompaniyasının multiagent sistemlərin qurulması üçün alətləri iki komponentlərdən ibarətdir: işlənmə vəsaitləri və yerinə yetirilmə dövrünün ətrafı.

Birinci komponent təşkil edilən multiagent sistemin predmet sahəsinin analizi və verilmiş xarakterli agentin layihələndirilməsi prosesinin müdafiəsinə yönəldilir.

İkinci –agent oriyentasiyalı proqramın yerinə yetirilməsi üçün səmərəli mühiti təmin edir. Bu və ya digər komponent Java dilində reallaşdırılmışdır və Java mühitin yerləşdiyi istənilən kompüterlərdə işləyirlər. Agent Builder çərçivəsində layihələndirilən agent proqramlar da Java proqramlardır və ixtiyari kompüterlərdə yerinə yetirilə bilər.

Agent- oriyentasiyalı əlavələrin layihələndirilməsi və reallaşdırılması prosesinin ümumi sxemi şəkil 1–də verilmişdir.



Şəkil 1. Agentyönümlü əlavənin işlənmə prosesinin texnoloji sxemi.

Bu alətlər multiagent sistemin predmet oblastı və təşkili üçün vəsaitlərə, agentlik arxitekturası spesifikasiyası və agentlərin özünü aparması vəsaitlərinə, eyni zamanda agent əlavələrinin sazlanma və

təşkil edilən agentlərin özlərini aparmasının izlənməsi vəsaitlərinə malikdirlər[9].

Agent Builder çərçivəsində işlənmiş agentlərin "fəaliyyəti dövrü"nün modeli şəkil 2-də təsvir edilmişdir. Verilmiş sxemdən alınır ki, agentin standart "fəaliyyət dövrü"nə aşağıdakı əsas addımlar daxildir:

- yeni məlumatların emalı;
- cari vəziyyətdə özünü aparma qaydasının tətbiqinin təyini;
- bu qaydalarla spesifikasiyalaşdırılmış təsirlərin yerinə yetirilməsi;
- verilmiş qaydalara uyğun mental modellərin təzələnməsi;
- planlaşdırma.

Agent Builder sistemində agentlərin özünü aparma spesifikasiyaları üçün xüsusi obyekt oriyentasiyalı dillərdən istifadə olunur. Bu dildə özünü aparma qaydasına WHEN – IF – THEN konstruksiyası şəklində baxmaq olar.

WHEN – agentin ətrafında yaranan yeni hadisələrə ünvanlanan və başqa agentlərdən alınan yeni məlumatlar daxil olan qayda hissəsidir.

İF – cari mental modellə qaydanın tətbiq olunma şərtinin müqayisəsi hissəsidir.

THEN – cari hadisəyə və mental modelin vəziyyətinə, ətraf mühitə cavaba təsiri təyin edən hissəsidir.

Agentlərin özünü aparması və onların mental modelləri haqda xüsusi fayl tərtib edirlər ki, onlardan agentin təsir kitabxanasından olan sinif və üsullarla, interfeys kitabxanası ilə birlikdə istifadə edilirlər.

Yuxarıda qeyd edilənləri nəzərə alaraq qeyd etmək olar ki, hazırda alətlərin təşkili üzrə işlərdə süni intellektin proqram agentlərinin və multiagent sistemlərin layihələndirmə prosesinin

[9] M.R.Səlimova, P.Ə.İbrahimova. Avtomatlaşdirilmiş layihələndirmədə agent yönümlü əlavənin işlənmə texnologiyasi. Tətbiqi və energetikanın aktual məsələləri, Beynəlxalq Elmi konfransın materialları, Sumqayıt, 2018. S.381-383

əsaslanmasına yönəldilmiş vasitə və üsullardan istifadə ənənəsi olduqca aktualdır.

Buna görə də multiagent sistemlərin təşkili üçün yeni nəsil texnologiyaların qurulması məsələləri multiagent sistemlərin tədqiqatlarının təcrübəsindən və süni intellektdəki biliklərin emalı metodologiyasından birgə istifadəyə əsaslanaraq həll edilə bilər. Bu baxımdan, hər şeydən əvvəl, tətbiqi intellektual sistemlərin layihələndirmə və reallaşdırma üsul və vəsaitlərini yeni predmet sahəsinə uyğunlaşdırmaq zəruridir (yeni nəsil multiagent sistemlərin işlənməsi).

Aydındır ki, biliklər bazasının layihələndirilməsi üsullarına əsaslanan multiagent sistemlərin işlənməsi prosesinin spesifikasiyası belə texnologiyalar üçün aşağıdakıları fərz edir:

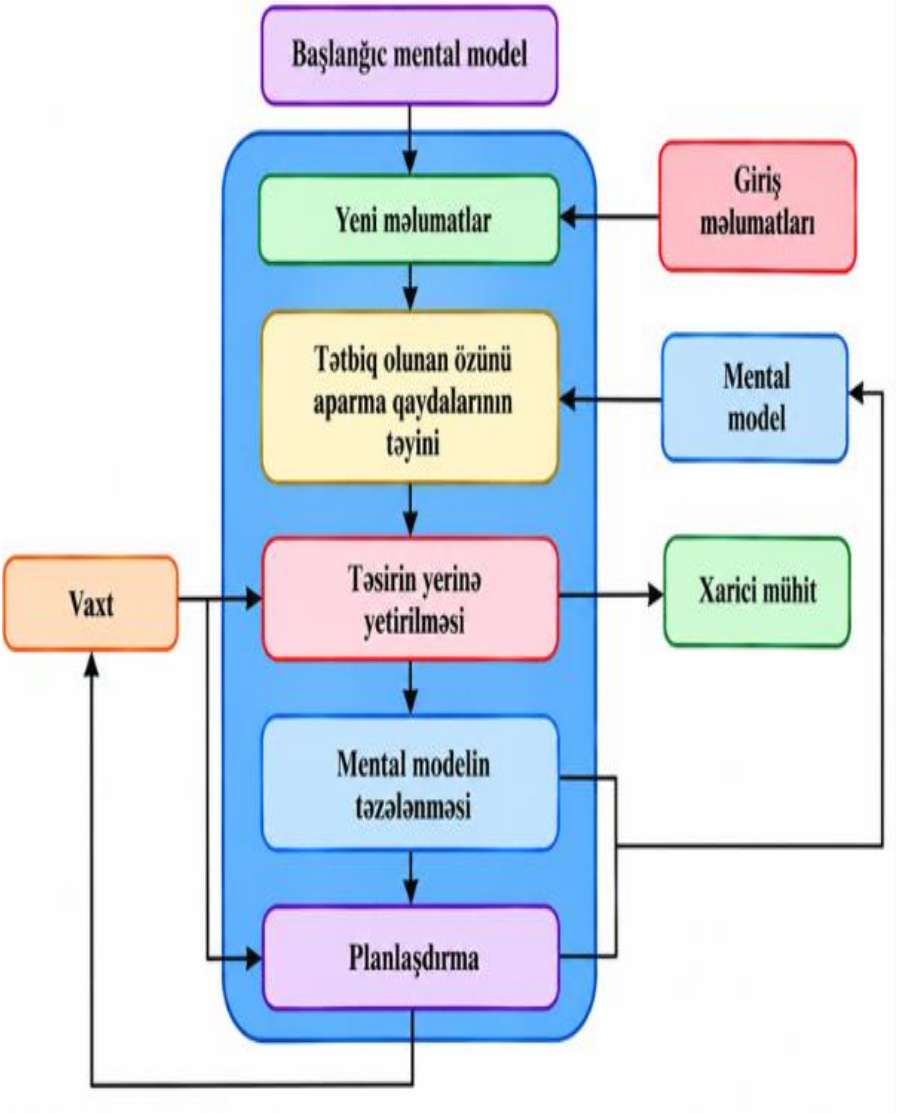
- biliklər bazasında multiagent sistemin layihələndirilən arxitekturasının təsviri;
- layihələndirilən multiagent sistemin daxilində müxtəlif tip agentlərin arxitekturalarının aşkar spesifikasiyası;
- hər bir agent qarşısında qoyulmuş məqsədin reallaşdırılması üçün zəruri biliklər modelinin xüsusi biliklər bazası şəklində təsviri.

Aparılan analizin və tədqiqatın nəticəsində aydın olur ki, müasir avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinin intellektuallığının, o cümlədən imkanlarının genişləndirilməsi məsələsi olduqca vacib məsələdir və bir problem kimi tədqiqatçıların diqqətini cəlb etməyə bilməz[1].

Qeyd olunan problemin həlli üçün avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemləri işlənərkən biliklər bazasının tətbiqi ilə agentyönümlü əlavələrin işlənməsi məqsədəuyğundur.

