

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

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

İxtisas: 3338.01 – Sistemli analiz, idarəetmə və informasiyanın işlənməsi
Elm sahəsi: Texnika elmləri

Fəlsəfə doktoru
elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş

DİSSERTASIYA

İddiaçı: _____ **Svetlana Məhərrəm qızı Əhmədova**

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

Sumqayıt – 2021

MÜNDƏRİCAT

| | səh. |
|---|------|
| GİRİŞ..... | 4 |
| I FƏSİL. Problemin müasir vəziyyəti və məsələnin qoyuluşu..... | 15 |
| 1.1. Ədəbiyyat mənbələrinə və təcrübəyə istinadən proseslərin tədqiqində imitasiya modelləşdirilməsinin tətbiqinin analizi..... | 15 |
| 1.2. ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqində animasiya üsullarının tətbiqi..... | 39 |
| Birinci fəsildə əsas nəticələr..... | 44 |
| II FƏSİL. Mürəkkəb xarakterli istehsal sistemlərinin ilkin layihələndirmə mərhələlərində imitasiya modelləşdirilməsi üsulları ilə tədqiqi..... | 46 |
| 2.1. İstehsal sisteminin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqinin ümumiləşdirilmiş avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasının işlənməsi..... | 47 |
| 2.2. Çevik istehsal sistemlərinin avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsinə qoyulan tələbatların təyini..... | 51 |
| 2.2.1. ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsi sisteminin seçilməsi və əsas funksiyalarının təyini..... | 55 |
| 2.2.1.1.RAO-studio proqram kompleksinin vəzifələri və əsas xarakteristikaları..... | 63 |
| İkinci fəsildə əsas nəticələr..... | 66 |
| III FƏSİL. Müstəvi növlü xammalları emal edən çevik istehsal sisteminin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqi..... | 67 |
| 3.1. Müstəvi növlü xammalın təbəqələrə, təbəqələrin vərəqlərə doğranması, üz səthinin təmizlənməsi istehsal sahəsinin konseptual modelinin və ÇİS-in struktur-kinematik sxeminin işlənməsi..... | 69 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 3.1.1. | Xammalın təbəqələrə, təbəqələri vərəqlərə doğrayan və üz səthini təmizləyən ÇİS-in imitasiya modelinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasının işlənməsi..... | 72 |
| 3.2. | ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsi alqoritminin işlənməsi..... | 73 |
| 3.3. | ÇİS-in imitasiya modelinin idarəolunmasının zaman Petri şəbəkəsi ilə animasiyası..... | 87 |
| | Üçüncü fəsildə əsas nəticələr..... | 101 |
| IV | FƏSİL. İmitasiya modelləşdirilməsinin nəticələrinin xammalın təbəqələrə, təbəqələrin vərəqlərə doğranması və vərəqərin üz səthinin təmizlənməsi ÇİS-in avtomatik idarədilməsinə tətbiqi | 102 |
| 4.1. | Xammalın təbəqələrə, təbəqələri vərəqlərə doğrayan və vərəqin üz səthini təmizləyən ÇİS-in idarəetmə sisteminin struktur – funksional sxeminin işlənməsi..... | 104 |
| 4.2. | ÇİS-in idarəetmə sisteminin verilənlər və biliklər bazalarının yaradılması..... | 106 |
| 4.2.1. | ÇİS-in Petri şəbəkəsi ilə idarədilməsinin qraf-sxeminin işlənməsi... | 119 |
| | Dördüncü fəsildə əsas nəticələr..... | 124 |
| | NƏTİCƏ | 125 |
| | İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT SİYAHISI..... | 126 |
| | ƏLAVƏLƏR..... | 141 |
| | İXTİSARLARIN SİYAHISI | 170 |

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. 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 göstərilməlidirlər. Odur ki, ilkin layihələndirmə mərhələlərində layihə edənlərin ideyaları son nəticədə natural realizə edilən fiziki modellərin tətbiqində özlərini doğrultmurlar ki, 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 verə bilər.

