

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**ÇEVİK İSTEHSAL SİSTEMİNİN İMITASIYA
MODELLƏŞDİRİLMƏSİ VƏ PETRİ ŞƏBƏKƏSİ İLƏ
TƏDQIQI**

İxtisas: 3338.01 – Sistemli analiz, idarəetmə və informasiyanın
işlənməsi

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Svetlana Məhərrəm qızı Əhmədova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim olunmuş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Sumqayıt – 2021


Dissertasiya işi Sumqayıt Dövlət Universitetinin
İnformasiya texnologiyaları və proqramlaşdırma kafedrasında yerinə
yeterilmişdir.

Elmi rəhbər: texnika elmləri doktoru, professor
Məhəmməd Aydın oğlu Əhmədov

Rəsmi opponentlər: texnika elmləri doktoru, dosent
Mehriban İsa qızı Fətahova
texnika elmləri doktoru, professor
Ramin Rza oğlu Rzayev
texnika elmləri üzrə fəlsəfə doktoru,
dosent
Nazilə Əli qızı Rəhimova

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya
Komissiyasının Sumqayıt Dövlət Universitetinin nəzdində fəaliyyət
göstərən FD 2.25 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri: texnika elmləri doktoru, professor
 **Aqil Həmid oğlu Hüseynov**

Dissertasiya şurasının elmi katibi: texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
 **Turqay Kilim oğlu Hüseynov**

Elmi seminarın sədri: texnika elmləri doktoru, professor
 **Valeh Azad oğlu Mustafayev**



ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Məlum olduğu kimi obyektlərin klassik layihələndirmə strukturu aşağıdakı əsas mərhələlərdən ibarətdir: planlaşdırma, elmi-tədqiqat işləri, layihələndirmə, obyektin istehsalı, sınağı və istismarı.

Təcrübə göstərir ki, layihələndirilən obyektin istismarda olma müddəti (“yaşama müddəti”) əsaslı şəkildə istismara qədər olan mərhələlərin yerinə yetirilmə müddətindən asılıdır. Elm və texnikanın müasir səviyyəsi, eyni zamanda informasiya – kommunikasiya texnologiyalarının bütün sahələrdə geniş istifadəsi, layihələndirilmə prosesinin bütün mərhələlərinin qismən və ya tam şəkildə avtomatlaşdırılmasına imkan verir. Odur ki, istismara qədər olan layihələndirmə mərhələlərində avtomatlaşdırma üsullarının səmərəli istifadəsi son nəticədə layihələndirilən obyektin “yaşama müddətini” əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldəcəkdir.

Mürəkkəb xarakterli obyektlərin, o cümlədən həmin kateqoriyaya aid edilən çevik istehsal sistemlərinin (ÇİS) layihələndirmə təcrübəsi göstərir ki, göstərilən hal onların real obyektlərdə tətbiqində daha da qabarıq şəkildə özünü göstərir. Bu onunla əsaslandırılır ki, ÇİS-lər çoxlu sayda qarşılıqlı əlaqəli dinamik mexatron qurğular toplusu olmaqla son məqsədə nail olmaq üçün real vaxt rejimində fəaliyyət göstərməlidirlər. Odur ki, ilkin layihələndirmə mərhələlərində layihə edənlərin ideyaları son nəticədə natural realizə edilən fiziki modellərin tətbiqində özlərini doğrultmurlar, bu da təkrar layihələndirməyə istifadə olunan xərcləri və layihələndirmə mərhələlərinin müddətlərini artırır. Bəzi hallarda layihələndirmə müddətlərinin süni şəkildə artırılması nəticəsində layihələndirilən obyektin istismar müddətinə qədər fiziki və mənəvi cəhətdən “qocalması” baş verir.

Problemin həllinin səmərəli və perspektivli istiqamətlərindən biri kimi layihələndirilən obyektin ilkin layihələndirmə mərhələsində müasir modelləşdirmə üsulları və kompüter eksperimentləri ilə tədqiq edilməsi və obyektin layihələndirilməsinin məqsədəuyğunluğunun qiymətləndirilməsidir.

Bu nöqteyi-nəzərdən dissertasiya işinin mövzusunun aktual problemin həllinə həsr olunduğunu göstərmək olar.

İşin məqsədi müstəvi səthli xammalı təbəqələrə, təbəqələri vərəqlərə doğrayan, vərəqin üz səthini mexaniki təmizləyən çevik istehsal sisteminin ilkin layihələndirmə mərhələsində yaradılmasının məqsədəuyğunluğunun qiymətləndirilməsinin imitasiya modelləşdirilməsi (İM) ilə tədqiqi, imitasiyanın nəticələrinin animasiya üsulları ilə, idarədilməsinin Petri şəbəkəsi ilə təsviri və real obyektə fəaliyyətinin idarəetmə alqoritminin işlənməsidir.

Bu məqsədə nail olmaq üçün dissertasiya işində aşağıdakı həlli tələb edilən vəzifələr müəyyən edilmişdir:

✓ İstehsal sisteminin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqinin ümumləşdirilmiş avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasının işlənməsi;

✓ ÇİS-in avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsinə qoyulan tələbatların təyini, tədqiqi üçün imitasiya modelləşdirilməsi sisteminin seçilməsi və yerinə yetiriləcək funksiyaların müəyyən edilməsi;

✓ Tədqiqat obyektini kimi seçilmiş xammalı təbəqələrə, təbəqələri vərəqlərə doğrayan və üz səthini təmizləyən istehsal sahəsinin konseptual modelinin, ÇİS-in struktur-kinematik sxeminin və imitasiya modelinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasının işlənməsi;

✓ ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsinin verilənlər, biliklər və animasiya təsvirləri bazalarının yaradılması, kompüter eksperimentlərinin aparılması və nəticələrin animasiya üsulları ilə təsviri;

✓ ÇİS-in imitasiya modelinin Petri şəbəkəsinin elementləri ilə yaradılması və idarədilməsinin nəticələrinin zaman Petri şəbəkəsi ilə təsviri;

✓ ÇİS-in idarəetmə sisteminin verilənlər və produksiya qaydaları şəklində biliklər bazalarının yaradılması və imitasiya modelləşdirilməsinin nəticələrinin ÇİS-in fiziki modelinin avtomatik idarədilməsinə tətbiqi alqoritminin işlənməsi;

Tədqiqatın metodları. İşdə qarşıya qoyulmuş vəzifələri həll etmək üçün müasir modelləşdirmə üsullarından, o cümlədən mürəkkəb diskret sistemlərin tədqiqi üçün İM aparatından, süni intellekt elementlərindən, verilənlərin, biliklərin təsviri üsullarından, avtomatlaşdırılmış və avtomatik idarəetmə nəzəriyyəsi üsullarından və Petri şəbəkəsi nəzəriyyəsindən istifadə edilmişdir.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar aşağıdakılardır:

✓ İlk layihələndirmə mərhələsində mürəkkəb diskret istehsal sistemlərinin layihələndirmə mərhələlərinin səmərəliliyinin yüksəldilməsi məqsədi ilə sistemin yaradılmasının məqsədəuyğunluğunun qiymətləndirilməsinin əsaslandırılması;

✓ Mürəkkəb diskret istehsal sisteminin İM ilə tədqiqinin ALA-nın ümumiləşdirilmiş arxitekturasının işlənməsi;

✓ Tədqiqat obyektini kimi seçilmiş xammal təbəqələrə, təbəqələri vərəqlərə doğrayan və vərəqin üz səthini təmizləyən ÇİS-in konseptual modelinin və struktur-kinematik sxeminin işlənməsi;

✓ ÇİS-in İM aparatı kimi РДО(Ресурсы-Действия-Операции) mühitində fəaliyyət göstərən RAO-studio (Resources-Actions-Operations-studio) proqram kompleksinin seçilməsinin əsaslandırılması və onun əsasında təklif edilmiş və işlənmiş İM-in ALA-nın arxitekturasının işlənməsi;

✓ ÇİS-in İM-in alqoritminin işlənməsi;

✓ ÇİS-in İM-in verilənlər, biliklər, animasiya bazalarının yaradılması ilə kompüter eksperimentlərinin yerinə yetirilməsinin işlənməsi və imitasiyanın nəticələrinin animasiyası;

✓ ÇİS-in İM-in Petri şəbəkəsinin elementləri ilə yaradılması və idarəedilməsinin nəticələrinin zaman Petri şəbəkəsi ilə təsviri;

✓ ÇİS-in İM-in nəticələrinin onun idarəedilməsində tətbiqi üçün verilənlər və biliklər bazalarının yaradılması və idarə alqoritminin işlənməsi;

Elmi yeniliklər. Dissertasiya işinin elmi yenilikləri kimi aşağıdakıları göstərmək olar:

✓ Mürəkkəb diskret istehsal sistemlərinin İM ilə tədqiqi üçün ALA –nın arxitekturası təklif edilmiş və işlənmişdir;

✓ Mürəkkəb diskret istehsal sistemləri kateqoriyasına aid edilən ÇİS-in avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsinə qoyulan tələblər təyin edilmiş, İM aparatı kimi PİO mühitində fəaliyyət göstərən RAO-studio proqram kompleksinin seçilməsi əsaslandırılmışdır;

✓ İlk layihələndirmə mərhələsində ÇİS-in yaradılmasının məqsədəuyğunluğunun qiymətləndirilməsinin İM ilə tədqiqi əsaslandırılmış, ÇİS-in imitasiya modelinin arxitekturası təklif edilmiş və işlənmişdir;

✓ Tədqiqat obyektini kimi seçilmiş xammal təbəqələrə, təbəqələri vərəqlərə doğrayan və vərəqin üz səthini təmizləyən ÇİS-in İM kompüter eksperimentləri ilə tədqiq edilmiş, imitasiyanın nəticələri animasiya üsulları ilə təsvir edilmişdir;

✓ ÇİS-in İM Petri şəbəkəsinin elementləri ilə yaradılmış və idarəedilməsinin nəticələri zaman Petri şəbəkəsi ilə təsvir edilmişdir;

✓ İM-in nəticələrinin real vaxt rejimində fəaliyyət göstərən ÇİS-in avtomatik idarəedilməsinə tətbiqi üçün verilənlər və produksiya qaydaları şəklində biliklər bazaları yaradılmış və idarə alqoritmi işlənmişdir.

İşin praktiki əhəmiyyəti və nəticələrin tətbiqi. Müxtəlif təyinatlı mürəkkəb diskret xarakterli sistemlərin layihələndirmə mərhələlərinin səmərəliliyinin yüksəldilməsində, ilkin layihələndirmə mərhələlərində yeni layihələndirilən obyektlərin yaradılmasının məqsədəuyğunluğunun qiymətləndirilməsində, İM üsullarından istifadə etməklə kompüter eksperimentlərinin yerinə yetirilməsində və diskret xarakterli proseslərin avtomatik və ya avtomatlaşdırılmış idarəetmə alqoritmlərinin işlənməsində, dissertasiya işində alınmış nəticələr müvəffəqiyyətlə istifadə oluna bilər. Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin 04.09.2014-cü il tarixli 962 sayılı əmri ilə nəşr hüququ təsdiq edilmiş “Kompüter modelləşdirilməsinin nəticələrinin animasiya metodları ilə tədqiqi” metodik vəsaiti əsasında dissertasiya işinin nəticələri Sumqayıt Dövlət Universitetinin Mühəndislik fakültəsində laboratoriya işlərinin və magistr dissertasiyalarının yerinə yetirilməsində istifadə olunaraq tətbiq edilmişdir.