---

[1]Hüseynov A.H., Məmmədova M.R. Avtomatlaşdırılmış layihələndirmədə agentyönümlü əlavələrin işlənmə sistemlərin arxitekturasının təyini. SDU Elmi xəbərlər Təbiət və texniki elmlər bölməsi, Sumqayıt, 2011, №3



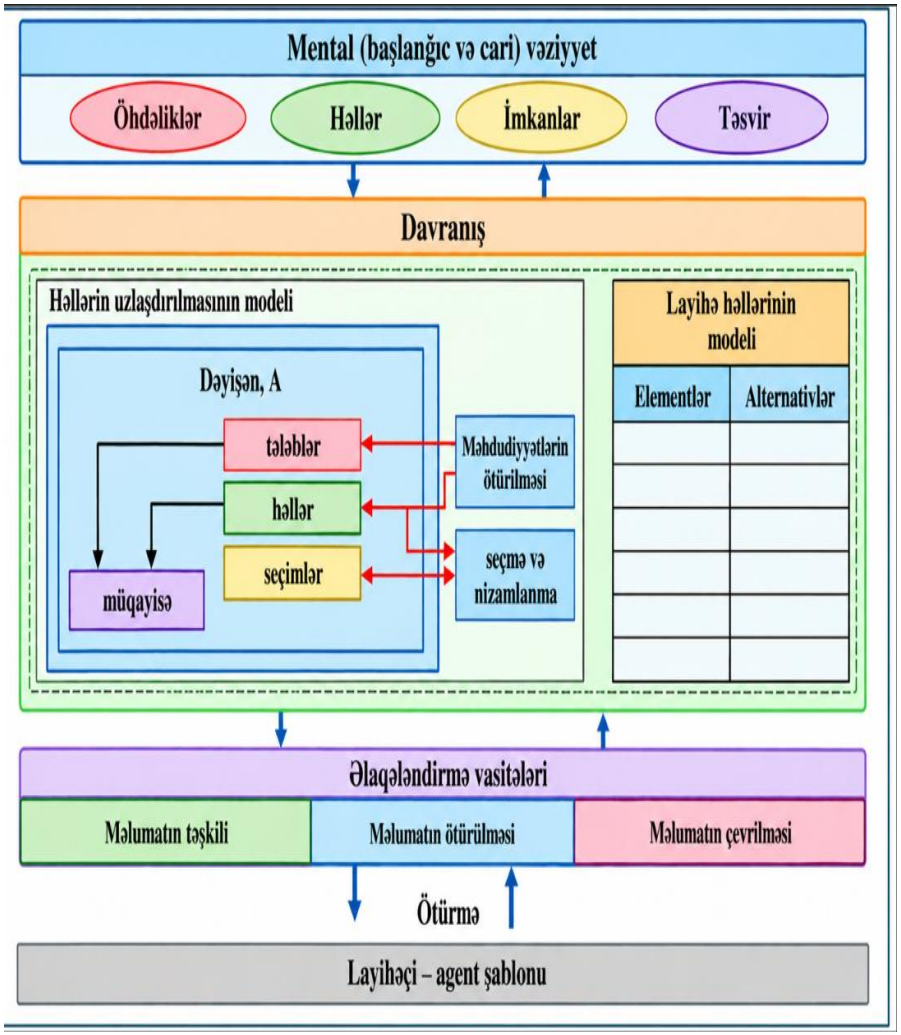
Şəkil 2. Agent Builder çərçivəsində işlənmiş agentlərin "fəaliyyəti dövrü"nün modeli

Layihəçi agentlərin təşkili və proqramlaşdırılması üçün üç səviyyəli quruluşa malik agent şablonu təklif olunur (şəkil 3). Agentin

başlanğıc və cari vəziyyəti, agentin davranışı və agentin əlaqələndirmə vəsaitləri. Agentin mental vəziyyəti səviyyəsində baza sinfi «İntelligent Agent» biliklərin idarəsi, öhdəlik qaydaları, imkanlar, təsvirlər və həllər mexanizmini təmin edir. Agentin davranış səviyyəsində «Reactive Agent» sinfi öhdəlik qaydalarının hesablanmasını, məhdudiyyətləri ödəyən model əsasında həllərin tapılmasını təmin edir. «Communication Agent» sinfi səviyyəsində sistemin başqa komponentləri ilə agentin qarşılıqlı təsir vasitələri saxlanılır.

Bir tərəfdən informasiya texnologiyasının müntəzəm inkişafı, digər tərəfdən layihələndirilən texniki sistemin mürəkkəblik dərəcəsi və sabit modifikasiyası, layihəçilərin ALS –in arxitekturasına xassə və komponentlərin əlavə edilməsi mümkünlüyünün təmin edilməsi zəruriliyinə gətirib çıxarır. Hazırda, paylanmış obyektlər texnologiyasından istifadəyə zərurət kimi baxmaq olar. Ancaq, göründüyü kimi komponentlərin təkrar istifadəsinin şərtləri kifayət qədər deyildir. Ona görə də ALS-in karkası nümunəsində agentyönümlü arxitekturadan istifadə məqsədə uyğun hesab edilir. Agentyönümlü arxitekturaya malik layihələndirmə sisteminin üstünlüyü onun aşağıdakı xarakteristikaları ilə izah olunur:

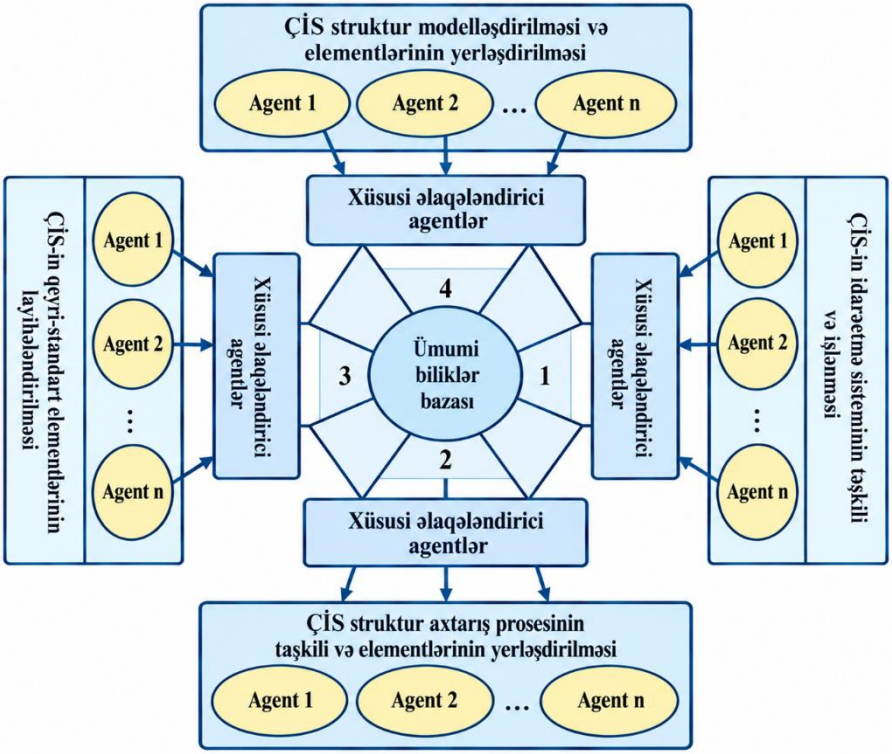
- paylanmış obyektlərin və komponentlərin inteqrasiyasını təmin edən agentlər texnologiyasına əsaslanan qurma;
- spesifikasiyalar əsasında qarşılıqlı əlaqənin təşkili vaxtı, biliklər səviyyəsində məlumatın semantikasından istifadə;
- agentlərin unikal ad registirlərindən və onların sistemin funksional spesifikasiyası daxilində göstərdikləri xidmətdən istifadə;
- funksional bazaya malik agentin işlənməsinin və genişlənməsinin mümkünlüyü.



Şəkil 3. Layihəçi agent şablonu

ÇİS-lərin layihələndirilməsi üçün biliklər səviyyəsində agentlərin qarşılıqlı əlaqəsi mürəkkəb, çoxkomponentli, proqramlı ALS-in qurulmasına böyük üstünlüklər verir. ÇİS-lərin çoxkomponentli ALS - nin agentyönümlü arxitekturası şəkil 4- də verilmişdir.

Arxitekturadan göründüyü kimi, yuxarıda qeyd olunan altsistemlər arasında məlumat konteksinin emal prosesinin təşkili üçün xüsusi kommunikasiya agentlərindən istifadə edilə bilər. Hansı ki, onlar məlumatın mahiyyətini marşurutlara görə, agentlərə uyğun biliyə və ya marağa malik analiz edirlər.