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.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Müstəvi səthli xammalı təbəqələrə, təbəqələri vərəqlərə doğrayan, vərəqin üz səthini mexaniki təmizləyən çevik istehsal sisteminin ilkin layihələndirmə mərhələsində yaradılmasının məqsəduyğunluğunun qiymətləndirilməsinin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqi, imitasiyanın nəticələrinin animasiya üsulları ilə, idarəedilməsinin Petri şəbəkəsi ilə təsviri və real obyektə fəaliyyətinin idarəetmə alqoritminin işlənməsi tədqiqatın məqsədidir.

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 idarəedilməsinin nəticələrinin zaman Petri şəbəkəsi ilə təsviri;

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

Tədqiqat metodları. İşdə qarşıya qoyulmuş vəzifələri həll etmək üçün müasir modelləşdirmə üsullarından, o cümlədən mürəkkəb diskret sistemlərin tədqiqi üçün

imitasiya modelləşdirilməsi 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:

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

– mürəkkəb diskret istehsal sisteminin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin ümumiləşdirilmiş arxitekturasının işlənməsi;

– tədqiqat obyektini kimi seçilmiş xammalı təbəqələrə, təbəqələri vərəqlərə doğrayan və vərəqin üz səthini təmizləyən ÇİS-in konseptual modelinin və struktur-kinematik sxeminin işlənməsi;

– ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsi aparatını kimi РДО (Ресурсы-Действия-Операции) mühitində fəaliyyət göstərən RAO-studio (Resources-Actions-Operations-studio) program kompleksinin seçilməsinin əsaslandırılması və onun əsasında təklif edilmiş və işlənmiş imitasiya modelinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasının işlənməsi;

– ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsinin alqoritminin işlənməsi;

– ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsinin verilənlər, produksiya qaydaları şəklində biliklər, animasiya bazalarının yaradılması ilə kompüter eksperimentlərinin yerinə yetirilməsinin işlənməsi və imitasiyanın nəticələrinin animasiyası;

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

– ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsinin nəticələrinin real fiziki modelin idarəedilməsində tətbiqi üçün qlobal verilənlər və biliklər bazalarının yaradılması və idarə alqoritminin işlənməsi;

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Dissertasiya işinin elmi yenilikləri kimi aşağıdakıları göstərmək olar:

– mürəkkəb diskret istehsal sistemlərinin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqi üçün avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturası təklif edilmiş və işlənmişdir;

– mürəkkəb diskret istehsal sistemləri kateqoriyasına aid edilən çevik istehsal sisteminin avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsinə qoyulan tələbatlar təyin edilmiş, imitasiya modeli aparatı kimi RAO-studio proqram kompleksinin seçilməsi əsaslandırılmışdır;

– ilkin layihələndirmə mərhələsində çevik istehsal sisteminin yaradılmasının məqsədəuyğunluğunun qiymətləndirilməsinin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqi əsaslandırılmış, ÇİS-in imitasiya modelinin arxitekturası təklif edilmiş və işlənmişdir;

– tədqiqat obyektini kimi seçilmiş xammalı təbəqələrə, təbəqələri vərəqlərə doğrayan və vərəqin üz səthini təmizləyən ÇİS-in imitasiya modeli kompüter eksperimentləri ilə tədqiq edilmiş, imitasiyanın nəticələri animasiya üsulları ilə təsvir edilmişdir;

– ÇİS-in imitasiya modeli Petri şəbəkəsinin elementləri ilə yaradılmış və idarəedilməsinin nəticələri zaman Petri şəbəkəsi ilə təsvir edilmişdir;

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

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Müxtəlif təyinatlı mürəkkəb diskret sistemin layihələndirmə mərhələlərinin səmərəliliyinin yüksəldilməsi, ilkin layihələndirmə mərhələlərində yeni layihələndirilən obyektlərin yaradılmasının məqsədəuyğunluğunun qiymətləndirilməsində, imitasiya modelləşdirilməsi 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 yerinə yetirilməsində tətbiq edilmiş və magistr dissertasiya işlərinin yerinə yetirilməsində istifadə oluna bilər.