İşin aprobasiyası. Dissertasiyada yerinə yetirilmiş elmi tədqiqatların nəticələri Beynəlxalq və Respublika səviyyəli konfrans və simpoziumlarda məruzə edilmiş və müzakirə olunmuşdur: Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları. Respublika elmi konfransı (Sumqayıt-2007); VII Mezinarodni vedecko-prakticka conference.Aktualni vymozenosti(Praha-27.06.2011– 05.07.2011); Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları II Respublika elmi konfransı.(Sumqayıt,27-28 noyabr 2012); Avtomatika və idarəetmənin müasir problemləri. Respublika elmi-praktik konfransı (dekabr, 2012-ci il „AzTU“); II научно-практической конференции «Новые технологии и проблемы технических наук» (Красноярск, 10 октября, 2015); İqtisadiyyatın davamlı inkişafı problemləri, perspektivlər, Beynəlxalq elmi konfrans (Sumqayıt,27-28 aprel 2016);Прикладная наука как инструмент развития нефтехимических производств- Международная научно-практическая конференция посвященной дню Химики и 40-летию кафедры химико-технологических процессов филиала Уфимского государственного нефтяного технического университета в г.Салавате (Уфа-2017); Tətbiqi fizika və energetikanın aktual məsələləri.Beynəlxalq elmi konfrans (Sumqayıt–2018); 62-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета (Астрахан, 23 -27 апреля 2018 года); İnformasiya sistemləri və texnologiyalar nailiyyətlər və perspektivlər beynəlxalq elmi konfrans (15-16 noyabr 2018, Sumqayıt –2018); Научно-практическая конференция с международным участием "Инженерные системы - 2019"(Москва, 03-05 апреля 2019 г) ; САПР и моделирование в современной электронике. III Международная научно-практическая конференция (Брянск, 24-25 октября 2019).

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Sumqayıt Dövlət Universitetinin İnformasiya texnologiyaları və proqramlaşdırma kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Müəllifin şəxsi iştirakı. Müəllif tərəfindən tədqiqatın əsas məqsədləri və onlara nail olmaq üçün qoyulan məsələlər göstərilmişdir, tədqiqatların istiqamətləri müəyyən olunmuşdur.

Mürəkkəb istehsal sistemlərinin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqi və nəticələrin animasiya üsulları ilə təsviri ideyası verilmiş, çevik istehsal sahəsinin idarəetmə sisteminin funksional tədqiqinin alqoritminin realizasiyası həyata keçirilmiş, xammalı tələb olunan ölçülərdə doğranılması çevik istehsal modulunun idarə edilməsinin produksiya qaydaları biliklər bazasının işlənmişdir. RAO-studio proqram kompleksindən istifadə etməklə çevik istehsal sisteminin imitasiya modelləşdirilməsi alqoritm, mürəkkəb xarakterli sistemlərin imitasiya modelləşdirilməsinin ümumiləşdirilmiş avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturası işlənmişdir. Çevik istehsal sisteminin Petri şəbəkəsi ilə avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsinin realizasiyası həyata keçirilmiş, mürəkkəb sistemlərin kompüter modelləşdirilməsi ilə tədqiqinin və süni intellekt elementlərindən istifadənin müqayisəli analizinin nəticələri ümumiləşdirilmiş və kompüter modelləşdirilməsinin nəticələrinin imitasiya üsulları ilə tədqiqinə aid tədqiqat işlərinin qoyulması və realizasiyası yerinə yetirilmişdir.

Çap olunmuş elmi əsərlər. Dissertasiya mövzusu üzrə 23 elmi iş, o cümlədən, 9 nüfuzlu elmi-praktiki jurnallarda məqalə, 14 Beynəlxalq və Respublika səviyyəli konfrans və simpoziumların materialları çap olunmuşdur.

Dissertasiyanın strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, dörd fəsil, nəticə, 124 adda ədəbiyyat siyahısı və əlavələrdən ibarətdir. İşin əsas məzmunun həcmi cədvəlsiz, şəkilsiz, və ədəbiyyat siyahısız 178896 işarədən ibarətdir. O cümlədən:

Giriş - 20056 işarə, I fəsil - 56792 işarə, II fəsil - 34190 işarə, III fəsil - 42966 işarə, IV fəsil - 23226 işarə, Nəticə - 1666 işarə.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatın məqsədi və həlli tələb olunan məsələlər müəyyən edilmişdir. Tədqiqat üsulları, elmi yeniliklər, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, işin praktiki əhəmiyyəti və nəticələrin tətbiqi, işin aprobeasiyası, elmi nəşrlər və işin fəsillər üzrə qısa məzmunu verilmişdir.

Birinci fəsil problemin müasir vəziyyətinin araşdırılmasına və məsələnin qoyuluşuna həsr edilmişdir. Bu məqsədlə ədəbiyyat mənbələrinə və təcrübəyə istinadən proseslərin tədqiqində imitasiya modelləşdirilməsinin tətbiqinin analizinə baxılmış, müasir imitasiya modelləşdirilməsi proqram komplekslərinin müqayisəli analizi, imitasiya modelləşdirilməsinin nəticələrinin animasiya üsulları və Petri şəbəkəsi ilə təsvirinə baxılmışdır.

İmitasiya modelləşdirilməsi kompüter əsrinin əvvəlində meydana gəlmiş və indiyə kimi öz aktuallığını nəinki itirməmiş, həm də böyük təkamül prosesi keçərək elmi tədqiqatların öndə gedən alətlərindən birinə çevrilmişdir. İmitasiya modelləşdirilməsi çoxlu sayda, bir-biri ilə qarşılıqlı mürəkkəb əlaqədə olan struktur elementləri xarakterizə edən mürəkkəb sistemlərin tədqiqi üçün tətbiq edilir.

İM-in səmərəliliyinin yüksəldilməsi, onun yaradılması etaplarında yarana biləcək çoxlu sayda səhvlərin növbəti etaplara keçməsinin qarşısını almaq məqsədi ilə, sistemin struktur analizini yerinə yetirən və mürəkkəb sistemləri funksional diaqramlar və yerinə yetirilən işlərin ardıcılıqları diaqramları ilə təsvir edən sistemlərin kompüteriyönlü texnologiyalarla işlənməsi (CASE - Computer Aided System Engencering) texnologiyaları mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Mürəkkəb sistemlərin imitasiya modelləşdirilməsinə çoxversiyalı yanaşma kimi baxılır və ümumi informasiya bazalı struktur modifikasiya olunmuş modellər kompleksi təklif edilir. Təklif olunan yanaşma struktur və obyekt yönümlü proqramlaşdırmanın üsullarına ideyaca yaxındır. Belə ki, birinci

mərhələdə mürəkkəb sistemin baza imitasiya modeli yaradılır. İmitasiya eksperimentləri aparılarkən baza modelinin modifikasiya olunması tələb olunur. Belə modifikasiya baza modelinin strukturunun saxlanması ilə və əvvəlcədən yaradılmış genişləndirilmiş interfeysin əsasında yeni funksional modulların əlavə edilməsi ilə yerinə yetirilir. Keyfiyyət göstəricilərinin səviyyəsi sistemin xarakteristikaları haqqında eksperiment nəticəsində alınan informasiyanın həcmnin artma dinamikası ilə təyin edilir.

Mürəkkəb diskret istehsal sistemlərinin, o cümlədən həmin kateqoriyaya aid edilən ÇİS-in layihələndirilməsində sistemli kompleks yanaşmadan istifadə olunmalıdır. Konseptual model qurularkən tədqiqat üçün lazım olan məsələlərlə modelin strukturu arasında olan əlaqə aydın şəkildə olmalıdır. İstehsalat prosesinin tam modelinin qurulması zamanı sistemin bəzi xassələri ilə həmişə əlaqədar olmaya bilər. Bundan başqa, qarşıya qoyulmuş məsələnin xarakterindən asılı olaraq həm modelin qurulmasına olan yanaşma, həm də tədqiqat üsulu da dəyişə bilər. Beləliklə, ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsinin iki aspekti – mürəkkəblilik və ətraflılıq digər tərəfdən də məqsədyönlü sadələşdirmək imkanı bir-birinə mane olmur və tədqiq olunan obyektin strukturuna və parametrlərinə uyğun olaraq modelin blok konfigurasiyalı olmağına nail olurlar. ÇİS-in model üzərində tədqiqi zamanı, onun müxtəlif parametrləri struktur və parametrik sintezin nəticələrinə görə, normativlərə və prototiplərə, empirik verilənlərə görə və ya ekspert yolu ilə təyin olunur. Sonra modelləşdirmə prosesi zamanı sistemdə “zəif yerlər” təyin olunur, təyin olunmuş parametrlər korrektə olunur və nəticədə son qiymətlər tapılır. İstənilən tip modellərin çıxış informasiyası mətn, cədvəl, histogram, qrafik, tsikloqram şəklində, həm də qrafiki displeylərin ekranlarında uyğun məlumatlar şəklində verilə bilər.

Çevik istehsal sistemlərinin tətbiqi təcrübəsinin və layihələndirilməsi istiqamətlərinin tədqiqi göstərir ki, onlara aşağıdakı əsas xüsusiyyətlər xasdır:

- hər bir mexatron qurğuya (MQ), eyni zamanda onların toplularından təşkil olunan çevik istehsal modullarına (ÇİM) bir-birindən asılı olmayan və ümumi işçi zonalarda qarşılıqlı əlaqədə iki

ölçülü və ya üç ölçülü fəzada fəaliyyət göstərən, avtomatik və ya avtomatlaşdırılmış sistemlə idarə olunan mexaniki dinamik sistem kimi baxılır; ayrılıqda götürülmüş ÇİM-in onun qarşısında qoyulmuş məqsədə nail olması məqsədyönlü planlaşdırılır və son nəticədə ÇİS-in məqsədinə nail olmasına xidmət edir;

- ÇİM-in bütün MQ-rı qarşılıqlı razılaşma prinsipi ilə fəaliyyət göstərilər, yəni bir dayanıqlı vəziyyətdən digərinə keçid mütləq ondan əvvəlki keçid başa çatdıqdan sonra yerinə yetirilə bilər;

- bir neçə mexatron qurğuda bir-birini inkar etməyən keçidlərin baş verməsi mümkündür (paralellik prinsipi);

- MQ-da keçidlərin sürətliliyi reqlamentləşdirilmir (asinxronluq prinsipi).

Göstərilmişdir ki, süni intellekt elementlərindən İM-də istifadə olunması istiqamətində, bir sıra hələlik tələb olunan səviyyədə həllini tapmamış problemlər mövcuddur, o cümlədən : İM prosesində peşəkar səviyyədə qoyulmuş məsələni riyazi dilə çevirmək üçün yaradıcı, müxtəlif təyinatlı və peşəkarlığa malik olan çoxlu sayda mütəxəssislərin birgə fəaliyyəti tələb olunur; digər tərəfdən modelləşdirilən mürəkkəb diskret istehsal sisteminin ayrılmaz hissəsi olan idarə sisteminin özü də mürəkkəb sistemlər kateqoriyasına aid edilir və İM-də idarəetmə sistemini də modelləşdirərək, onu da kompüter eksperimentləri ilə tədqiq etmək zərurəti qarşıya çıxır. Bu kimi problemlərin aradan qaldırılması istiqamətində intellektual İM-si sistemlərinin yaradılması və istifadəsi aktuallaşır.

Göstərilənləri ümumləşdirərək dissertasiya işinin məqsədi formalaşdırılmış və bu məqsədə nail olmaq üçün həlli tələb olunan məsələlər müəyyən edilmişdir.