1 – İdarəemə sisteminin təşkili üçün xüsusi biliklər bazası
2 – Axtarış prosesinin təşkili üçün xüsusi biliklər bazası
3 – Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə üçün biliklər bazası;
4 – Modelləşdirmə və elementlərin yerləşdirilməsi üçün biliklər bazası.

Şəkil 4. Agentyönümlü çoxkomponentli ALS-in arxitekturası

Müasir problem təyinatlı intellektual sistemlərin qurulmasını uyğun CASE texnologiyasız düşünmək mümkün deyildir[20]. Geniş mənada CASE texnologiya analizin metodologiyasını, layihələndirməni, proqram təminatının işlənməsi və müşaiyəti, kompleks avtomatlaşdırma vəsaitlərinin toplusunu özündə ifadə edir. Qeyd olunan CASE –texnologiya sistem haqqında elm, münasibətləri öyrənən, sistemin elementlərini əlaqələndirən, bütün sistem üçün vacib olan münasibətlərin xassələrindən ibarət sistemdir ki, yuxarıda sadalananlar onun metodoloji əsasını təşkil edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, sistemləşdirmədə sistemin iyerarxik təsnifatlaşdırılmasının əsası biliklərin iyerarxik səviyyələrindən ibarətdir ki, ən aşağı səviyyə hesab olunan iyerarxiyada layihələndirilən sistemin xassələri (dəyişənləri) arasındakı xarakteristikalara və qarşılıqlı əlaqələrə baxılır.

Daha sonra giriş sisteminə verilənlər əlavə edilir ki, buna da sonrakı səviyyədə baxılır və bu səviyyə verilənlər sistemi adlanır. Verilənlərin məsələlərindən asılı olaraq layihələndirmə məsələsinin tələb olunan vəziyyətinin alınması mümkün ola bilər.

Yuxarı səviyyələr ilkin və sərhəd şərtlərinə uyğun verilənlərin generasiyasını yerinə yetirən dəyişənlərin münasibətlərini təyin edən bilikləri özündə cəmləyir.

Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə məsələlərinə tətbiq edilən sonrakı səviyyə məlumatın quruluşunu və xassələrini və texnoloji prosesi təyin edən dəyişənlərin qiymətlərini generasiya edən biliklər bazasının səviyyələrini özündə cəmləyir, necə ki, xassələrin generasiyası məsələləri prosesin reallaşmasından ibarətdir. Hansı ki, əsas dəyişənlərin vəziyyəti müxtəlif başlanğıc və sərhədd şərtlərinə görə təyin olunan parametrlər çoxluğundan yaranır. Bu səviyyə sistemi yeni yaranmış sistem səviyyəsi adlanır. Sonrakı səviyyədə

[20] А.Г.Гусейнов, М.Р.Салимова. Агентно-ориентированный подход к проектированию гибких производственных систем. Вестник Астраханского государственного техническиго университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика.2022, №4.

yaranmış sistem özündən əvvəlki sistemlərdən təyin olunur və bir sıra ümumi dəyişənlərə və ya onların birləşməsinə malik olmaqla ümumi sistemin alt sistemi adlanır. Bu səviyyədəki sistemlər quruluşlu sistem də adlanır.

Dördüncü və yuxarı səviyyədəki sistemlər aşağı səviyyəli sistemlərin toplusundan ibarətdir. Eyni zamanda aşağı səviyyənin sistemlərinin metaxarakteristikalarını özündə cəmləyir (qaydalar, münasibətlər, prosedurlar).

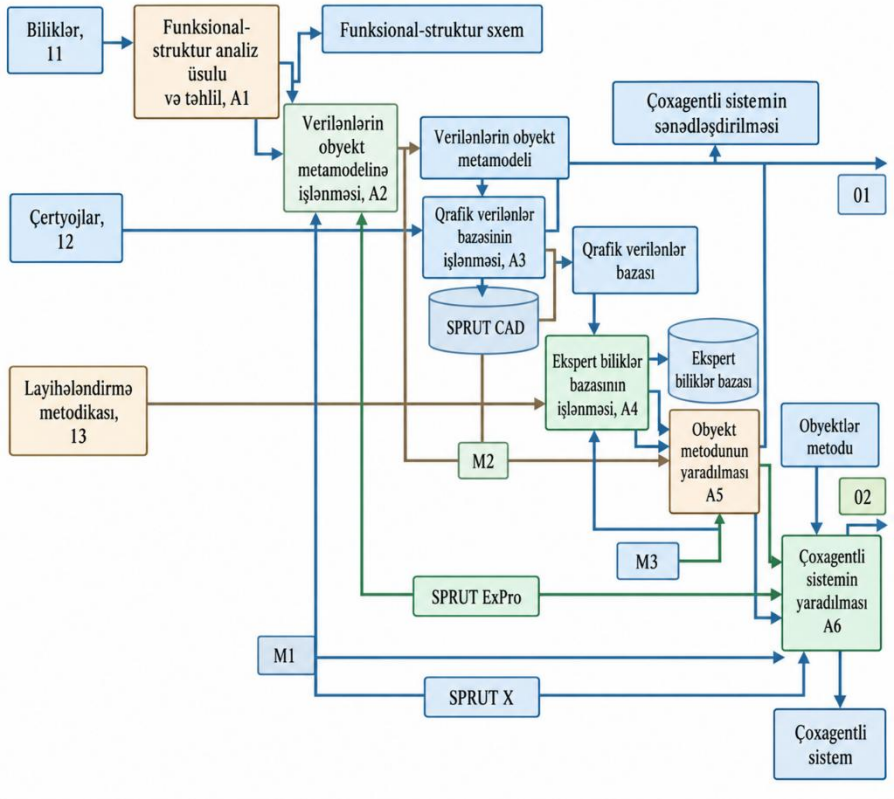
Geniş mənada texnologiya yerinə yetirilən işləri özündə cəmləyən zəruri nəticələrin alınmasına və uyğun vəsaitlərin köməyi ilə reallaşmasına istiqamətlənir. Hər bir addımın yerinə yetirilməsi üçün bir və ya bir neçə üsul tətbiq edilir ki, onlar da nəticələrin təsviri üçün istifadə olunurlar.

Şəkil 5-də tətbiqi çoxagentli sistemin metodiki proqram kompleksinin generasiyasına istiqamətlənmiş görülən işlər ardıcıllığının təsvirinin funksional sxemi təqdim edilmişdir.

Sxemdə uyğun funksional blok oxlarından istifadə etməklə istifadə olunan instrumental proqram vəsaitlərinin adları qeyd edilmişdir.

Texnologiyanın ilkin mərhələsində çoxagentli avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin köməyi ilə işlənməsi nəzərdə tutulan bütün detallar çoxluğunu əhatə edən metasistemin layihəsinin işlənməsi məsələlərinə baxılır və analiz edilir. Metasistemin işlənməsi tətbiqi oblastın funksional quruluşlu analizinin köməyi ilə yerinə yetirilir. Bu analiz yerinə yetirilərkən İDEFO və İDEFİX standartlarına əsaslanmaqla kombinə edilmiş üsullardan istifadə olunur.

Burada obyekti təşkil edən qovşaqların funksional dekompozisiyası verilir. Hər bir alt funksiya özünə məxsus reallaşdırma mexanizminə malikdir. Məsələn, mexaniki enerjinin verilməsi podşibnik qovşaqlarının köməyi ilə yerləşdirilmiş vallar vasitəsilə yerinə yetirilir.



Şəkil 5. Çoxagentli avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin CASE texnologiya ilə təşkilinin funksional sxemi.

Hər bir konstruktiv element öz növbəsində bir neçə yerinə yetirmə variantına malikdir və müxtəlif konstruktiv hissələr toplusundan ibarətdir. Detalın metamodelinin dekompozisiyası detalların formalarının elementlərinə gətirib çıxarır ki, bu da texnoloji prosesin layihələndirilməsini biliklərlə bağlayır. Funksional quruluşlu analiz nəticəsində kompleks çoxagentli avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin qurulması üçün zəruri olan bütün giriş sistemlərini birləşdirən iyerarxik və/və ya qrafları formalaşdırılır.

Standart detalların (podşibnik, bolt və s.) parametrləri verilənlər bazasında saxlanılır. Həmçinin əvvəllər layihələndirilmiş məhsulların arxivləri də verilənlər bazasında saxlanılır.

CASE metodologiyasının növbəti əməliyyatı obyektin metamodel verilənlərinin işlənməsindən ibarətdir.

Metamodellərin qurulması zamanı elementlər kimi obyektlərin sinifləri istifadə olunur. "Tam-hissə" münasibətinə görə obyektlərin iyerarxiyası qovşaq və detallarla təsvir olunan məmulatların konstruksiyaya daxil olması ilə təyin edilir. "Tam-hissə" münasibəti və tipli obyektlər arasındakı əlaqəni təyin edir. Əgər "qrup" parametrinin qiyməti 0-dan fərqlidirsə, onda obyektlərin sinifləri arasındakı əlaqə VƏ YA tiplidir.