Aprobasiyası və tətbiqi. 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: problemlər, perspektivlər. Beynəlxalq elmi konfrans (Sumqayıt, 27-28 aprel 2016); Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları III Respublika elmi konfransı. Sumqayıt , 15-16 dekabr 2016; Прикладная наука как инструмент развития нефтехимических производств – Международная научно – практическая конференция филиала Уфимского государственного нефтяного технического университета в г.Салавате (Уфа-2017); Тətbiqi fizika və energetikanın aktual məsələləri–2018. Beynəlxalq elmi-texniki konfrans (Sumqayıt–2018) ; 62-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета (Астрахан, 23 -27 апреля 2018 года); Informasiya sistemləri və texnologiyalar: nailiyyətlər və perspektivlər Beynəlxalq elmi konfrans (Sumqayıt , 15-16 noyabr 2018); Научно-практическая конференция с международным участием «Инженерные системы – 2019» (Москва, 3–5апреля 2019года); III Международная научно-практическая конференция "САПР и

моделирование в современной электронике" (г.Брянск , 24 – 25 октября 2019 года).

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

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

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.

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 əhəmiyyət və nəticələrin tətbiqi, işin aprobeşiyası, 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.

Bildirilir ki, mürəkkəb diskret istehsal sistemlərinin, o cümlədən həmin kateqoriyaya aid edilən ÇİS-in layihələndirilməsində sistemli kompleks yanaşmadan istifadə olunmalıdır. İmitasiya modelləşdirilməsinin (İM) sistemlərin modelləşdirilməsi və kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi üçün səmərəli alət olmasına baxmayaraq, eksperimentlərin gedişi mərhələləri tədqiqatçı üçün gizli yerinə yetirilir və ancaq son nəticədə aşkarlanır ki, bu da tədqiqatçının İM-nə müdaxilə etməsini məhdudlaşdırır. Əksər hallarda İM-dən əvvəl tədqiq olunan

obyektin statik analizinin aparılması, obyekt haqqında daha ətraflı biliklərin əldə olunması tələb olunur. Bu məsələnin səmərəli həlli üçün təcrübədə sistemlərin kompüteriyönümlü texnologiyalarla işlənməsi CASE-texnologiyaları (Computer Aided System Engencering) geniş istifadə olunur. Belə ki, mürəkkəb sistemin modelinin qurulması onda baş verən proseslərin yazılışından başlanır. Hər bir proses nisbətən sadə elementlər çoxluğundan–fəaliyyətlərdən təşkil olunur. Mürəkkəb sistemlərdə fəaliyyətlər ümumi, adətən məhdudlaşdırılmış resurslardan istifadə etməklə paralel, asinxron və kombinə edilmiş rejimlərdə özlərini göstərirlər. Odur ki, İM-i yaradanlar mürəkkəb sistemin proseslərini və onların tərkib hissələri olan fəaliyyətləri, eyni zamanda digər layihə edənlərlə informasiya mübadilələrini ümumi dildə yerinə yetirməyi mükəmməl bilməlidir. Bu məqsədlə fəaliyyətlərin təsviri və onların qarşılıqlı əlaqələrinin təyini diaqramları metodologiyası işlənməlidir. Bu funksiyaları CASE-texnologiyaları ilə səmərəli yerinə yetirmək olar.

Qeyd olunur ki, İM proqram komplekslərinin əksəriyyətinin əsas çatışmayan cəhəti kompüter eksperimentləri zamanı imitasiyanın nəticələrinin ayrı-ayrı mərhələlərdə eksperimenti aparan üçün aşkar olunmamasıdır və eksperimentin nəticəsi ancaq son nəticədə məlum olur. Bu isə öz növbəsində eksperimentlərin müsbət nəticəyə nail olmasını təmin etmək üçün iterasiya rejimində çoxlu sayda təkrarlanmasını tələb edir.

Təcrübədə bu problemi həll etmək üçün imitasiya proqram komplekslərinin müxtəlif təyinatlı animasiya proqram kompleksləri ilə kombinə olunmuş şəkildə işlənməsini tələb edir. Bu məqsədlə dissertasiya işində müxtəlif təyinatlı animasiya proqram kompleksləri müqayisəli şəkildə analiz edilmiş, hər birinin üstün və çatışmayan xüsusiyyətləri və səmərəli tətbiq sahələrinə baxılmışdır.

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.

Göstərilmişdir ki, adı çəkilən problemləri kompleks şəkildə həll etmək üçün mövcud proqram kompleksləri içərisində Bauman adına Moskva Dövlət Texniki Universitetində işlənmiş РДО (Ресурсы-Действия-Операции) İM mühitidir. Bu mühitdə fəaliyyət göstərən RAO-studio proqram kompleksi həm İM-in nəticələrini animasiya üsulları ilə təsvir etmək, həm də mürəkkəb diskret istehsal sisteminin idarəedilməsini də tədqiq etməyə və nəticələrin Zaman Petri şəbəkəsi ilə təsvir etməyə imkan verir.