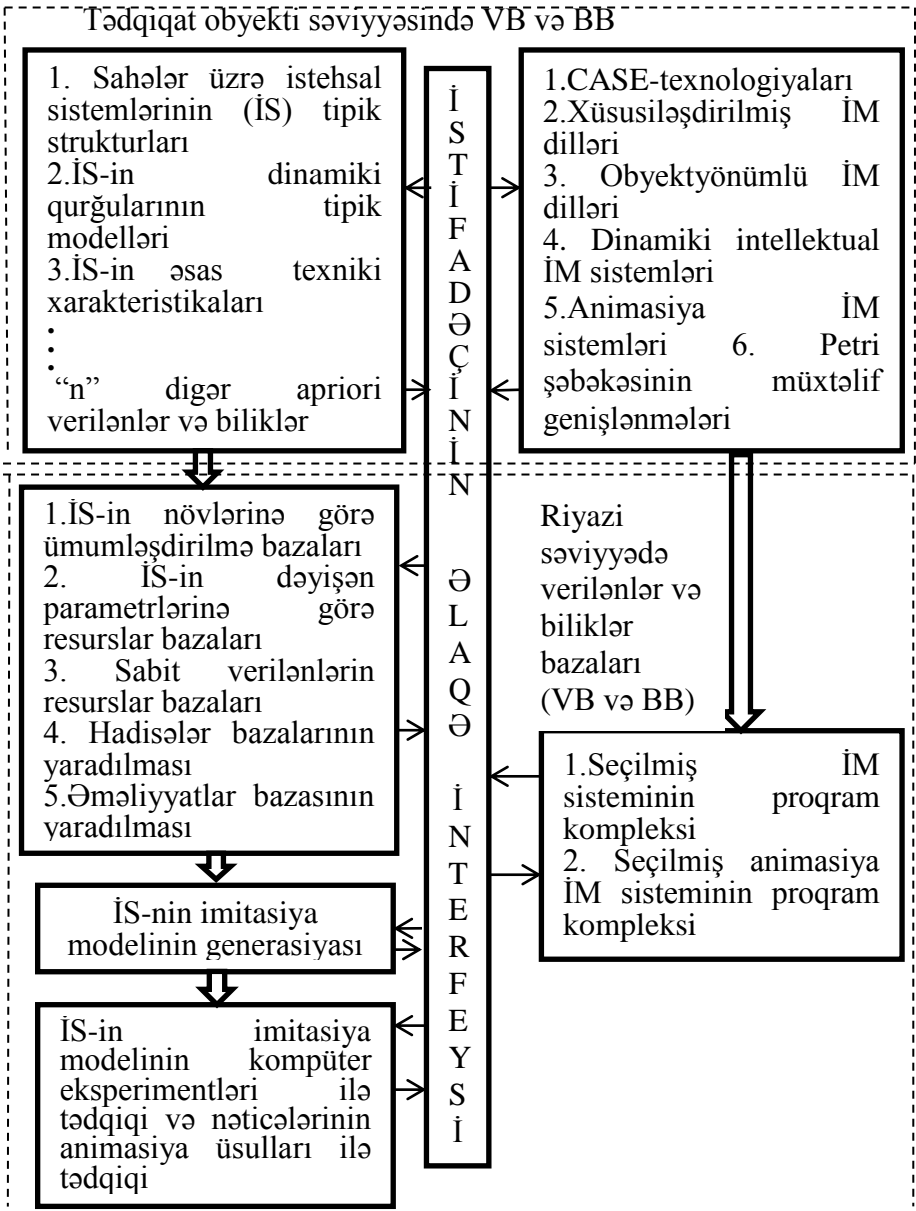
İkinci fəsildə mürəkkəb xarakterli istehsal sistemlərinin ilkin layihələndirmə mərhələlərində IM üsulları ilə tədqiqi məsələlərinə baxılır. Bu məqsədlə istehsal sistemlərinin layihələndirmə mərhələləri və onların səmərəliliyinin yüksəldilməsi yolları araşdırılır. Qeyd olunur ki, layihələndirilən obyektin həyat dövrü, yəni istismarda olma müddəti, istismar mərhələsinə qədər mərhələlərin yerinə yetirilməsindən birbaşa asılıdır. Göstərilir ki, ÇİS şəklində obyektlərin layihələndirilməsində qeyd olunan problemlər

onların real istehsallara tətbiqi mərhələsində daha da mürəkkəb xarakter daşıyır.

Problemin həlli üçün perspektivli istiqamət ilkin layihələndirmə mərhələsində müasir avtomatlaşdırma və modelləşdirmə üsullarından istifadə etməklə kompüter eksperimentləri ilə layihələndirmənin məqsədəuyğunluğunun qiymətləndirilməsidir. Göstərilir ki, bu məqsədlə səmərəli üsullarından biri İM-dir. İM-in mürəkkəb istehsal sistemlərində tətbiqi və proseslərin tədqiqi üçün bu fəsilə İM-in ALA-nın ümümləşdirilmiş arxitekturası təklif edilmiş və işlənmişdir (Şəkil 1)¹. Arxitekturalardan görüldüyü kimi istehsal sistemlərinin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqi müxtəlif təyinatlı mütəxəssislərin birgə fəaliyyəti nəticəsində həyata keçirilir. Tədqiqat obyektini səviyyəsində tədqiq olunacaq obyektin struktur modeli seçilmiş sahə üzrə mütəxəssis tərəfindən öyrənilir. Struktur modeldə həmin obyektə daxil olan dinamik qurğuların və köməkçi avadanlıqların tipik modelləri, onların yerinə yetirdiyi funksiyalar, əsas texniki xarakteristikaları və s. öz əksini tapmalıdır. Əksər hallarda İM-dən əvvəl tədqiq olunan obyektin statik analizinin aparılması tələb olunur. Bu proses, haqqında daha geniş biliklərin əldə olunmasını və İM-də səhvlərin həcmi azalmasını təmin etməlidir. Statik analizin nisbətən sadə obyektlərdə yerinə yetirilməsi həmin sahə üzrə texnoloqların və ekspertlərin birgə əməyi nəticəsində həyata keçirilir.

Tədqiqat obyektini kimi mürəkkəb istehsal sistemləri kateqoriyasına aid edilən ÇİS-lər qəbul edildiyindən, onların avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsinə qoyulan tələbatlar təyin edilmiş, bu məqsədlə İM –dən istifadə yolları və imitasiyanın nəticələrinin animasiya üsulları ilə təsvirinin məqsədəuyğunluğu

1.Əhmədov,M.A., Əhmədova,S.M. Mürəkkəb sistemlərin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasının işlənməsi // “Tətbiqi fizika və energetikanın aktual məsələləri” Beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları,- Sumqayıt: -24 may-25 may, -2018, -s.381-383.



Şəkil 1. İstehsal sisteminin İM ilə tədqiqinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturası

göstərilmişdir. ÇİS-in İM ilə tədqiqi üçün PĐO mühitində fəaliyyət göstərən RAO-studio proqram kompleksi seçilmiş və proqram kompleksinin bəzi xassələrinə aydınlıq gətirilmişdir. RAO-studio proqram kompleksinin seçilməsi onunla əsaslandırılır ki, bu sistem ÇİS-in iki ölçülü fəzada imitasiyasını realizə etməyə və nəticələrinin animasiya üsulu ilə təsvir etməyə imkan verir. Digər tərəfdən ÇİS-in idarədilməsi özü də mürəkkəb sistemlər kateqoriyasına aid edildiyindən, RAO-studio proqram kompleksi ÇİS-in İM-in Petri şəbəkəsinin elementləri ilə qurulmasını, idarəetmə alqoritminin zaman Petri şəbəkəsi ilə realizasiyasını və dinamikada təsvirinə imkan verir.

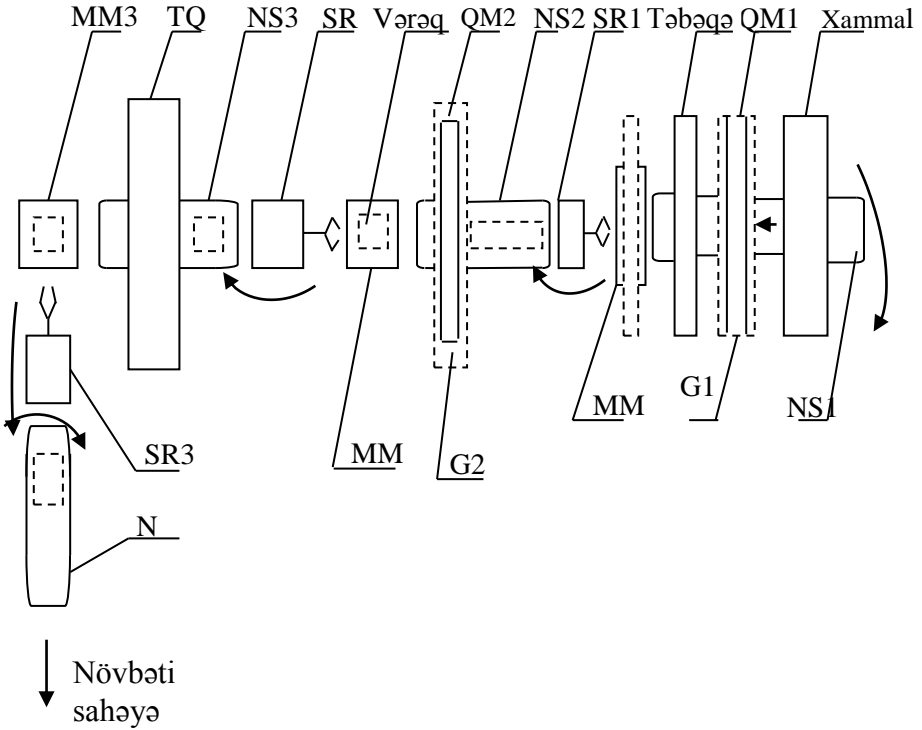
Üçüncü fəsil müstəvi səthli xammalları emal edən ÇİS-in İM və kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi məsələlərinə həsr edilmişdir. Tədqiqat obyektini kimi seçilmiş ÇİS-in ilkin layihələndirmə mərhələsində modelləşdirilməsi və idarə edilməsi məsələlərinə baxılır.

İstehsal sahəsinin analizi nəticəsində sistemdə baş verən proseslərin konseptual modeli formalaşdırılmış və istehsal sahəsinə qoyulan əsas tələbatlar təyin olunmuşdur: təbəqə və lövhələrin ölçüləri standart normalardan kənara çıxmamalıdır; üz səthi təmizlənmiş vərəqlərə işçi heyətin toxunması və ya başqa vasitələrlə çirklənməsi yolverilməzdir və zay məhsul üçün əsas yaradır; istehsal sahəsinin məhsuldarlığı ondan əvvəlki və sonrakı sahələrin işləri ilə sinxronlaşdırılmalı və tam şəkildə məhsuldarlıq gözlənilməklə koordinasiyalı idarə edilməlidir.