Verilənlərin obyekt modelinin iyerarxik quruluşu işləndikdən sonra, hissələr və onlara paralel olaraq obyektlərin xassələri və onların qarşılıqlı əlaqələrinin formalaşdırılması yerinə yetirilir. Tədqiq olunan sinifdən olan məhsul istehsalının bütün konstruksiya texnoloji və idarəetmə məsələlərinin həlli üçün xassələr toplusunun olması zəruri və kafidir. Bu xassələr sırasına işarələmələr, kütlə, detalın materialının markası, təmizlik sinfi, konstruktiv elementlərin növlərin onların hazırlanması üçün dəqiqliyi göstərən ölçülər və s. daxildir.

Verilənlərin qurulan metamodelləri obyekt siniflərinin interfeys hissəyə bütün daxil olanlarını təyin edir. Buna görə interfeys hissə layihələndirmə prosesində vəziyyəti qeyd etməyə imkan verir.

Formalaşdırılan çertyojların həndəsi və qrafik bazalarının işlənməsi üçün alət vasitələri Sprut CAD sistemindən ibarətdir. Layihələndirmə sisteminin konstruktorlarının və tədqiqatçılarının əməyinin avtomatlaşdırılması üçün bu sistem açıq konstruktor mühiti hesab olunur. Sprut CAD sistemində parametrləşdirmənin xarakterik xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, bütün həndəsi obyektlər ikili təsvirə malikdirlər: qrafik və mətn. İstifadəçinin iyerarxik təsiri nəticəsində qrafik pəncərədə Sprut dilində proqramın mətni avtomatik generasiya olunur. Sistem hər bir elementin qrafik və mətn şəklində təsvirləri arasındakı sinxronlaşmanı təmin edir.

Ekspert bilik bazasının işlənməsi alət vasitəsi kimi SprutExPro sistemi istifadə olunur. Bu sistem ekspert proqramlaşdırmasını yerinə

yetirməyə imkan yaradır və proqramçı olmayan mütəxəssisə intellektual-konstruktor-texnoloji layihələndirmə sistemi yaradır ki, bu zaman məhsuldarlıq peşəkar mütəxəssisə nisbətən 7...10 dəfə artır. Ekspert proqramlaşdırması biliyin funksional blok formada təsvirinə əsaslanır və onu obyekt-funksiya adlandırmaq olar. Qrafik olaraq belə obyekt-funksiyanı düzbucaqlı formasında təsvir etmək olar ki, onun dörd tərəfinin hər birinin öz təyinatı var: sol – giriş, sağ – çıxış, yuxarı – idarəetmə, aşağı – mexanizm.

Şərtlər giriş və idarəedici parametrləri və modulun reallaşdırdığı funksiyanın təyin oblastını təyin edir.

Hər hansı bir tətbiqi oblastın strukturlaşdırılmamış bilik metodları süni intellektin produksiya sistemli bilik bazasına analoji olaraq bu oblastın bilik bazasını özündə ifadə edir ki, bunlar da ekspert sistemində istifadə olunur. Bilik modulu mexanizmi bilik bazasının təşkili zamanı tələb oluna bilən bütün funksiyaların reallaşdırılmasını təmin etməlidir.

Obyekt metamodelinin təşkilinin sonrakı əməliyyatı üsulun obyektlə əlaqələndirilməsindən (qoşulmasından) ibarətdir ki, Sprut X-in köməyi ilə yerinə yetirilir. Əlaqələndirmə prosesində üsulun giriş və çıxış dəyişənləri öz obyekti ilə əlaqələndirilir. Metodların köməyi ilə aşağıdakılar reallaşır: zəruri mühəndis hesabatlarının yerinə yetirilməsi; standart və alınmış kompleksləşdirici məhsulların seçilməsi; zəruri halda 3D modellərin və çertyojların generasiyası; yığım vahidlərinin və detalların hazırlanması texnoloji prosesinin layihələndirilməsi.

Çoxagentli ALS-in təşkilinin CASE-texnologiyasının sonuncu əməliyyatı sistemin tətbiqi interfeysinin generasiyasından ibarətdir. Bu generasiya məhsulun obyekt metamodelinin işlənməsinə əsaslanmaqla yarımavtomatik rejimdə yerinə yetirilir. İnterfeys imitasiyalıdır və minimum miqdarda idarəetmə vəsaitlərindən ibarətdir. Təşkil olunan tətbiqi sistem digər layihələndirmə texnologiyalarından məhsuldarlığı nöqteyi-nəzərdən fərqlənir və tam avtomatik rejimdə işləyə bilər.

Nümunə kimi qeyd etmək olar ki, məlumatları biliklər bazasında saxlanılan modulun xarici təsviri aşağıdakı şəkildə verilir:

Modul: M1.

Layihəçi: Səlimova M.R.

Ad: Oxun diametrinin hesablanması.

Məlumat mənbəyi: Anurev V.İ. Spravoçnik konstruktoru, T2, ctr.9.

Əgər bu bilik moduluna produksiya qaydası kimi baxılsa, onda o sonrakı ifadə ilə ekvivalentdir: "**əgər oxun en kəsiyi bütövdürsə və əyici moment (ƏM) 0-dan böyük və 95000 Hmm-dən kiçikdirsə və əyilmədə buraxıla bilən gərginlik (ƏBG) 0.6 Mpa<ƏBG<=0.95 Mpa-şərtini ödəyirsə, onda oxun diametri $d_0 = \sqrt[3]{\frac{ƏM}{0.1ƏBG}}$ – düsturu ilə hesablanır.**

Ekspert bilik bazasının modulları işləndikdən sonra bu modulları istifadə edən üsulların generasiyası yerinə yetirilir. Qeyd edək ki, SprutExPro-da üsulların generasiyası avtomatik yerinə yetirilir. Məsələnin həlli üçün zəruri olan modulun seçilməsi kifayətdir. Sistem özü zəruri giriş verilənləri toplusunu müəyyənləşdirir və üsulun proqramını generasiya edir. Çıxış parametrlər çoxluğu generasiya olunan üsulda təyin olunan dəyişənlərdən seçilir.

Layihəçi agentin çoxmeyarlı qiymətləndirmə mexanizmi. Aparılan analiz göstərir ki, layihəçi agentin fəaliyyətində əsas məsələlərdən biri axtarış nəticəsində əldə olunmuş layihə həllərinin çoxmeyarlı qiymətləndirilməsidir. Layihəçi agent layihələndirmə tapşırığına uyğun olaraq bir neçə parametr üzrə layihə həllərinin axtarışını və ya axtarış nəticələrinin qiymətləndirilməsini təşkil edir. Müxtəlif sayda parametrlərə uyğun gələn layihə həlləri əldə oluna bilər. Bu səbəbdən tapılmış layihələrin mövcudluğu onların hamısının eyni dərəcədə yararlı olması demək deyil. Layihə həllərinin müqayisəsi və daha uyğun variantların seçilməsi üçün avtomatlaşdırılmış qiymətləndirmə mexanizminin tətbiq edilməsi zəruridir.

Qiymətləndirmə prosesinin əsasını hər bir parametrin əvvəlcədən müəyyən edilmiş çəki əmsalı ilə ifadə olunan əhəmiyyət dərəcəsi təşkil edir. Çəki əmsalı konkret parametrin layihə həllinin

ümumi qiymətləndirilməsində nə dərəcədə əhəmiyyətli olduğunu göstərir. Parametrlərin əhəmiyyət dərəcələri eyni olmadıqda, onların yekun nəticəyə təsiri də fərqlənir. Beləliklə, layihəçi agent bütün meyarları eyni səviyyədə nəzərə almaq əvəzinə, layihə tapşırığının tələblərinə uyğun olaraq parametrlərin nisbi əhəmiyyətini qiymətləndirmə prosesinə daxil edir.

Burada iki anlayışı fərqləndirmək lazımdır. **Parametrin çəki əmsalı** həmin parametrin əhəmiyyətini, **layihənin yekun qiyməti** isə konkret layihənin bütün nəzərə alınan parametrlər üzrə əldə etdiyi ümumi qiymətləndirmə nəticəsini ifadə edir. Yekun qiymət layihənin digər alternativlərlə müqayisəsində istifadə olunur və layihələrin reytinqinin formalaşdırılmasına imkan verir.