Analizin nəticələrini ümumləşdirərək dissertasiya işinin məqsədi formalaşdırılmış və bu məqsədə nail olmaq üçün həlli tələb olunan vəzifələr müəyyən edilmişdir.

İkinci fəsildə mürəkkəb xarakterli istehsal sistemlərinin ilkin layihələndirmə mərhələlərində imitasiya modelləşdirilməsi üsulları ilə tədqiqi məsələlərinə baxılır. Bu məqsədlə istehsal sistemlərinin layihələndirmə mərhələləri və onların səmərəliliyinin yüksəldilməsi yollarına baxılır. 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. Belə ki, ÇİS-lər bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyət göstərən çox saylı dinamik mexatron qurğular toplusundan ibarətdir. Təcrübə göstərir ki, əksər hallarda layihəedənlərin layihələndirmənin ilkin mərhələlərdəki ideyaları son mərhələdə, yəni natura ilə realizə olunmuş fiziki modellərin sınaqlarında özünü doğrultmur və nəzərə alınmamış səhvlərin aradan qaldırılması üçün layihə prosedurlarının təkrarən yerinə yetirilməsini, əlavə resurslar tələb edir, layihə müddətinin artmasına səbəb olur. 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 üsullardan biri imitasiya modelləşdirilməsidir. İM-in mürəkkəb istehsal sistemlərində tətbiqi və proseslərin tədqiqi üçün bu fəsilə İM-in avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin ümumləşdirilmiş arxitekturası təklif edilmiş və işlənmişdir. Tədqiqat obyektini kimi mürəkkəb istehsal sistemləri kateqoriyasına aid edilən ÇİS-lər qəbul edildiyindən, onların avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsinə qoyulan tələbatlar təyin edilmiş, bu məqsədlə imitasiya modelləşdirilməsindən istifadə yolları və imitasiyanın nəticələrinin animasiya üsulları ilə təsvirinin məqsədəuyğunluğu göstərilmişdir. ÇİS-in İM ilə tədqiqi üçün PДO 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 struktur-kinematik sxemini iki ölçülü fəzada imitasiyasını realizə etməyə və nəticələrinin animasiya üsulu ilə təsvir etməyə imkan verir. Digər tərəfdən ÇİS-in idarəedilməsi özü də mürəkkəb sistemlər kateqoriyasına aid edildiyindən, RAO-studio proqram kompleksi ÇİS-in imitasiya modelinin Petri şəbəkəsinin elementləri ilə qurulmasını, idarəetmə alqoritminin zaman Petri şəbəkəsi ilə realizasiyasını və dinamikada təsvirinə imkan verir.

Üçüncü fəsil müstəvi növlü xammalları emal edən çevik istehsal sisteminin imitasiya modelləşdirilməsi və kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi məsələlərinə həsr edilmişdir. Müstəvi növlü xammalları emal edən istehsal sistemlərinin əsas fərqləndirici xassələri analiz edilmiş, sistemdə baş verən proseslərin konseptual modeli formalaşdırılaraq, istehsal sisteminə qoyulan tələbatlar nəzərə alınmaqla xammalı təbəqələrə, təbəqələri vərəqlərə doğrayan və vərəqin üz səthini təmizləyən ÇİS-in struktur-kinematik sxemi işlənmişdir.

Göstərilmişdir ki, mahiyyətə RAO-studio proqram kompleksində obyektlərin və idarəetmə alqoritmlərinin yerinə yetirilməsi biliklərin təsviri dillərindən istifadə etməklə yerinə yetirilir, imitasiya modelindən istifadə etməklə müxtəlif təyinatlı obyektlərin sistemli analizi və sintezi məsələlərinin, mürəkkəb idarəetmə sistemində qərar qəbul etməni və obyektin dinamikasının kompüterdə təsvirini həyata keçirir.