Konseptual modelə və istehsal sahəsinə qoyulan tələbatlar nəzərə alınmaqla ÇİS-in struktur-kinematik sxemi işlənmişdir (Şəkil 2).²

Göstərilən ÇİS-in müasir avtomatlaşdırma vasitələrindən istifadə etməklə təklif olunan struktur - kinematik sxemi mexatron

2.Ахмедов, М.А. Разработка архитектуры инструмента автоматизированного проектирования имитационной модели гибкого производственного модуля /М.А.Ахмедов, С.М.Ахмедова// Системы управления и информационные технологии, -Москва-Воронеж:-2015. №4.1(62), – с. 104-107



Şəkil 2. ÇİS-in struktur - kinematik sxemi

qurğular, emal dəzgahları, əsas və əlavə avadanlıqlardan təşkil edilmişdir :

- ✓ G1-xammalı digər ölçülü təbəqələrə doğrayan və avtomatik idarə olunan gilotin qayçı;
- ✓ xammalı G1- in işçi zonasına və doğrənmiş təbəqələri 1-ci sənaye robotunun (SR) işçi zonası olan mövqeləşdirici manipulyatorun (MM1) masasına nəql edən nəqliyyat sistem (NS1) ;
- ✓ təbəqəni 180^0 döndərərək NS2- ni yükləyən sənaye robotu (SR1);

- ✓ təbəqələri G2-in işçi zonasına və vərəqləri MM2-in masasına nəql edən NS2 ;
- ✓ vərəqləri MM2 –in masasından təmizləyici qurğunun (TQ) işçi zonasına və səthi təmizlənmiş vərəqləri MM3 –ün masasına yükləyən NS3;
- ✓ səthi təmizlənmiş vərəqləri növbəti sahəyə nəql edən NS4 –ün işçi zonasına yükləyən SR3.

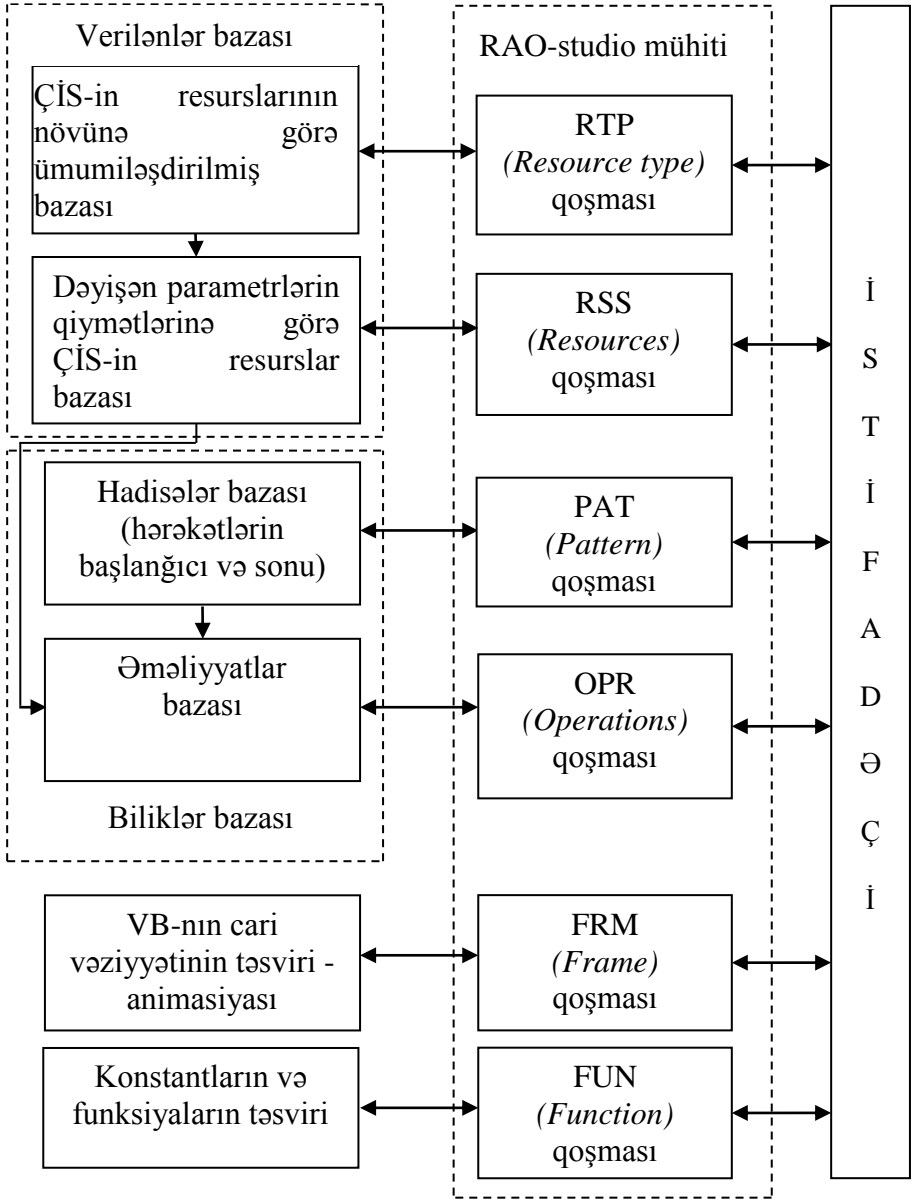
Seçilmiş tədqiqat obyektinin IM ilə tədqiqi üçün PДO dilində RAO-studio proqram kompleksindən istifadə edilmişdir. RAO-studio proqram kompleksi müxtəlif təyinatlı obyektlərin sistemli analizi və sintezi məsələlərinin, mürəkkəb idarəetmə sistemində qərar qəbuletməni və obyektin dinamikasını kompüterdə təsvir etməyə imkan verir.

Mahiyətinə görə RAO-studio proqram kompleksində obyektlərin və idarəetmə alqoritmlərinin yerinə yetirilməsi biliklərin təsviri dillərindən istifadə etməklə yerinə yetirilir. Bu halda hər bir hadisədən sonra qərar qəbuletmə sistemi biliklər bazasındakı (BB) produksiya qaydalarını yoxlayır və şərt ödənildikdə seçilmiş qaydanı təsirləndirərək uyğun hərəkətin başlanğıcını göstərir. Beləliklə, produksuya sistemi, qeyri requlyar hadisələrin imitasiya bloku ilə birlikdə produksiya modelini qurur və imitasiyanın nəticələrinin analizi nəticəsində sistemin tələb olunan fəaliyyət göstəricilərini hesablayır. Animasiya sistemi imitasiyanın nəticələrini monitorun ekranında modelləşdirilən obyektin fəaliyyəti kimi əks etdirir.

RAO-studio proqram kompleksi mühitində fəaliyyət göstərən təklif edilmiş ÇİS-in IM-in ALA-nın arxitekturası³ şəkil 3-də göstərilmişdir.

RAO-studio proqram kompleksinin tələbatları nəzərə alınmaqla ALA-da aşağıdakı bazalar yaradılır: ÇİS-in resurslarının növünə görə

3.Ахмедова, С.М., Магомедли, Х.М., Исследование гибкой производственной системы методами имитационного моделирования на этапе системотехнического проектирования // Труды научно-практической конференции с международным участием "Инженерные системы - 2019",- Москва: 03 апреля-05 апреля,- 2019, с. 493-503.



Şəkil 3. ÇİS-in imitasiya modelinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə aləti

ümumiləşdirilmiş baza; dəyişən parametrlərin qiymətlərinə görə ÇİS-in resurslar baza; hadisələr baza; əməliyyatlar baza, ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsinin yerinə yetirilməsi və ÇİS-in imitasiya modelinin təsviretmə bazalarının yaradılması.

Hər bir PDO mühitində modelləşdirmədə modelin bir vəziyyətdən digərinə keçid qaydası aşağıdakı kimi verilir:

$$Y_i \xrightarrow{F} Y_{i+1}, i=1,2,\dots,N-1,$$

burada $Y_i = (y_1^i, y_2^i, \dots, y_n^i)$ – modelin i momentindəki vəziyyətidir. IM-də modelin vəziyyətini növbəti zaman müddətində cari zaman momenti, idarəetmə və xarici mühit vektorları ilə F operatorunun köməkliliyi ilə aşağıdakı kimi ifadə etmək olar.

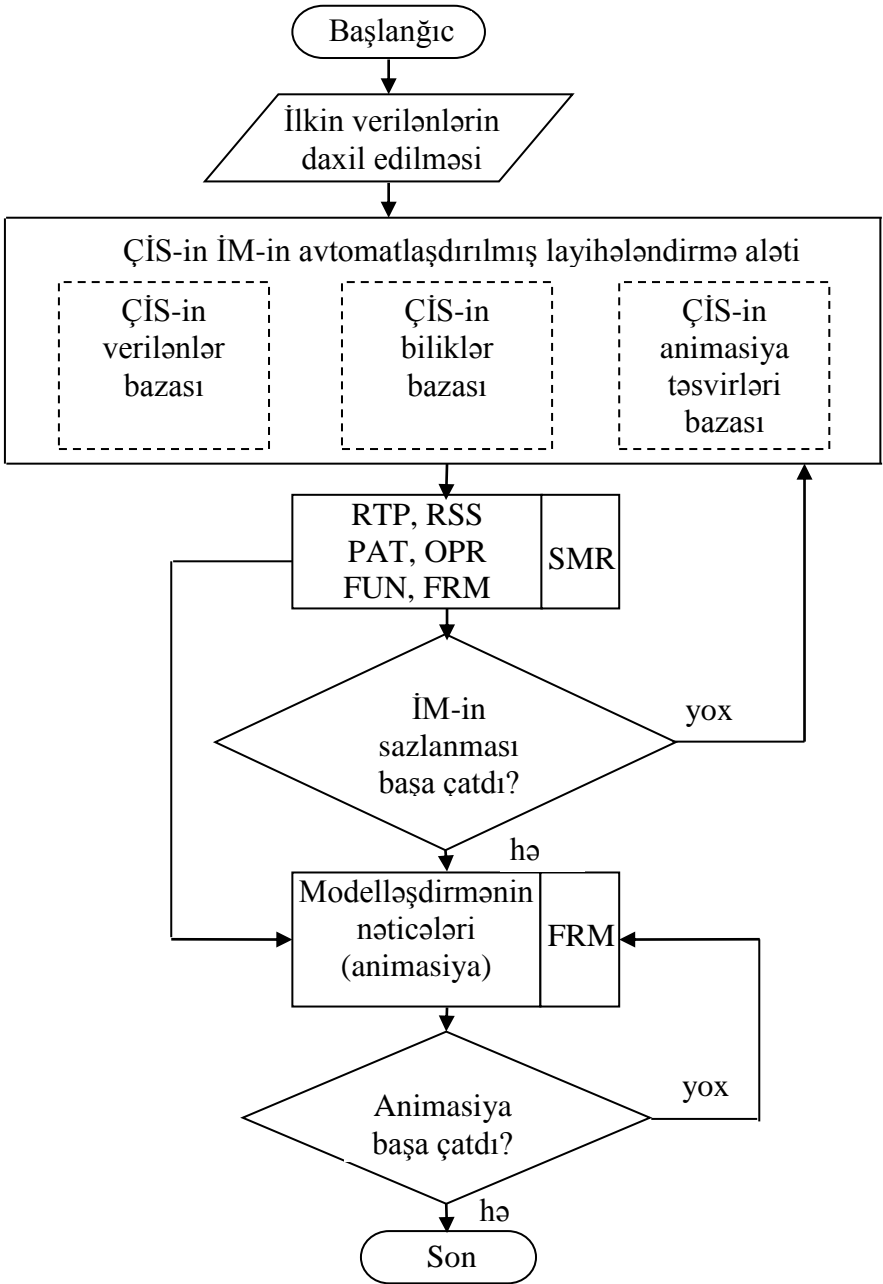
$$Y_{i+1} = F(Y_i, X_{i+1}, U_{i+1}, E_i), i=1,2,\dots,N-1,$$

burada, $X_i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_m^i)$ – xarici mühitin i momenti zamanında vəziyyətlər vektoru ; $Y_i = (y_1^i, y_2^i, \dots, y_n^i)$ – i zaman momentində modelin vəziyyətlər vektoru; $U_i = (u_1^i, u_2^i, \dots, u_j^i)$ – i zaman momentində idarə vektoru; $E_i = (e_1^i, e_2^i, \dots, e_q^i)$ – i zaman momentində obyektin nəzarət olunmayan faktorlarının vektoru.