Layihələrin qiymətləndirilməsi üçün çəkili cəm metodundan (Weighted Sum Model — WSM) istifadə etmək mümkündür. Bu metodda hər bir layihənin ayrı-ayrı parametrlər üzrə qiymətləri müvafiq çəki əmsallarına vurulur və alınmış nəticələr toplanır. Beləliklə, layihənin ümumi qiymətləndirmə göstəricisi hesablanır.
Qiymətləndirmə modelini formal şəkildə ifadə etmək üçün aşağıdakı işarələmələri qəbul edək:

- (m) — axtarış nəticəsində əldə olunmuş layihələrin sayı;
- (n) — qiymətləndirmədə istifadə olunan parametrlərin sayı;
- X_{ij}— (i)-ci layihənin (j)-ci parametr üzrə qiyməti;
- W_j — (j)-ci parametrin çəki əmsalı;
- S_i— (i)-ci layihənin yekun qiyməti.

Çəki əmsallarının normallaşdırılmış formada təyin edildiyi halda onların cəmi vahidə bərabər olmalıdır:

$$\sum_{j-1}^{n} W_j = 1$$

$$X_{ij}=\begin{cases} 1, əgər\ i-ci\ layihənin\ j-cu\ qiyməti\ məlumdur \\ 0, əgər\ i-ci\ layihənin\ j-cu\ qiyməti\ məlum\ deyil \end{cases}$$

Bu şərt çəki əmsallarının ümumi qiymətləndirmə daxilində nisbi əhəmiyyətini ifadə etməyə imkan verir. Çəki əmsallarının konkret qiymətləri layihə tapşırığının xüsusiyyətlərinə, texniki

tələblərə və qiymətləndirmə meyarlarının əhəmiyyətinə uyğun müəyyənləşdirilir.

Layihə həllərinin parametrlər üzrə göstəriciləri müqayisə edilə bilən qiymətlər şəklində təqdim edildikdən sonra (i)-ci layihənin yekun qiyməti aşağıdakı düsturla hesablana bilər:

$$S_i=\sum_{j-1}^{n} W_j X_{ij}$$

burada (X_{ij}) — (i)-ci layihənin (j)-ci parametr üzrə normallaşdırılmış qiymətidir.

Hazır layihə həlləri bazasında axtarış alqoritmi. Hazır layihə həlləri bazasında axtarış və qiymətləndirmə prosesi bir-biri ilə əlaqəli mərhələlərdən ibarətdir. Prosesin əsas məqsədi layihə tapşırığının tələblərinə uyğun alternativlərin müəyyənləşdirilməsi, onların qiymətləndirilməsi və nəticələrin layihəçi agentin qərar qəbul etməsi üçün təqdim olunmasıdır.

Alqoritmin əsas mərhələləri aşağıdakılardır:

1. Layihə tapşırığına uyğun axtarış parametrlərinin müəyyən edilməsi və axtarış agentinə təqdim olunması.
2. Qiymətləndirmədə istifadə olunacaq parametrlərin çəki əmsallarının sistemə daxil edilməsi.
3. Müəyyən edilmiş parametrlər əsasında layihə həlləri bazasında axtarışın aparılması.
4. Axtarış nəticəsində tapılmış layihə həllərinin sonrakı emal və qiymətləndirmə üçün ayrılması və zəruri olduqda müvafiq nəticələr bazasına köçürülməsi.
5. Layihə həllərinin parametrlər üzrə göstəricilərinin əldə edilməsi və müqayisəyə hazırlanması.
6. Zəruri hallarda parametr qiymətlərinin normallaşdırılması və çəki əmsallarının tətbiqi.
7. Hər bir layihənin yekun qiymətinin hesablanması.
8. Tapılmış layihə həllərinin qrafik təsvirlərinin ekrana çıxarılması və onların vizual müqayisəsinin təmin edilməsi.
9. Yekun qiymətlərə əsasən layihə həllərinin sıralanması və daha yüksək qiymətləndirmə göstəricisinə malik alternativlərin müəyyənləşdirilməsi.

10. Seçilmiş layihə həllərinin bütün zəruri parametrlərinin istifadəçiyə və ya layihəçi agentə təqdim olunması.

11. Seçilmiş alternativin texniki tələblərə uyğunluğunun və tətbiq imkanlarının qiymətləndirilməsi.

12. Qiymətləndirmə nəticələrinə əsasən layihəçi agent tərəfindən qərarın hazırlanması.

Bu alqoritmdə axtarış və qiymətləndirmə mərhələləri funksional baxımdan fərqləndirilir. Axtarış mərhələsi tələblərə uyğun alternativləri müəyyənləşdirir, qiymətləndirmə mərhələsi isə həmin alternativlərin nisbi üstünlüklərini hesablayır. Qrafik təsvirlərin təqdim edilməsi layihəçinin seçim prosesini asanlaşdırır. Son mərhələdə seçilmiş layihənin tətbiq imkanları müəyyənləşdirilir və layihələndirmə tapşırığının tələblərinə uyğunluğu nəzərdən keçirilir.

Kompüter şəbəkələrində layihə həllərinin axtarılması alqoritmi. Layihə həllərinin daxili bazada mövcud olmadığı və ya əlavə alternativlərə ehtiyac yarandığı hallarda kompüter şəbəkələri vasitəsilə axtarışın təşkili nəzərdə tutula bilər. Bu istiqamət layihə həlləri bazasının genişləndirilməsinə və əlavə informasiya mənbələrindən istifadə olunmasına imkan yaradır.

Şəbəkədə layihə həllərinin axtarılması alqoritmi aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir:

1. Şəbəkədə axtarışın aparılması üçün tapşırığın formalaşdırılması.

2. Tapşırığın sistemin müvafiq mexanizmi vasitəsilə şəbəkə axtarışına ötürülməsi.

3. Layihə həllərinin tapşırıqda müəyyən edilmiş parametrlərə uyğun axtarılması.

4. Əldə olunmuş nəticələrin ilkin yoxlanılması və layihə həlləri haqqında məlumatların strukturlaşdırılması.

5. Şəbəkədən tapılmış layihə həllərinin daxili bazaya və ya qiymətləndirmə üçün nəzərdə tutulmuş məlumatlar toplusuna daxil edilməsi.

6. Daxili layihə həlləri bazasında axtarış və qiymətləndirmə alqoritminin tətbiq edilməsi.

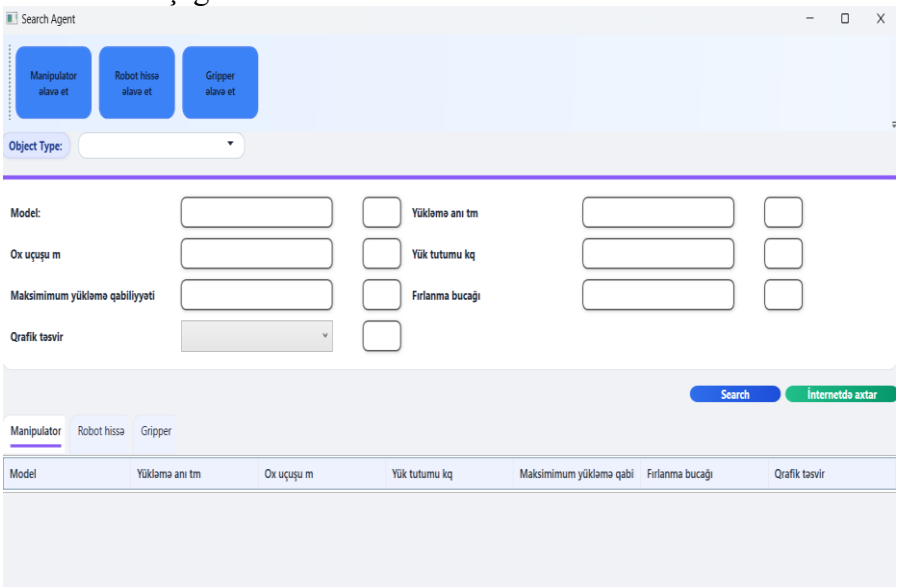
7. Uyğun layihə həllərinin yekun qiymətlərinin hesablanması, sıralanması və layihəçi agentə təqdim olunması.

Bu yanaşmada şəbəkə axtarışı ilə daxili bazada qiymətləndirmə prosesi vahid ardıcıllıqda birləşdirilir.

Axtarış agenti proqramı müasir texnologiyalar əsasında, və relyasiyalı verilənlər bazası strukturunda yaradılmış bir proqram təminatıdır. Dissertasiya işində yaradılmış axtarış agentinin proqram təminatı haqqında məlumatlar bir neçə hissədə təqdim olunur.