Dissertasiyada göstərilən funksiyaları realizə etmək üçün RAO-studio program kompleksi mühitində fəaliyyət göstərən ÇİS-in imitasiya modelinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin (ALA) arxitekturası işlənmişdir. İmitasiya modeli RAO-studio program kompleksinin qoşmalarından istifadə edilməklə ALA vasitəsi ilə yaradılır. ÇİS-in tədqiqinin imitasiya modelləşdirilməsi alqoritmi, ALA tərəfindən yaradılmış verilənlər, biliklər bazalarının və animasiya təsvirləri modullarının qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyətlərini təmin etməklə SMR qoşmasının vasitəsi ilə imitasiya eksperimentlərini həyata keçirir və imitasiyanın nəticələri animasiya üsulları ilə təsvir olunur. ÇİS-in idarəetmə sistemi zaman Petri şəbəkəsi ilə təsvir etmək üçün imitasiya modeli Petri şəbəkəsinin elementləri ilə yaradılır və ÇİS-in tədqiqinin imitasiya modelləşdirilməsi alqoritminə uyğun olaraq imitasiya modeli kompüter eksperimentləri ilə tədqiq edilir və nəticələr zaman Petri şəbəkəsi ilə təsvir olunur.

Dördüncü fəsil imitasiya modelləşdirilməsinin nəticələrinin xammalın təbəqələrə, təbəqələrin vərəqlərə doğranması, üz səthinin təmizlənməsi ÇİS-in real obyektə avtomatik idarəedilməsinə tətbiqi məsələlərinin həllinə həsr edilmişdir. Mürəkkəb diskret sistemlərin , xüsusən də ÇİS-in idarəedilməsində əsasən mövqeli 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 global 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 imitasiya

modelləşdirilməsinin 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 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 işlənmiş, 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 alqoritmi işlənmişdir.

ÇİS-in Petri şəbəkəsi ilə idarəedilməsinin qraf-sxemi işlənmişdir. Bu məqsədlə 18 mövqe və 13 keçid müəyyən edilərək, giriş və çıxış şərtləri təyin olunmuş və ÇİS-in Petri şəbəkəsi ilə idarəedilməsinin qraf-sxemi təsvir edilmişdir.

I FƏSİL. PROBLEMİN MÜASİR VƏZİYYƏTİ VƏ MƏSƏLƏNİN QOYULUŞU

1.1. Ədəbiyyat mənbələrinə və təcrübəyə istinadən proseslərin tədqiqində imitasiya modelləşdirilməsinin tətbiqinin analizi

İnformasiya texnologiyasının sürətlə inkişafı və onun mürəkkəb proseslərin idarə olunmasında rolu, yarandığı dövrdən daim inkişaf edən imitasiya modelləşdirilməsini, aparılan elmi tədqiqatların əsas alətlərindən birinə çevirdi.

İmitasiya modelləşdirilməsi aşağıdakı hallarda tətbiq edilir [101,s.12]:

- prosesin mürəkkəb dinamikası riyazi üsullar vasitəsilə təsvir edilə bilmir;
- çoxlu sayda təsadüfi amillərin prosesin göstəricilərinə təsirini qiymətləndirmək tələb olunur;

- real proses hələ yaradılmamışdır və hazırlanan prosesin variantlarını yoxlamaq tələb olunur ;

- çox qısa və ya çox uzun vaxt müddəti üçün sistemin davranışı anlaşılmaqdır.

İmitasiya modelləşdirilməsi zamanı tədqiq olunan real sistemi kifayət qədər dəqiq təsvir edən modellə əvəz edərək, bu sistem haqqında tam informasiya əldə etmək məqsədilə eksperimentlər aparılır. Model elə qurulmalıdır ki, o obyektin əsas xassələrini tam və dolğun təsvir etsin, qarşıya qoyulmuş məqsədə uyğun olaraq tədqiq edilmə qabiliyyətinə malik olsun [69, s.49; 101, s.45].

Modelləşdirməyə həsr olunmuş bir çox ədəbiyyatda modelləşdirmə metodlarının klassifikasiyası verilmişdir [88, s.32].

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 təsviri üçün tətbiq edilir[69, s.3].