ÇİS-in tədqiqinin təklif edilmiş IM alqoritmi⁴ şəkil 4-də verilmişdir.

IM alqoritmindən görüldüyü kimi 1-ci mərhələdə ÇİS-in IM RAO-studio proqram kompleksinin qoşmalarından istifadə etməklə təklif olunmuş ALA tərəfindən yaradılır. “SMR” qoşması ardıcıl olaraq RAO-studionun uyğun qoşmaları tərəfindən yaradılmış verilənlər, biliklər bazalarını və animasiya təsvirləri modullarını qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyətlərini təmin etməklə imitasiya eksperimentlərini həyata keçirir. İmitasiya eksperimentlərinin təkrarlanma (proqon) tezliyi eksperimenti aparan tərəfindən təyin edilir. Eksperimentlərin, yəni IM-in tədqiqinin başa çatması qənaətbəxş nəticələr əldə edilənə kimi iterasiyalı proses şəklində davam etdirilir.

4.Akhmedova, S.M. Research of a flexible production system by methods of imitating modeling at a stage of sistemotechnical design // - Москва: Программные системы и вычислительные методы,- 2019. № 4. – С. 77– 86.



Şəkil 4. ÇİS-in tədqiqinin imitasiya modelləşdirilməsi algoritmi

İM-in sazlanması və eksperimentləri başa çatdıqdan sonra nəticələrin animasiya üsulları ilə tədqiqi iki ölçülü fəzada həyata keçirilir.

Dissertasiya işinin növbəti alt fəsilərində RAO-studio mühitində fəaliyyət göstərən proqram kompleksinin qoşmalarından istifadə etməklə ÇİS-in imitasiya modelinin ALA-sı vasitəsi ilə imitasiyanın verilənlər, biliklər və animasiya bazalarının yaradılmasına baxılır.

ÇİS-in resurslarının növünə görə ümumiləşdirilmiş bazanın yaradılması nümunəsinə baxaq.

ÇİS-in struktur – funksional sxemində göstərilir ki, onun tərkibinə aşağıdakı mexatron, əsas və əlavə avadanlıqlar daxildir: 4 NS; 2 QMM; 2 G; 3 QM; 3 SR və 1 TQ.

İM-də göstərilən resurslar sabitdir. Ancaq ÇİS-in müxtəlif mövqelərində konkret resursun parametrlərinin dəyişən qiymətlərinin çoxluğu kimi iştirak edə bilər.

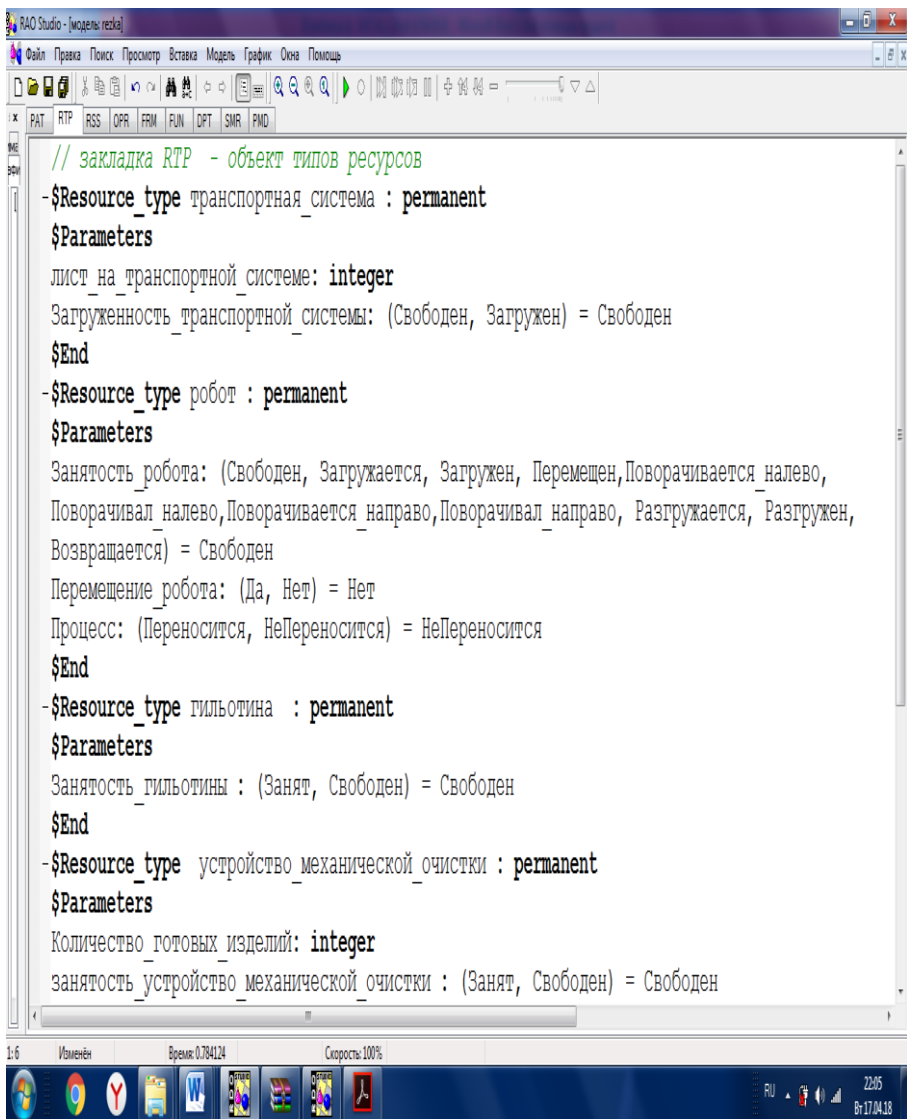
Göstərilənləri nəzərə alaraq dissertasiyada qeyd olunan sabit resurslar əsasında - NS, QMM, G, QM, SR, TQ, ÇİS-in resurslarının növünə görə ümumiləşdirilmiş bazası yaradılmışdır.

Ümumiləşdirilmiş baza RAO-studio mühitində fəaliyyət göstərən RTP qoşması (закладка) ilə həyata keçirilir. Bütün sabit resursların növünə görə ümumiləşdirilmiş bazası analoji olaraq RAO-studio mühitində fəaliyyət göstərən RTP qoşması ilə yaradılmışdır. Qeyd edək ki, bir növ sabit resursdan ÇİS-in tələblərindən asılı olaraq dəyişən parametrlərin qiymətlərinə görə bir-birindən fərqli ümumiləşdirilmiş bazalar yaradıla bilər. Ümumiləşdirilmiş bazaların yaradılması pəncərənin nümunəsi şəkil 5-dəki kimidir.

Göstərilən formatla ÇİS-in bütün sabit resurslarının növlərinə görə ümumiləşdirilmiş bazaları yaradılır.

Göstərilən ardıcılıqla ÇİS-in İM-in ALA-sı vasitəsi ilə İM-in verilənlər, biliklər və animasiya təsvirləri bazalarının yaradılmasına baxılmışdır.

ÇİS-in resurslar bazası RAO-studio mühitində fəaliyyət göstərən RSS qoşması ilə yaradılır. Hər bir resurs üçün onun adı, mənsub olduğu və parametrlərinin tərkibinin göturdüyü tipi, həm də



Şəkil 5. Ümümləşdirilmiş bazaların yaradılması pəncərəsinin nümunəsi.

resursların tipi obyektində təyin olunmamış parametrlərin qiymətləri təyin olunur.

Resurslar proqramın (modelin) qlobal verilənlər bazasının ilkin vəziyyətini göstərir.

ÇİS -in prosesləri haqqında olan biliklər nümunələr obyektində saxlanılır. Hər bir nümunə modifikasiya olunmuş produksiya qaydalarından, adi produksiya qaydalarından ya da rəqulyar olmayan hadisələrdən ibarətdir. Bu məqsədlə RAO-studio mühitində fəaliyyət göstərən PAT qoşmasından istifadə edilir.

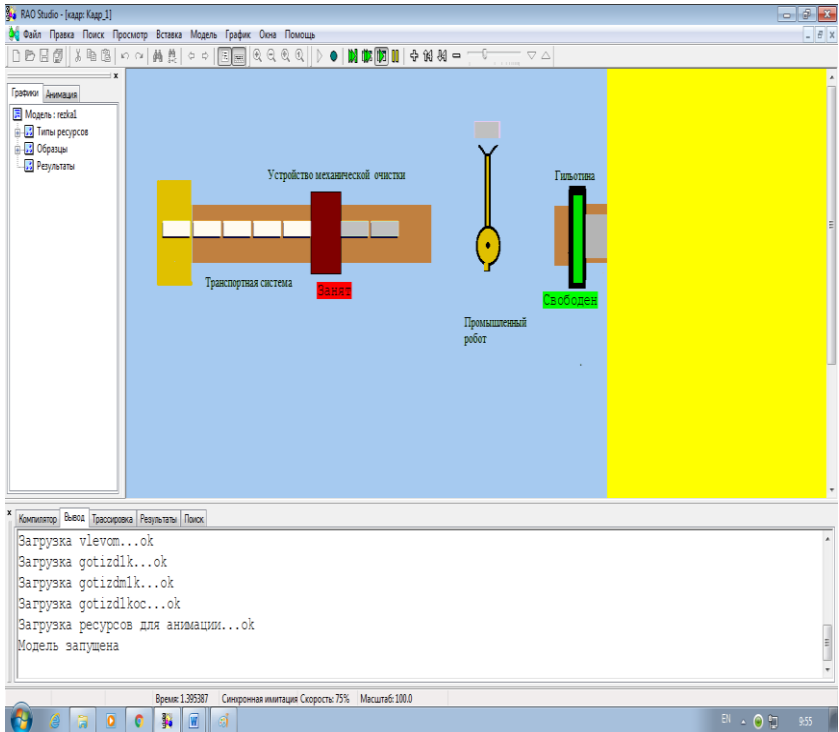
РДО dilində nümunələrlə birlikdə əməliyyatlar prosedur hissəni təşkil edir. Əməliyyatlar obyektindən imitator nümunələrin parametrlərindən konkret qiymətlər alır. Bu obyektə ÇİS-in bütün əməliyyatları təsvir olunur. OPR qoşmasından istifadə etməklə əməliyyatlar bazası yaradılır.

Bütün bazalar yaradıldıqdan sonra SMR qoşması ilə imitasiya modelinin sazlanması və FRM qoşması ilə isə nəticələrin animasiyası eksperimentləri yerinə yetirilir⁵. İmitasiya eksperimentlərinin nəticələrinin animasiyasının bir fraqmenti şəkil 6-da göstərilmişdir.

ÇİS-in İM-in idarə olunmasının zaman Petri şəbəkəsi ilə animasiyasına baxılmışdır. Bu məqsədlə ÇİS-in İM Petri şəbəkəsinin elementləri ilə təsvir edilir, ÇİS-in İM-in ALA-sı vasitəsi ilə, imitasiya modelinin verilənlər, biliklər və animasiya bazaları yaradılır. İM-in alqoritminə uyğun olaraq kompüter eksperimentləri ilə idarəetmənin zaman Petri şəbəkəsinin fəaliyyət qraf sxemləri vasitəsilə tədqiqi həyata keçirilir.