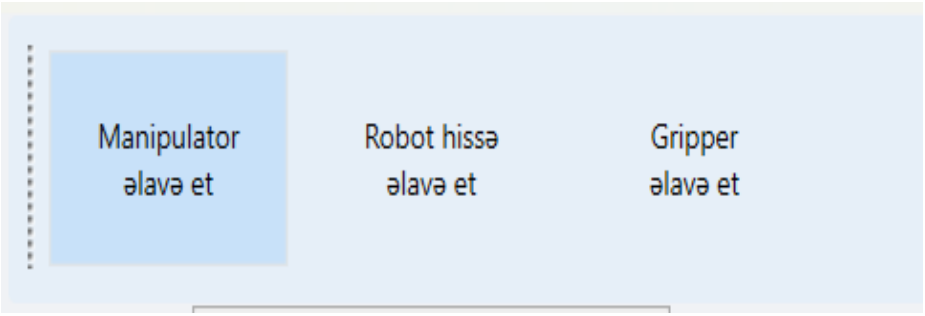
1. İlk növbədə vizual olaraq proqram təminatından istifadə qaydası və tanışlıq
2. Proqram təminatının hazırlanmasında istifadə olunan texnologiyalar haqqında məlumat
3. Proqram təminatının baza strukturu

Vizual olaraq proqram təminatından istifadə qaydası və tanışlıq. Hər bir hissə üzrə isə ayrıca axtarış və məlumatların daxil edilməsi, düzəliş edilməsi və silinməsi funksionallıqları mövcuddur. Əsas ekran aşağıdakı kimidir:



Şəkil 6. Əsas ekranın vizual görünüşü.

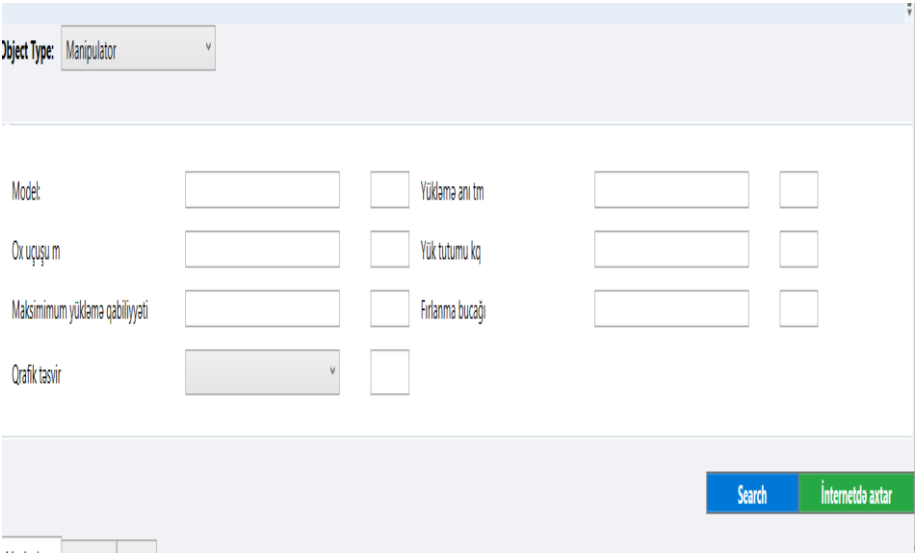
Əsas ekran bir neçə hissədən ibarətdir.
İlk öncə yuxarıda gördüyümüz düymələr (button):



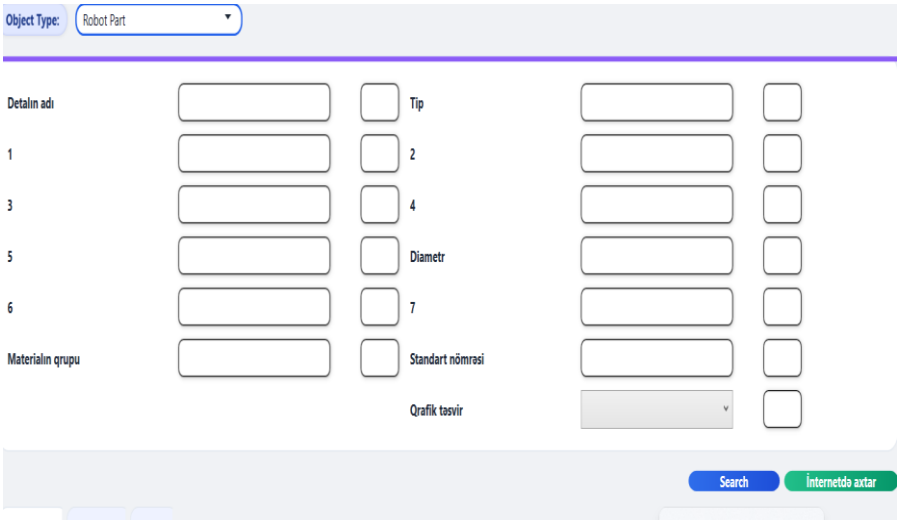
Hər bir düymə üzrə uyğun əməliyyatlar icra olunur. Sistemə yeni məlumatların daxil edilməsi üçün yaradılmış müvafiq ekran açılır:

- Manipulator əlavə et
- Robot hissə əlavə et
- Gripper(tutucu) əlavə et

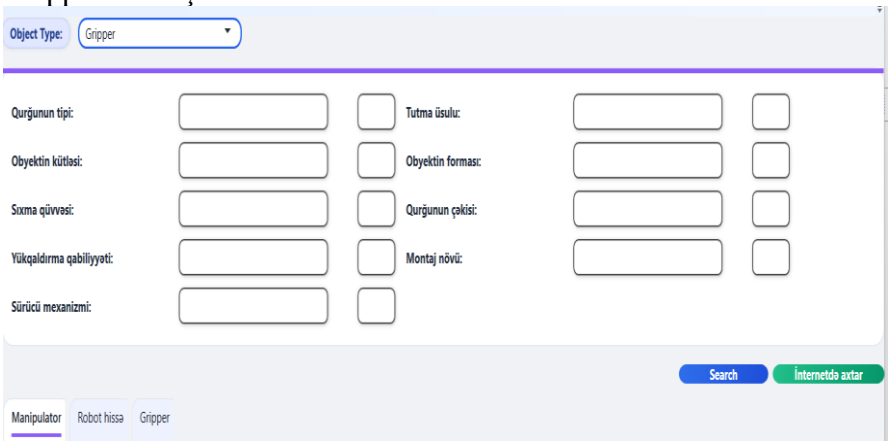
Növbəti hissə filtr etmək üçün olan hissədir.



Yuxarıdakı şəkildə manipulator axtarış filtri əks olunub.
Robot hissələrin filtri:

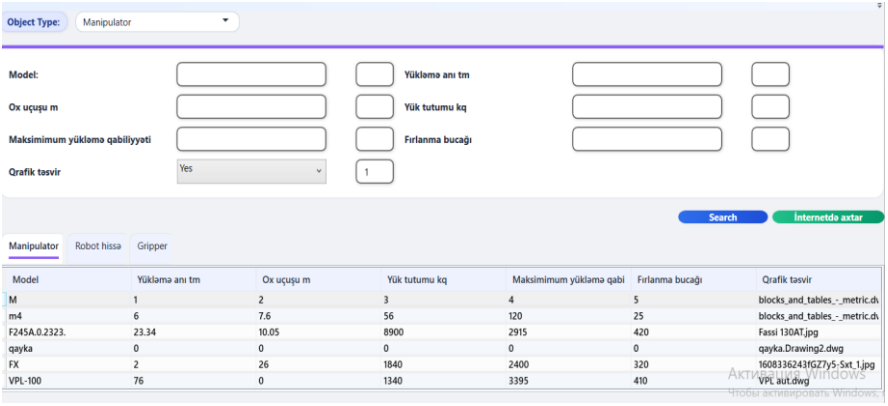


Gripper axtarış filtri

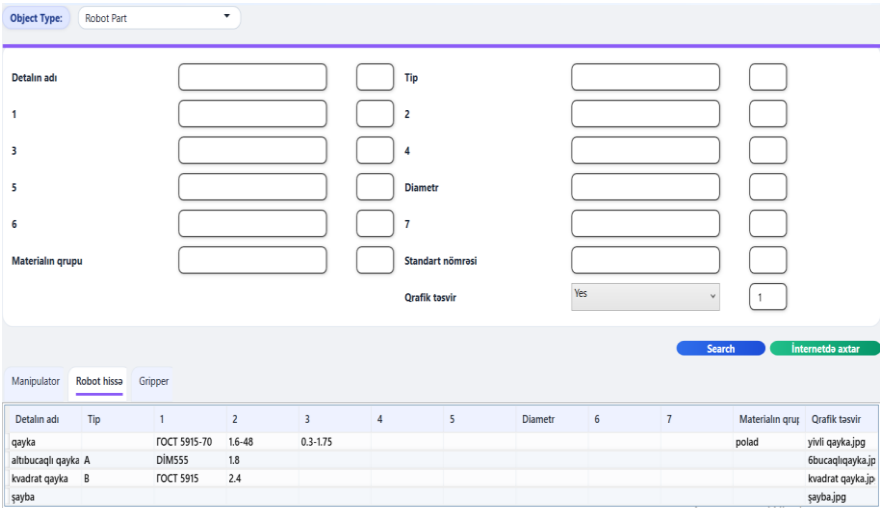


Fİltrlərdə daxil edilən məlumatlara uyğun olaraq isə verilənlər axtarılır və cədvəl şəklində ekranda göstərilir.