İmitasiya modelləşdirilməsi obyektin modelinin özünü vaxta görə necə aparmasını təsvir edərək tədqiq edir. Obyektin fəaliyyətinə onun kompüter və riyazi modelləri əsasında baxılır və tədqiq olunan obyekt haqqında statistik məlumatlar toplanaraq analiz olunur. Bu halda zamana uyğun olaraq baxılan sistemin modeli dinamik olur. Dinamik modellər iki kateqoriyaya bölünür - idarəolunan və idarəolunmayan.

İdarəolunmayan modellər sistemin fəaliyyətinin modelləşdirilməsini dəyişməz parametrlər yığımı və xassələri əsasında təyin edir.

İdarəolunan modellərdə isə sistemin bəzi xassələri modelləşdirmə vaxtı dəyişdirilə bilər, yəni bu xassələri idarə etmək olar. Ona görə də, idarəolunmayan modellər əsasında modelləşdirilən sistemləri avtomatik, idarəolunan modellər əsasında modelləşdirilən sistemləri isə avtomatlaşdırılmış hesab edirlər [49, s.199].

[37, s.208] –də qeyd edilmişdir ki, Winter Simulation Conference-də imitasiya modelləşdirilməsi üzrə işlərin analizi göstərdi ki, onun gələcək inkişafının əsas istiqamətləri aşağıdakılardır: obyekt yönümlü imitasiya modelləşdirilməsi sistemləri, quraşdırılmış imitasiya modelləşdirilməsi, optimallaşdırmanı dəstəkləyən əlavələr, istehsalatda resursların planlaşdırılması modulları, emulyasiya, trenajerlər, veb-əlavələr.

Obyekt yönümlü yanaşma zamanı proqram təminatı yaradanlar üçün proqramlaşdırma prosesini xeyli asanlaşdırır. Müasir obyekt yönümlü imitasiya sistemlərinin əsas vəzifəsi imitasiyanın imkanlarından istifadə edərək, real sistemin bütün problemlərini bilən qeyri-proqramçılara onu daha anlaşılıqlı və əlçatan etməkdir. Gələcəkdə bütün imitasiya sistemləri real sistemlərin analizində obyekt yönümlü proqramlaşdırma texnologiyalarından istifadə edəcəklər.

[67, s.10]-də 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 həcmində artma dinamikası ilə təyin edilir.

İM-in əsas tətbiq sahələrindən biri istehsal sistemlərinin (İS) ilkin layihələndirmə mərhələsində modelləşdirilməsi və tədqiqini həyata keçirməkdən ibarətdir. Müxtəlif təyinatlı İS-in xarakterinə uyğun olaraq onların imitasiya modellərinin qurulmasına da fərqli yanaşmaların tətbiqi aktualdır.

Müxtəlif təyinatlı İS-in inkişaf mərhələlərini “qeyri-müəyyənlik dərəcəsi” və tərkibinin elementlərinin “müxtəlifliyi” nöqtəyi-nəzərdən analiz etməklə onların evolyusiyasının kifayət qədər sadədən çox mürəkkəb sistemlərə kimi inkişaf etdiyi müəyyənləşdirilir. Təbiidir ki, istehsal sisteminin mürəkkəbliyi artdıqca onun səmərəliliyi də yüksəlir[3, s.63;50, s.20].

İstehsal sisteminin avtomatik xətlər mərhələlərindən başlayaraq inkişaf konsepsiyasını nəzərdən keçirdikdə inkişaf mərhələsinin aşağıdakı mənzərəsinin şahidi oluruq: avtomat xətlər → çevik texnoloji modullar → çevik istehsal sistemləri → inteqrallaşdırılmış avtomatlaşdırılmış istehsallar → virtual istehsallar və b.

Avtomat xətlər onu təşkil edən elementlərə görə kifayət qədər eynicinslidir və determinə olunan şəraitdə fəaliyyət göstərirlər.

Avtomatlaşdırılmış istehsal müəssisəsinin məhsuldarlığına, məhsulun keyfiyyətinə və bütövlükdə səmərəliliyinə təsir edən amillər, yeni xassəli, sadə idarəetmə interfeysinə malik olan və sistemin çevikliyini təmin edən intellektual qurğuların yaradılmasını və tətbiqini tələb edir .

Çevik texnoloji modullar nisbətən mürəkkəb və səmərəli sistemlərdir və tərkibləri kifayət dərəcədə elementlərdən - dəzgahlar, robotlar, proqramla idarə olunan sistemlər və s. ibarətdir.