Qeyd olunduğu kimi mürəkkəb sistemlərin idarə edilməsi də öz növbəsində mürəkkəb sistemlər kateqoriyasına aid edilir və sistemlərin real obyektlərdə tətbiqində vacib əhəmiyyət kəsb edir. Bu nöqteyi – nəzərdən imitasiya modelləşdirilməsində ÇİS - in idarə

5.Ахмедова, С.М., Ахмедов, М.А., Реализация алгоритма имитационной модели на примере гибкой производственной системы // Сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции "САПР и моделирование в современной электронике", - Брянск: 24 октября-25 октября , -2019 , с. 159-162



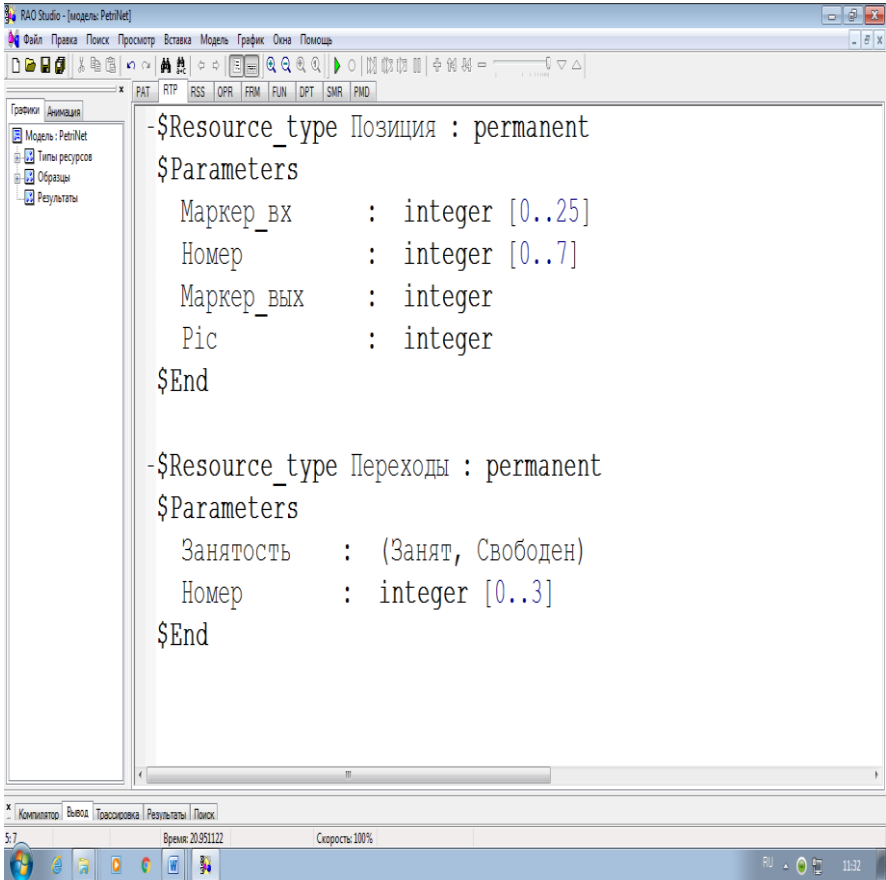
Şəkil 6. İmitasiya eksperimentlərinin nəticələrinin animasiyasının bir fraqmenti

alqoritminin də kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi yerinə yetirilməlidir.

RAO-studio program kompleksinin imkanlarından istifadə etməklə dissertasiyada bu məsələnin həllinə zaman Petri şəbəkəsi ilə baxılır. Bu məqsədlə ÇİS-in imitasiya modeli Petri şəbəkəsinin elementləri ilə təsvir edilir. Göstərilən ardıcılıqla ÇİS-in imitasiya modelinin ALA-sı vasitəsi ilə IM-in Petri şəbəkəsinin elementlərinin təsviri ilə verilənlər, biliklər və animasiya təsviri bazaları yaradılmışdır. Bütün bazalar yaradıldıqdan sonra SMR qoşması ilə İM-in idarəedilməsinin sazlanması, FRM qoşması ilə isə

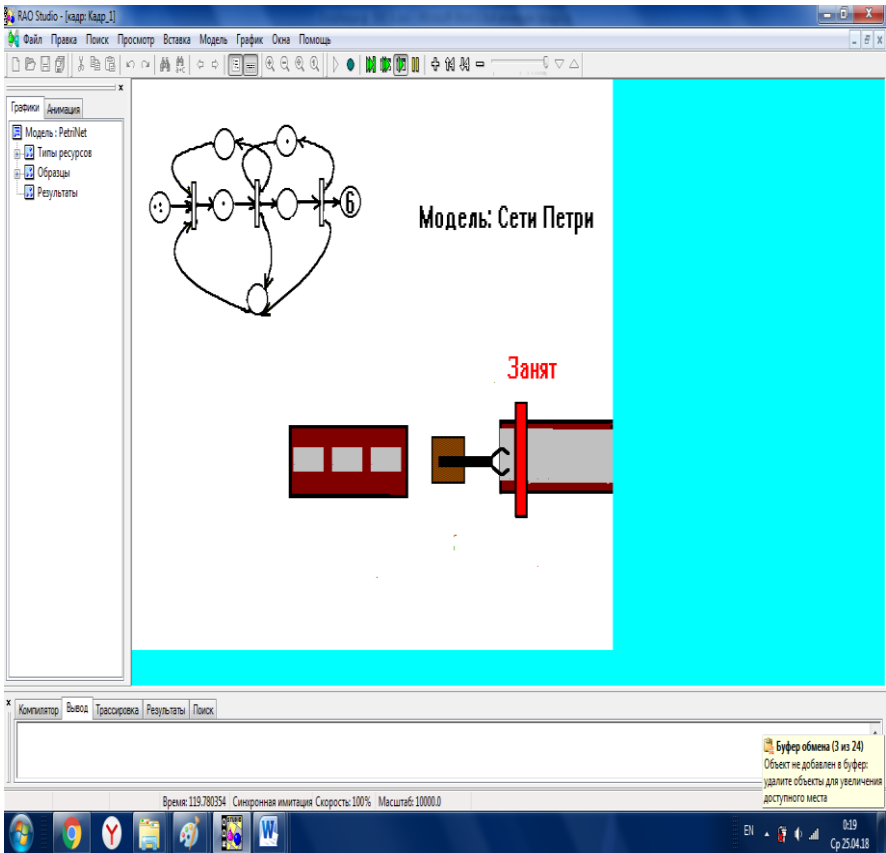
idarəedilmənin zaman Petri şəbəkəsi ilə animasiya eksperimentləri yerinə yetirilmişdir.

Petri şəbəkəsinin resurslarının növünə görə ümumiləşdirilmiş bazanın yaradılması pəncərəsi şəkil 7-də göstərilmişdir.



Şəkil 7. Petri şəbəkəsinin resurslarının növünə görə ümumiləşdirilmiş bazanın yaradılması pəncərəsi

İmitasiya eksperimentlərinin nəticələrinin zaman Petri şəbəkəsi ilə bir fraqmenti şəkil 8-də göstərilmişdir.



Şəkil 8. İM-in zaman Petri şəbəkəsi ilə idarəedilməsinin bir fraqmenti

Дördüncü fəsil İM-in nəticələrinin ÇİS-in real obyektə avtomatik idarəedilməsinə tətbiqi məsələlərinin həllinə həsr edilmişdir. Mürəkkəb diskret sistemlərin , xüsusən də ÇİS-in idarəedilməsində əsasən mövqəli idarəetmə sistemlərindən istifadə edilir. Bu növ sistemlərin dinamik mexatron qurğularının

manipulyatorlarının hərəkət trayektoriyaları mahiyyətə fasiləsizdir, ancaq manipulyatorlar fasiləsiz funksiyanın diskret qiymətlərinə uyğun yer dəyişir. Hərəkət trayektoriyasının diskret qiymətləri ÇİS-in müxtəlif qovşaqlarında quraşdırılmış müxtəlif təyinatlı vəziyyət vericiləri ilə identifikasiya olunur. İdarəetmə alqoritminin adekvat qərarların qəbul etməsi və ÇİS-in real vaxt rejimində fəaliyyətini təmin etməsi, vəziyyət vericilərinin - sensorların ÇİS-in qlobal verilənlər bazasında, yəni müxtəlif qovşaqlarında yerləşdirilməsindən bir başa asılıdır. Çox da mürəkkəb olmayan ÇİS-də bu məsələ peşəkar ekspertlərin təcrübəsi və intuisiyasına əsaslanaraq qismən yerinə yetirilir və təcrübədə təkmilləşdirilir. Mürəkkəb struktura malik ÇİS-də bu məsələnin həlli əhəmiyyətli şəkildə mürəkkəbləşir və əksər hallarda tələb olunan nəticələri əldə etmək çətinləşir və ya mümkünəz olur. Dissertasiyada bu məsələnin həllinə fərqli yanaşmadan istifadə edilmişdir. ÇİS-in IM-in nəticələrinə əsasən imitasiyanın zaman Petri şəbəkəsi şəklində idarə alqoritmindən istifadə edilərək müxtəlif situasiyalarda ÇİS-in idarəetmə sisteminin qlobal verilənlər və produksiya qaydaları şəklində biliklər bazaları işlənmişdir. Məlum olduğu kimi zaman Petri şəbəkəsində ÇİS-in fəaliyyəti zamanı müxtəlif xarakterli situasiyalar (qəza, ortağ işçi zonaları, xammalın və digər məhsulların müntəzəm şəkildə verilməməsi və s.) nəzərə alınmır və hesab edilir ki, müxtəlif zaman intervallarında tələb olunan əməliyyatlar bir qayda olaraq yerinə yetirilir. Bu problemin real obyektə nəzərə alınması üçün ÇİS-in idarəetmə sistemi də daxil olmaqla struktur-funksional sxemi işlənmişdir. ÇİS-in idarə olunması üçün onun elementlərinin müxtəlif mövqelərində quraşdırılmış sensorlardan daxil olan informasiyaları qəbul etmək və onları emal etdikdən sonra uyğun icra mexanizmlərinə idarə komandaları formalaşdırmaq üçün, idarəetmə sisteminin qlobal verilənlər bazası (müxtəlif qovşaqlarda quraşdırılmış 45 sensorun çıxış qiymətləri və 24 icra mexanizminə formalaşdırılan idarə siqnalları) və produksiya qaydaları biliklər bazası şəklində (31 produksiya qaydaları) idarə alqoritmı işlənmişdir.

Adi danışiq dilində produksiya qaydası aşağıdakı nümunədə göstərilən qaydada formalaşdırılır.

ƏGƏR NS1 – in ilkin mövqeyndə müstəvi səthli təbəqə varsa

VƏ QM1-in masası aşağı vəziyyətdədirsə

VƏ QM1-in dayaq nöqtəsi yuxarı vəziyyətdədirsə

VƏ NS1- in son mövqeyndə təbəqə yoxdursa

ONDA NS1 –in işə qoşulması şərti ödənilir.

Kompüterin daxili dilində göstərilən produksiya qaydası aşağıdakı kimi təsvir olunur.

$$(P1) (X_{13} \& X_{21} \& X_{31} \& \neg X_{12}) \rightarrow U_{11} ,$$

burada , P1- produksiya qaydasının nömrəsidir. Analoji olaraq digər situasiyalar üçün də produksiya qaydaları forlaşdırılmışdır⁶.

$$(P2) (X_{21} \& X_{31} \& X_{23} \& X_{22} \& X_{33}) \rightarrow U_{13} \& \neg U_{15} ;$$

$$(P3) (\neg X_{23} \& \neg X_{33} \& X_{32}) \rightarrow \neg U_{13} \& \neg U_{14} \& U_{26} ;$$

$$(P4) (X_{41} \& X_{48}) \rightarrow U_{14} ;$$

$$(P5) (\neg X_{48} \& X_{41} \& X_{42} \& X_{43}) \rightarrow U_{21} ;$$

$$(P6) (\neg X_{48} \& X_{41} \& X_{47} \& X_{43}) \rightarrow U_{22} ;$$

$$(P7) (\neg X_{48} \& X_{41} \& X_{47} \& X_{44}) \rightarrow \neg U_{21} \& \neg U_{14} ;$$

$$(P8) (X_{42} \& X_{44} \& X_{45}) \rightarrow U_{23} ;$$

$$(P9) (X_{47} \& X_{44} \& X_{42}) \rightarrow U_{21} ;$$

6.Ахмедова, С.М., Магомедли, Х.М. Разработка алгоритма управления на основе продукционных правил ГПМ резки листов на карточки и очистка их поверхности// Материалы III республиканской научной конференции Прикладные задачи математики и новые информационные технологии, - Сумгаит: -15декабря-16 декабря,- 2016, - с.205-206.