Nümunə olaraq aşağıdakı filtrdə qrafik təsvir daxil olunan manipulyatorların siyahısı göstərilir:



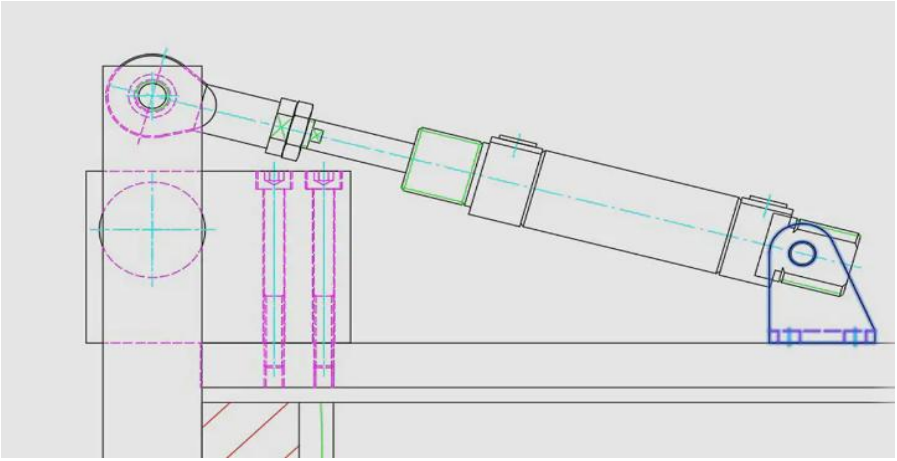
Robot hissə və Gripperlərdə də eyni formada cədvəl şəklində verilənlər əks olunur.



Axtarış agentinin digər üstünlükləri:
1- Qrafik təsvirin mövcudluğu;

Axtarış agenti proqramının daha bir üstünlüyü ondadır ki, məlumatların yalnız cədvəl formasında təsviri deyil, eyni zamanda visual qrafik şəkilləri də əlavə etmək və həmin qrafik şəkllərə baxmaq imkanı da verir.

2. AutoCAD faylları üzərində əməliyyatlar



AutoCAD faylları birbaşa proqram yükləyərək, daha sonra həmin faylları AutoCAD-da açıb redaktə etmək və ya baxmaq imkanı yaradır.

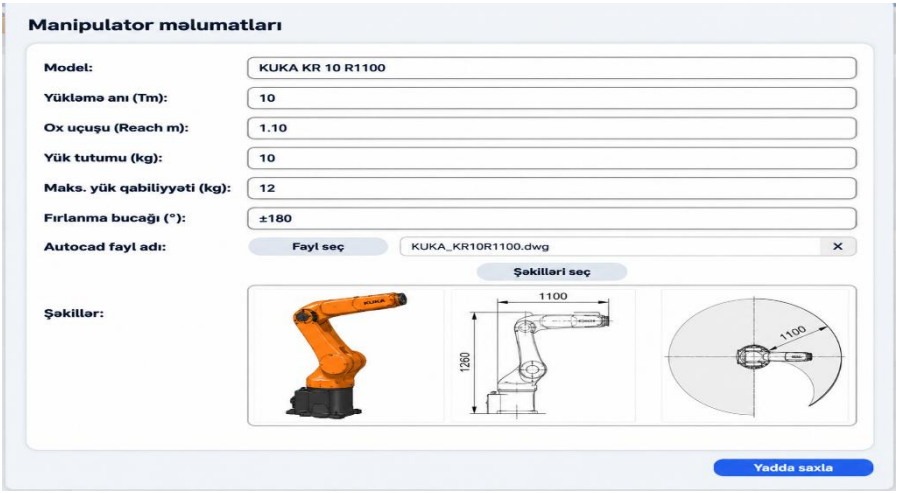
3.İnternetdə layihə həllərinin axtarış imkanı

Birbaşa internetdə məlumatların axtarılması imkanı mövcuddur.

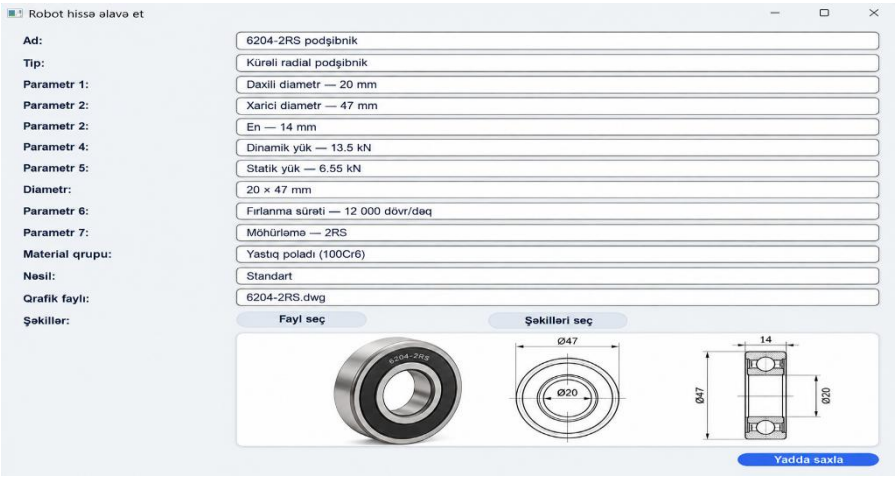
Axtarış sistemi, filtr ekranlarında daxil edilmiş verilənlər əsasında aparılır. Hər bir verilənin özünün bir prioritet dərəcəsi mövcuddur. Prioritet dərəcəsi yüksək olan parametrə uyğun gələn verilənlər ilk öncə göstərilir, daha sonra prioritet dərəcələrinə görə sıralanır.

Qısa olaraq, yeni məlumat daxil edilməsi ekranları haqqında da məlumatlar aşağıdakı kimidir:

Yeni məlumat daxil edilmə ekranları.Yeni manipulyator:



Yeni Robot hissə:



Yeni sıxıcılar (Gripper)



Proqram təminatında aşağıdakı texnologiyalardan istifadə edilmişdir: Proqram təminatının yazılması üçün əsas layihə mühiti kimi Visual Studio 2022 Enterprise seçilmişdir. Layihə C# proqramlaşdırma dili və .NET platforması üzərində qurulmuşdur, istifadəçi interfeysi isə WPF (Windows Presentation Foundation) texnologiyası vasitəsilə hazırlanmışdır. Məlumatların saxlanması və idarə olunması üçün Microsoft SQL Server verilənlər bazası tətbiq edilmiş, onunla əlaqə Entity Framework Core ORM texnologiyası vasitəsilə təmin olunmuşdur. İstifadəçi interfeysində vizual elementlərin tərtibi üçün XAML işlədilmiş, qrafik təsvirlərin əlavə olunması və gələcəkdə AutoCAD inteqrasiyası üçün imkan yaradılmışdır.

Bazada yazılan məlumatları izləmək və idarə etmək üçün Microsoft SQL Server Management Studio (SSMS) istifadə olunur.

Dissertasiya işinin nəticəsində mövzuya uyğun olaraq aparılmış tədqiqatların nəticələri şərh edilmişdir.

DİSSERTASİYA İŞİNİN NƏTİCƏLƏRİ

Dissertasiya işində yerinə yetirilmiş elmi-tədqiqat işlərinin nəticəsində aşağıdakı ümumi nəticələr alınmışdır:

1. Müasir avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinin (CAD sistemləri) analizi və tədqiqi göstərir ki, onların müxtəlif predmet sahələrinə tətbiqində çatışmazlıqlar vardır və eyni zamanda belə sistemlərin yaradılmasının ümumiləşdirilmiş mükəmməl nəzəriyyəsi işlənməmişdir.

2. Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, intellektuallığın yüksəldilməsi məqsədilə istifadə olunan süni intellekt elementlərinin, həmçinin digər intellektual vasitələrin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə proseslərinə tətbiqində çatışmazlıqlar vardır. Bu baxımdan agent texnologiyasının və multiagent sistemlərin layihələndirmə prosesinə tətbiqi imkanları öyrənilmiş və həlli yolları tədqiq edilmişdir.

3. Tətbiq sahəsi kimi götürülmüş çevik istehsal sistemlərinin avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsini təmin etmək məqsədilə agentyönümlü çoxkomponentli avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin arxitekturası işlənmişdir.

4. Agentyönümlü layihələndirmə sistemləri üçün paylanmış biliklər bazasının quruluşu təyin edilmiş və biliklər bazasının təşkili məsələlərinə baxılmışdır.