İstehsal sistemlərinin evolyusiyasının növbəti mərhələsi kimi çevik istehsal sistemlərini göstərmək olar. ÇİS-ə çevik istehsal modullarına daxil olan əsas avadanlıqlardan əlavə anbar və nəqliyyat avadanlıqları, idarə və planlaşdırma sistemləri, lokal kompüter sistemləri və b. daxildir. ÇİS-in fəaliyyəti əsasən stoxastik

xarakter daşıyır və əvvəlki sistemlərdən əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir. Belə ki, ÇİS-lər ətraf mühit və sistemin daxilində baş verən proseslər haqqında tam və dəqiq informasiyaya malik olurlar[10, s.121;42,s.56].

[62,s.449]-da kompüter modelləşdirilməsinin proqram təminatı əsasında layihələndirmənin eskiz layihəsi mərhələsində ÇİS komponentlərinin struktur və parametrik sintezinin metodologiyasının hazırlanmasına baxılır.

[114, s.290]-də çevik istehsal modulu üçün manipulyatorun elementlərinin avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsi, axtarışı və seçilməsi məsələlərinə baxılır. Manipulyatorun və onun texniki parametrlərinin intellektual seçilməsi üçün məntiqi modelləşdirmə üsulu əsasında proqram interfeysinin layihələndirmə prosedurlarının produksiya modeli işlənmişdir. Alqoritmik sxem əsasında verilənlər bazasından manipulyatorun axtarışı, seçilməsi prosedurları işlənmişdir.

İstehsal sistemlərinin sonrakı inkişafı virtual, genişləndirilmiş, intellektual, fraktal (postteylor tipli təşkilatlar) və b. növ müəssisələr kimi yaradılır.

[68, s.6]-də diskret istehsalın avtomatlaşdırılmasının əsas yollarının formalaşmasına baxılmış, müasir ÇİS-lərin klassifikasiyası və strukturu verilmiş, əsas tətbiq sahələri və layihələndirməyə yanaşma təsbit edilmişdir. Qeyd edilmişdir ki, çevik istehsal sistemləri əsasən maşınqayırmada yaradılır, haradaki, istehsalat prosesi əmək alətlərinə mexaniki təsir göstərməklə , əmək alətlərinin və avadanlıqların mexaniki yerdəyişməsi ilə əlaqədardır. ÇİS-in idarəetmə obyektləri kimi dəzgahlar (konkret olaraq – ötürmə mexanizmləri, dönmə stollarının yerdəyişməsi və s.), robotlar (manipulyatorların yerdəyişmə mexanizmləri) , nəzarət-ölçü avadanlıqları (taktil vericilərdən gələn siqnallar əsasında başlıqlarının yerdəyişməsi və dayanması mexanizmləri) çıxış edir. Ona görə də həm əsas (emal, yığma) , həm də köməkçi (nəqliyyat, quraşdırma, alətlərin dəyişdirilməsi və s.) əməliyyatların yerinə yetirilməsi zamanı, əsas idarəedici və nəzarətedici parametrlər emal edən avadanlıqların və onların işçi orqanlarının yerdəyişməsini təyin edən ölçülərdir.

ÇİM (çevik istehsal modulu) və RTK (robototexniki kompleks) əsasında daha iri ÇİS-lər (sahələr, xəttlər, sexlər) yaradılır , hansıların ki, tərkibinə son nəsə aid

olan kompüterlərin bazasında idarəetmə sistemləri və intellektual idarəetmə elementlərindən istifadə edən yeni informasiya texnologiyaları daxildir. Bu sistemlər mexatron sistemlərə aiddirlər. Belə sistemlərin baza obyektləri idarəedilən bir koordinat boyu hərəkət edən mexatron modullardır. Verilmiş idarəedilən hərəkətin realizə olunmasına sistemin informasiya axını, onun resursları, hesablama texnikasının müasir aparat və proqram vasitələri yönləndirilmişdir. Modul prinsipi əsasında qurulan mexatron modullardan mürəkkəb sistemlər formalaşdırılır.