- (P10) ($X_{47} \& X_{44} \& X_{46}$) $\rightarrow \lceil U_{22}$;
- (P11) ($X_{47} \& X_{43} \& X_{46}$) $\rightarrow \lceil U_{21}$;
- (P12) ($X_{42} \& X_{43} \& X_{46}$) $\rightarrow \lceil U_{23}$;
- (P13) ($X_{53} \& X_{52} \& X_{54} \& X_{56} \& X_{93}$) $\rightarrow U_{24}$;
- (P14) ($X_{51} \& X_{61} \& X_{55} \& X_{56} \& X_{93}$) $\rightarrow U_{25}$;
- (P15) ($X_{51} \& X_{61} \& X_{56} \& X_{94}$) $\rightarrow \lceil U_{25} \& \lceil U_{31} \& U_{37}$;
- (P16) ($X_{61} \& X_{62}$) $\rightarrow U_{31}$;
- (P17) ($X_{61} \& X_{62} \& X_{64} \& X_{66}$) $\rightarrow U_{32}$;
- (P18) ($X_{61} \& X_{63} \& X_{64}$) $\rightarrow \lceil U_{32}$;
- (P19) ($X_{63} \& X_{62} \& X_{64} \& X_{65}$) $\rightarrow U_{34}$;
- (P20) ($X_{62} \& X_{64} \& X_{66}$) $\rightarrow U_{32}$;
- (P21) ($X_{67} \& X_{63} \& X_{64}$) $\rightarrow \lceil U_{33}$;
- (P22) ($X_{67} \& X_{63} \& X_{64}$) $\rightarrow \lceil U_{33}$;
- (P23) ($X_{67} \& X_{63} \& X_{64}$) $\rightarrow \lceil U_{34}$;
- (P24) ($X_{71} \& X_{72} \& X_{73}$) $\rightarrow \lceil U_{35}$;
- (P25) ($X_{74} \& X_{75} \& X_{81}$) $\rightarrow \lceil U_{41}$;
- (P26) ($X_{81} \& X_{83} \& X_{85}$) $\rightarrow U_{42}$;
- (P27) ($X_{82} \& X_{83} \& X_{85}$) $\rightarrow U_{43}$;
- (P28) ($X_{82} \& X_{84} \& X_{85}$) $\rightarrow \lceil U_{42}$;
- (P29) ($X_{81} \& X_{84} \& X_{85}$) $\rightarrow U_{43}$;
- (P30) ($X_{86} \& X_{81} \& X_{84}$) $\rightarrow \lceil U_{43}$;
- (P31) ($X_{86} \& X_{84} \& X_{83}$) $\rightarrow \lceil U_{44}$;

Produksiya qaydaları formalaşdırılarkən hər bir idarə komandasının şərtlərində ayrı-ayrı mexatron qurğuların ümumi işçi zonalarda bir-birinə mane olmadan fəaliyyət göstərmələri nəzərə alınmalıdır. Odur ki, ÇİS produksiya qaydaları şəklində alqoritmlə fəaliyyət göstərərək onun mexatron qurğularının qarşılıqlı əlaqədə asinxronluq və paralellik prinsipləri şərtləri ödənilir.

ÇİS-in produksiya qaydaları şəklində idarəetmə alqoritmi aşağıdakı kimi onun real vaxt rejimində fəaliyyətini təmin edir: ardıcıl olaraq ÇİS-in müxtəlif mövqələrində quraşdırılmış sensorlardan (ÇİS-in qlobal verilənlər bazası) daxil olan informasiyalar biliklər bazasının Əgər hissələrində yazılmış uyğun ifadələrlə yoxlanılır. Cari situasiya şərtləri ödənilən bütün produksiya qaydaları uyğun icra mexanizmlərini aktivləşdirir və qlobal verilənlər bazası yeni situasiyalar çoxluğu vəziyyətinə keçir. Proses ardıcıl olaraq müəyyən vaxt intervalında avtomatik rejimdə davam edir.

ÇİS-in Petri şəbəkəsi ilə idarəedilməsi üçün 18 mövqe və 13 keçid müəyyən edilir:

Mövqələr:

P1 - NS1-in işə salınması

P2- G1 gilyatinin işinin nizamlanması

P3- G1- də kəsmə əməliyyatına nəzarət (upor) – yeni 1 dəfə kəsilmə

P4 - G1-ə xammalın daxil olması

P5 - G1- də kəsmə əməliyyatının yerinə yetirilməsi

P6 - G1- də kəsmə əməliyyatından sonra əmələ gələn təbəqə

P7 - G2 gilyatinin işinin nizamlanması

P8 - NS2-in işə salınması

P9 – G2-ə təbəqənin daxil olması

P10 – G2- də kəsmə əməliyyatına nəzarət (upor) – yeni 1 dəfə kəsilmə

- P11 – G2- də kəsmə əməliyyatının yerinə yetirilməsi
- P12 – G2- də kəsmə əməliyyatından sonra əmələ gələn vərəq
- P13 - Mexaniki təmizləmə qurğusunun işə salınması
- P14 – Mexaniki təmizləmə qurğusuna vərəqin daxil olması
- P15 – Mexaniki təmizləmə qurğusunda təmizlənmə əməliyyatına nəzarət (upor) – yəni 1 vərəqin təmizlənməsi
- P16 – Mexaniki təmizləmə qurğusunda təmizlənmə əməliyyatının yerinə yetirilməsi
- P17 – Mexaniki təmizləmə qurğusunda təmizlənmə əməliyyatından sonra təmizlənmiş vərəq
- P18 - Mexaniki təmizləmə qurğusunun işinin nizamlanması

Keçidlər:

- t1 - G1-ə xammalın daxil olması
- t2 - G1- də kəsmə əməliyyatının başa çatması
- t3 - G1- in boşaldılması
- t4 - Təbəqənin SR1 vasitəsilə NS2-yə ötürülməsi
- t5 - G2-yə təbəqənin daxil olması
- t6 - G2- də kəsmə əməliyyatının başa çatması
- t7 - G2- in boşaldılması
- t8 - SR1-in NS2-dən G1-ə qayıtması
- t9 - Vərəqin SR2 vasitətilə Mexaniki təmizləmə qurğusuna ötürülməsi
- t10 – Mexaniki təmizləmə qurğusuna vərəqin daxil olması
- t11 - Mexaniki təmizləmə qurğusunda təmizlənmə əməliyyatının yerinə yetirilməsi
- t12 - Mexaniki təmizləmə qurğusunun boşaldılması
- t13 - SR2-nin Mexaniki təmizləmə qurğusundan NS2-ə qayıtması

I və **O** – giriş və çıxış funksiyalarının çoxluğu təyin edilir

$$\# (t_j, I(p_j)) = \# (p_j, O(t_j)), \# (t_j, O(p_j)) = \# (p_j, I(t_j)).$$

| | |
|--|---|
| $I(p_1) = \{-\},$ | $O(p_1) = \{t_1\},$ |
| $I(p_2) = \{t_1, t_3, t_8\}$ | $O(p_2) = \{t_1, t_3, t_4\},$ |
| $I(p_3) = \{t_3\},$ | $O(p_3) = \{t_1\},$ |
| $I(p_4) = \{t_1\},$ | $O(p_4) = \{t_2\},$ |
| $I(p_5) = \{t_2\},$ | $O(p_5) = \{t_3\},$ |
| $I(p_6) = \{t_3\},$ | $O(p_6) = \{t_4\},$ |
| $I(p_7) = \{t_5, t_7, t_{13}\},$ | $O(p_7) = \{t_5, t_7, t_9\},$ |
| $I(p_8) = \{t_4\},$ | $O(p_8) = \{t_5\},$ |
| $I(p_9) = \{t_5\},$ | $O(p_9) = \{t_6\},$ |
| $I(p_{10}) = \{t_7\},$ | $O(p_{10}) = \{t_5\},$ |
| $I(p_{11}) = \{t_6\},$ | $O(p_{11}) = \{t_7\},$ |
| $I(p_{12}) = \{t_7\},$ | $O(p_{12}) = \{t_9\},$ |
| $I(p_{13}) = \{t_9\},$ | $O(p_{13}) = \{t_{10}\},$ |
| $I(p_{14}) = \{t_{10}\},$ | $O(p_{14}) = \{t_{11}\},$ |
| $I(p_{15}) = \{t_{12}\},$ | $O(p_{15}) = \{t_{10}\},$ |
| $I(p_{16}) = \{t_{11}\},$ | $O(p_{16}) = \{t_{12}\},$ |
| $I(p_{17}) = \{t_{12}\},$ | $O(p_{17}) = \{-\},$ |
| $I(p_{18}) = \{t_9, t_{10}, t_{12}\},$ | $O(p_{18}) = \{t_{10}, t_{12}, t_{13}\}.$ |
| $I(t_1) = \{p_1, p_2, p_3\},$ | $O(t_1) = \{p_2, p_4\},$ |
| $I(t_2) = \{p_4\},$ | $O(t_2) = \{p_5\},$ |

$$I(t_3) = \{p_2, p_5\},$$

$$I(t_4) = \{p_2, p_6\},$$

$$I(t_5) = \{p_7, p_8, p_{10}\},$$

$$I(t_6) = \{p_9\},$$

$$I(t_7) = \{p_7, p_{11}\},$$

$$I(t_8) = \{p_7\},$$

$$I(t_9) = \{p_7, p_{12}\},$$

$$I(t_{10}) = \{p_{13}, p_{15}, p_{18}\},$$

$$I(t_{11}) = \{p_{14}\},$$

$$I(t_{12}) = \{p_{16}, p_{18}\},$$

$$I(t_{13}) = \{p_{18}\},$$

$$O(t_3) = \{p_2, p_3, p_6\},$$

$$O(t_4) = \{p_7, p_8\},$$

$$O(t_5) = \{p_7, p_9\},$$

$$O(t_6) = \{p_{11}\},$$

$$O(t_7) = \{p_7, p_{10}, p_{12}\},$$

$$O(t_8) = \{p_2\},$$

$$O(t_9) = \{p_{13}, p_{18}\},$$

$$O(t_{10}) = \{p_{14}, p_{18}\},$$

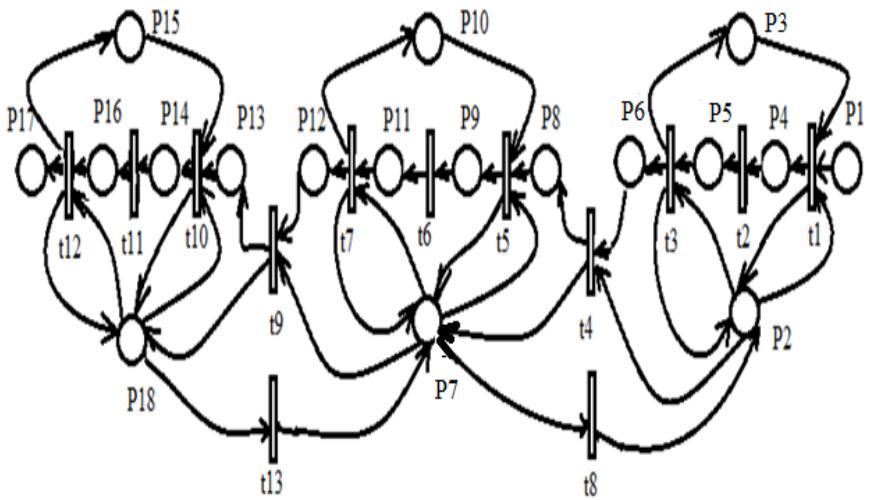
$$O(t_{11}) = \{p_{16}\},$$

$$O(t_{12}) = \{p_{15}, p_{17}, p_{18}\},$$

$$O(t_{13}) = \{p_7\},$$

İlkin markerləşmə $M_0 = (10, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1)$

Uyğun olaraq, ÇİS-in Petri şəbəkəsi ilə idarədilməsinin qraf-sxemi işlənmişdir (şəkil 9).