5. Çevik istehsal sistemin tərkib hissəsi olan qeyri-standart element və konstruksiyalarının multiagent sisteminin tətbiqi ilə layihələndirilməsi alqoritmi işlənmişdir.

6. Layihə əməliyyatlarını və layihə proseduralarını, ümumi halda texniki obyektin avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsini yerinə yetirən layihəçi-agent işlənmişdir.

DISSERTASİYANIN ƏSAS MÜDDƏALARI AŞAĞIDAKI ELMİ İŞLƏRDƏ DƏRC EDİLMİŞDİR:

1. Hüseynov, A.H., Məmmədova, M.R. Avtomatlaş-dırılmış layihələndirmədə agentyönümlü əlavələrin işlənmə sistemlərin arxitekturasının təyini. SDU Elmi xəbərlər Təbiət və texniki elmlər bölməsi, Sumqayıt, 2011, №3, s.103-109
2. Hüseynov, A.H., Əliyeva, A.Q., Məmmədova, M.R. ÇİS-lərin və onun elementlərinin idarə sistemi üçün produksiyalar bazasının işlənməsi və onların təsnifatı. SDU Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi, Sumqayıt, 2012, №-1, s.99-104

3. Məmmədov, C.F., Gəncəliyeva, G.Q., Orucova, G.E., Məmmədova, M.R. Sumqayıt Dövlət Universitetində elmi-texnoloji parkın profillərinin və arxitekturasının seçilməsi. SDU Elmi xəbərlər Təbiət və texniki elmlər bölməsi, Sumqayıt, 2012, s.39-43
4. Əhmədov, M.A., Əhmədova, S.M., Məmmədova, M.R. Mürəkkəb istehsal sistemlərinin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqinin analizi. "Avtomatika və idarəetmənin müasir problemləri" Respublika elmi-praktik konfransı, AzTU, Bakı, 2012, s.121-124.
5. Мамедов, Дж.Ф., Ахмедова, С.М., Джафарова, Ш.М., Мамедова, М.Р. Разработка алгоритмического обеспечения функционального исследования системы управления гибкого производственного участка. II Международная научно-практическая конференция, г.Красноярск, 2015, №22, с.21-23
6. Məmmədov, C.F., Tağıyeva, T.A., Orucova, G.E., Məmmədova, M.R. Layihə prosedurlarının avtomatlaşdırılması üçün kompleks mühəndis əməliyyatlarının tətbiqi. Azərbaycan Texniki Universitetinin Elmi əsərləri. Texnika elmləri bölməsi. 2016. №1, s.168-171
7. Hüseynov, A.H., Məmmədova, M.R., Nərimanova, R.O. Çoxagentli texnologiyanın avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinə tətbiqinin analizi. Riyaziyyatın tətbiq sahələri və yeni informasiya texnologiyaları III Respublika elmi konfransı, Sumqayıt, 2016, s.312-313
8. Мамедова, М.Р. Интеллектуального многоагентного система моделирование технических объектов. «Уфимский государственный нефтяной технический университет» // Международная научно-техническая конференция аспирантов и молодых ученых «Наука. Технология. Производство», г. Салават, 2017, с.299-301.
9. Səlimova, M.R., İbrahimova, P.Ə. Avtomatlaşdirilmiş layihələndirmədə agent yönümlü əlavənin işlənmə texnologiyası. İnformasiya sistemləri və texnologiyalar nailiyyətlər və perspektivlər beynəlxalq elmi konfransin materiallari,Sumqayıt. 2018, s.381-383

10. Səlimova, M.R., İbrahimova, P.Ə. Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərində paylanmış biliklər bazasından istifadənin tədqiqi. Tətbiqi fizika və energetikanın aktual məsələləri, Beynəlxalq Elmi konfransın materialları, Sumqayıt. 2018 , s.389-391.
11. Səlimova, M.R. Obyektyönlü proqramlaşdırma dilinin tətbiqi ilə multiagent sistemlərin layihələndirilməsinin bəzi aspektləri. Doktorantlarin və gənc tədqiqatçilarin XXIII respublika elmi konfransinin materialları, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, Bakı, 2019, s.227-229.
12. Səlimova, M.R. Unifikasiyalı modelləşdirmə dilinin tətbiqi ilə multiagent sistemlərin layihələndirilməsinin bəzi aspektləri. SDU Elmi xəbərlər Təbiət və texniki elmlər bölməsi, Sumqayıt, 2019, №4, s.86-91.
13. Hüseynov, A.H., Səlimova, M.R.. Distant təhsilin təşkili üçün multiagent proqramların işlənməsi. İnformasiya sistemləri və texnologiyalar nailiyyətlər və perspektivlər II beynəlxalq elmi konfrans,Sumqayıt, 2020, s. 172-174.
14. Səlimova, M.R.. Qlobal şəbəkə istifadəçilərinin davranışlarının approksimasiyası üçün multiagent sistemin arxitekturasının işlənməsi. İnformasiya sistemləri və texnologiyalar nailiyyətlər və perspektivlər II beynəlxalq elmi konfrans, Sumqayıt, 2020, s.272-275.
15. Səlimova, M.R.. Agent texnologiyalarının metodologiyası və standartlaşdırılmasının bəzi məsələləri. Riyaziyyatın tətbiq sahələri və yeni informasiya texnologiyaları IV Respublika elmi konfransı, Sumqayıt, 2021, s.165-166.
16. Səlimova, M.R. Proqram agentlərinin yaradılması üçün proqramlaşdırma dilləri və proqram paketlərinin tətbiqi.SDU Elmi xəbərlər, Təbiət və texniki elmlər bölməsi, Sumqayıt, 2021, №4, s.86-90.
17. Mammadov, C.F., Huseynov, A.H., Hasanova, Y.M., Salimova, M.R. Algorithmic and mathematical support for topology research of the corporative networks. Advanced Mathematical Models & Applications, 2022, №1, p.85-92

18. Hüseynov, A.H., Səlimova, M.R. Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinin paylaşılmış heterogen verilənlər bazalarına əsaslanan biliklər bazasının təşkili üçün multiagent sistemin işlənməsi. SDU Elmi xəbərlər Təbiət və texniki elmlər bölməsi, Sumqayıt, 2022, №3. S.60-65.
19. Гусейнов, А.Г., Салимова, М.Р. Агентно-ориентированный подход к проектированию гибких производственных систем. Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика.2022, №4. S.35-41.
20. Hüseynov, A.H., Talıbov, N.H., Səlimova, M.R. Multiagent texnologiyaların istifadəçi interfeysinə tətbiqi məsələlərinin analizi. "İnsan-kompüter qarşılıqlı əlaqəsi" beynəlxalq Şərq konfransının materialları, II beynəlxalq elmi konfrans, Naxçıvan, 2022, s.108-110.
21. Səlimova, M.R. Multiagent sistemlərdə riyazi model və riyazi modelləşdirmə anlayışı. İnformasiya sistemləri və texnologiyalar nailiyyətlər və perspektivlər III beynəlxalq elmi konfransı (08-09 dekabr 2022-ci il), Sumqayıt, 2022, s.347-348.
22. Hüseynov, A.H., Səlimova, M.R., Cavadova, S.R. Maşınqayırma detallarının çoxagentli avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin case texnologiyaya əsaslanmaqla təşkili. SDU Elmi xəbərlər Texniki elmlər bölməsi, Sumqayıt, 2023. №4. Səh.81-87.
23. Səlimova, M.R. Multiagent sistemlərin tətbiqi ilə texniki qərarların qəbul edilməsi. Dayanıqlı enerji sistemləri və qlobal enerji təhlükəsizliyi: Çağırışlar və imkanlar Beynəlxalq elmi konfransı. Sumqayıt, 2025. S.300-302
24. Səlimova, M.R. Şəbəkələrdə informasiyanın axtarışı agentlərinin təşkili üsulları. Dayanıqlı enerji sistemləri və qlobal enerji təhlükəsizliyi: Çağırışlar və imkanlar Beynəlxalq elmi konfransı. Sumqayıt, 2025. S.302-304
25. Hüseynov, A.H., Səlimova, M.R., Hüseynzadə, A.E., Məmmədli, A.M. Multiagent sistemlərin müasir vəziyyətinin tədqiqi və analizi. SDU Elmi xəbərlər Texniki elmlər bölməsi, Sumqayıt. 2026. №2. Səh.69-74.

Dissertasiyanın müdafiəsi 01 dekabr 2026-cı il tarixdə saat 14.00-da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.48 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 1010, Bakı şəhəri, Azadlıq prospekti 20, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Dissertasiya ilə Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Avtoreferatın elektron versiyası Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 31 oktyabr 2026-cı il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb. 13.10.2026-cı il
Kağız formatı: A5
Həcm: 48080
Tiraj: 100