Şəkil 9. ÇİS-in Petri şəbəkəsi ilə idarəedilməsinin graf-sxemi

NƏTİCƏ

1. Problemin müasir vəziyyətinin araşdırılması və müqayisəli təhlili nəticəsində dissertasiya işinin məqsədi formalaşdırılmış və bu məqsədə nail olmaq üçün işdə həlli tələb olunan məsələlər müəyyən edilmişdir.

2. Mürəkkəb istehsal sisteminin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqinin ümumiləşdirilmiş avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturası təklif edilmiş və işlənmişdir.

3. Mürəkkəb sistemlər kateqoriyasına aid edilən ÇİS-lərin avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsinə qoyulan tələbatlar təyin edilmiş və onun kompüter eksperimentləri ilə tədqiqində imitasiya modelləşdirilməsi üsullarının istifadəsinin məqsədəuyğunluğu və nəticələrinin animasiya üsulları ilə təsvirinin aktuallığı əsaslandırılmışdır.

4. Tədqiqat obyektini kimi seçilmiş xammalı təbəqələrə, təbəqələri vərəqlərə doğrayan və vərəqin üz səthini təmizləyən istehsal sisteminin konseptual modeli formalaşdırılmış, istehsal sahəsinə qoyulan tələbatlar da nəzərə alınmaqla ÇİS-in struktur – kinematik sxemi işlənmişdir.

5. ÇİS-in imitasiya modelinin verilənlər, biliklər, animasiya təsvirləri bazalarını yaradan və RAO-studio proqram kompleksi mühitində fəaliyyət göstərən avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturası təklif edilmiş və işlənmişdir.

6. ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsinin alqoritmi təklif edilmiş və ona uyğun olaraq imitasiya modelinin kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi aparılmış, imitasiyanın nəticələri animasiya üsulları ilə təsvir olunaraq ÇİS-in layihələndirilməsinin məqsədəuyğunluğu qiymətləndirilmişdir.

7. İmitasiya eksperimentləri ilə formalaşdırılmış zaman Petri şəbəkəsi alqoritmini real obyektə tətbiq etmək üçün ÇİS-in fəaliyyətinin müxtəlif situasiyalarını nəzərə alan, yəni ÇİS-in qovşaqlarının mövqelərində quraşdırılmış sensorlardan daxil olan informasiyalardan təşkil edilmiş qlobal verilənlər və produksiya qaydaları şəklində biliklər bazaları şəklində idarəetmə alqoritmi işlənmişdir.

Dissertasiyanın əsas müddələri aşağıdakı elmi işlərdə dərc edilmişdir:

1. Əhmədova, S.M., Petri şəbəkələrinin tətbiqi ilə layihələndirilən obyektin fəaliyyət modelinin qurulmasının analizi// Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları. Respublika elmi konfransının materialları, - Sumqayıt: - 27 noyabr - 28 noyabr, -2007,- s. 198-199.

2. Mamedov, J.F., Akhmedova, S.M., Maghommedli, H.M. Simulation and investigation of dynamical technical system working represented by final automat by means of Petri network // VII Mezinarodni vedecko-prakticka conference.Aktualni vymozenosti.-Praha :– 27 June – 05 July,- 2011,-p. 37-39.

3. Əhmədov, M.A., Məhəmmədli, H.M., Əhmədova, S.M. Fəaliyyətləri sonlu avtomatlarla təsvir olunan dinamik texniki sistemlərin Petri şəbəkələri ilə modelləşdirilməsi və tədqiqi // Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları II Respublika elmi konfransı, Sumqayıt: - 27 noyabr - 28 noyabr, - 2012, - s.151-152.

4. Əhmədova, S.M., Məhəmmədli, H.M., Nəsirova, E.Ə., Əliyev E.İ. ÇİS-in struktur modelinin animasiya avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətləri ilə tədqiqinə qoyulan tələbatların təyini // Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları II Respublika elmi konfransı,- Sumqayıt: , - 27 noyabr -28 noyabr, - 2012, - s.149-150.

5. 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: -20 dekabr-21 dekabr,- 2012, - s.121-124.

6. Мамедов, Дж.Ф., Ахмедова, С.М., Амирасланов, Б.К., Джафарова, Ш.М., Мамедова, М.Р. Разработка алгоритмического обеспечения функционального исследования системы управления гибкого производственного участка // II Международная Научно-Практическая Конференция –Новые

технологии и проблемы технических наук. Сборник научных трудов по итогам конференции, - Красноярск: -10 ноября, - 2015, - с.21-23.

7. Ахмедова, С.М., Магомедли, Х.М. Разработка алгоритма управления на основе производственных правил ГПМ резки листов на карточки и очистка их поверхности// Материалы III республиканской научной конференции Прикладные задачи математики и новые информационные технологии, - Сумгаит: - 15декабря-16 декабря,- 2016, - с.205-206.

8. Əhmədov, M.A., Əhmədova, S.M., Süni intellekt üsulları ilə çevik istehsal sistemlərinin kompüter modelləşdirilməsi // İqtisadiyyatın davamlı inkişafı problemlər, perspektivlər, Beynəlxalq elmi konfransın materialları,- Sumqayıt: -27 aprel - 28 aprel, - 2016,- s.167-169.

9. Ахмедова, С.М. Моделирование и исследование производственного модуля с использованием временной сети Петри // Прикладная наука как инструмент развития нефтехимических производств - Материалы Международной научно-практической конференции посвященной дню Химики и 40-летию кафедры химико-технологических процессов филиала Уфимского государственного нефтяного технического университета в г.Салавате, -Уфа: 10 мая - 26 мая -2017,-с.297-299.

10. Ахмедов, М.А., Ахмедова С.М. Разработка алгоритма имитационного моделирования гибкой производственной системы с использованием программного комплекса RAO-STUDIO на языке РДО// 62-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета, -Астрахан: -23 апреля -27 апреля,- 2018, - с.145.

11. Əhmədov, M.A., Əhmədova, S.M. Mürəkkəb sistemlərin imitasiya modelləşdirilməsilə tədqiqinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasının işlənməsi // “Tətbiqi fizika və energetikanın aktual məsələləri” Beynəlxalq elmi-

texniki konfransın materialları,- Sumqayıt: -24 may-25 may, - 2018, -s.381-383.

12. Əhmədova, S.M., Çevik istehsal modulunun RAO-studio proqram kompleksinin tətbiqi ilə imitasiya modelləşdirilməsi // İnformasiya sistemləri və texnologiyalar: nailiyyətlər və perspektivlər,Beynəlxalq elmi konfransının materialları, -Sumqayıt: 15 noyabr-16 noyabr,-2018, s.275-277.

13. Ахмедова, С.М., Магомедли, Х.М., Исследование гибкой производственной системы методами имитационного моделирования на этапе системотехнического проектирования // Труды научно-практической конференции с международным участием "Инженерные системы - 2019",-Москва: 03 апреля-05 апреля,- 2019, с. 493-503.

14. Ахмедова, С.М., Ахмедов, М.А., Реализация алгоритма имитационной модели на примере гибкой производственной системы // Сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции "САПР и моделирование в современной электронике",- Брянск: 24 октября-25 октября , -2019 , с. 159-162.

15. Ахмедов, М.А. Автоматизированное проектирование ГПС с применением сети Петри / М.А.Ахмедов, С.М.Ахмедова, Х.М.Ахмедова // Научные известия СГУ, - Сумгаит: -2002.№1,-с.47-51.

16. Əhmədov,M.A. Çevik istehsalat sistemlərinin fəaliyyətinin sonlu avtomatlar şəklində təsvirinin Petri şəbəkələrinə avtomatlaşdırılmış çevrilməsi alqoritmi /M.A.Əhmədov,Z.Ə Sadıxov, S.M. Əhmədova // SDU-nun Elmi xəbərləri, Təbiət və texniki elmlər bölməsi,- Sumqayıt: -2004.№2, - s.65-70.

17. Əhmədova,S.M. Petri şəbəkələrinin tətbiqi ilə texnoloji yığma prosesinin fəaliyyət modelinin qurulması və tədqiqi/ S. M. Əhmədova, T.A.Tağıyeva,Ş.M. Cəfərova// SDU-nun Elmi xəbərləri, Təbiət və texniki elmlər bölməsi, -Sumqayıt: -2010. № 2,-s.91-96.

18. Əhmədov, M.A. ÇİS-in verilənlər və biliklər bazalarının yaradılması və idarə alqoritminin kompüter

eksperimentləri ilə tədqiqi / M.A.Əhmədov,S.M. Əhmədova, E.Ə.Nəsirova //SDU-nun Elmi xəbərləri, Təbiət və texniki elmlər bölməsi, -Sumqayıt:- 2010.№ 4 , -s.64-71.

19. Əhmədova, S.M., Məhəmmədli H.M. Xammalın tələb olunan ölçülərdə vərəqlərə doğranılması çevik istesal modulunun idarə edilməsinin produksiya qaydalarının işlənməsi/ S.M.Əhmədova,H.M.Məhəmmədli // SDU-nun Elmi xəbərləri, Təbiət və texniki elmlər bölməsi, -Sumqayıt: - 2015.№ 4, - s.73-77.

20. Ахмедов, М.А. Разработка архитектуры инструмента автоматизированного проектирования имитационной модели гибкого производственного модуля /М.А.Ахмедов, С.М.Ахмедова// Системы управления и информационные технологии,-Москва-Воронеж:-2015. №4.1(62), – с. 104-107.

21. Əhmədova, S.M. İstehsal sistemlərinin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasının işlənməsi// - Sumqayıt :SDU-nun Elmi xəbərləri, Texniki elmlər bölməsi,- 2018.№ 2,- s.51-55.

22. Əhmədova, S.M. İmitasiya modelləşdirilməsi alqoritminin işlənməsi və onun çevik istehsal sisteminin tədqiqinə tətbiqi// - Sumqayıt :SDU-nun Elmi xəbərləri, Texniki elmlər bölməsi,- 2019.№ 2,- s.64-71.

23. Akhmedova, S.M. Research of a flexible production system by methods of imitating modeling at a stage of sistemotechnical design // - Москва:Программные системы и вычислительные методы,- 2019. № 4. – С. 77 – 86.



Dissertasiyanın müdafiəsi 21 may 2021ci il tarixində saat 11.00 Sumqayıt Dövlət Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.25 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ5008, Sümqayıt şəhəri, 43 məhəllə

Dissertasiya ilə Sumqayıt Dövlət Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Sumqayıt Dövlət Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 9 aprel 2021 il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 06.04.2021

Kağızın formatı: 60*84^{1/16}

Həcm: 36889

Tiraj: 100