Təcrübə göstərir ki, istehsal sistemlərinin abstrakt ifadələrini müxtəlif təyinatlı riyazi aparatlarla təsvir edərək tədqiq etmək olar. Ancaq ÇİS-dən başlanan və proseslərin alt sistemlərinin növbəti mərhələlərdə qarşılıqlı əlaqələri o qədər mürəkkəbləşir ki, onların mövcud modelləşdirmə alətləri ilə tədqiq edilərək, qənaətbəxş nəticələrin alınması çətinləşir və bəzən mümkün olmur. Bu zaman İM analiz və idarəetmə məsələlərinin həlli baxımından nəticələrin qənaətbəxş olması üçün əlverişli aparat hesab edilir.

İmitasiya modelləşdirilməsi mahiyyət etibarını ilə fiziki modelləşdirməyə bənzəyir. İmitasiya modelləşdirilməsində aparılan eksperimentlər fiziki obyektədən fərqli olaraq, onun kompüterdəki modeli üzərində aparılır.

Model üzərində “Əgər...? ,Nə etməli” tipli eksperimentlər imitasiya modelinin xüsusiyyətinə görə aparılır.

[116, s.1]-da ÇİS-lərin imitasiya modelləşdirilməsinin taktikasına baxılır. İM-nin məqsəd və vəzifələri təyin olunduqdan sonra real prosesin analizi yerinə yetirilir: sistemdə yerinə yetirilən proseslərin məzmununu təsvir edən konseptual model qurulur və maşın proqramı vasitəsilə reallaşdırılır; modelin verifikasiyası (düzgünlüyü) aparılır; imitasiya eksperimentləri aparılır və nəticələr emal edilir. İM-nin əsas problemi modelin orijinala adekvat olmasıdır. Bunun və ya istənilən nəzəriyyənin yoxlanılması üçün, yoxlama nəticələrinin eksperimentlə müqayisəsi tələb olunur. Bu zaman bir-birinə əks iki fikirlə üzləşirik: bir tərəfdən unikal sistem olan ÇİS yaradılanadək tədqiq olunmur, digər tərəfdən layihələndirmə mərhələsində olan ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsindən söz gedir, haradaki yoxlama eksperimentləri aparılmaq imkanı yoxdur. Bu vəziyyətdən çıxış yolu imitasiya

modelləşdirilməsini aqreqat-modul şəklində qurulmasıdır. Aqreqat modullu modellər açıq tipli olurlar, yəni artırılmağa yönümlüdürlər, tez və asan dekompozisiya olunurlar.

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.

[38,s.64]-də göstərilirdiyi kimi tədqiqat zamanı sistemin fəaliyyətini təsvir edən imitasiya modelləşdirilməsində konflikt vəziyyətlərin olmasını təyin edən şərtlərin araşdırılması böyük əhəmiyyət kəsb edir. Konfliktlərin yaranması iki halda baş verə bilər:

- konflikt sistemin əhəmiyyətli xassələrini əks etdirir və onun modelləşdirilməsi zamanı, sistemin fəaliyyətini təsvir edərkən konflikt vəziyyətlərin qaydaları nəzərə alınmalıdır;

- konflikti model təyin edir, amma bu vəziyyətdə də onun tədqiq olunan sistemə uyğunluğu yoxlanılmalı və modelin digər variantlarına da baxılmalıdır.

Modelin analizi zamanı konflikt vəziyyətlərin modelləşdirilməsinə diqqət etmək lazımdır. Bu konfliktləri aradan qaldırmaq üçün qarşılıqlı əlaqə alqoritmlərindən istifadə etmək məqsədə uyğundur.

Alqol, Fortran kimi proqramlaşdırma dillərinin yaradılması ilə eyni dövrdə yaranmış İM-in alət vasitələri, süni intellekt elementləri ilə təchiz edilmiş coxfunksiyalı, güclü, problemyönümlü sistemlər şəklində modelləşdirmə mühiti səviyyəsinə kimi inkişaf etmişdir[2,s.43;9,s.89].

[82,s.2;101,s.12]-da İM-in metroloji məsələləri, yəni ehtimal və riyazi statistika nəzəriyyələrinin, kompüter eksperimentlərinin planlaşdırılması məsələləri və nəticələrin emalı və s. şərh edilmiş, daha çox istifadə edilən modelləşdirmə dilləri müqayisə edilərək analiz edilmiş, funksional imkanlarının və tətbiq sahələrinin araşdırılması məsələlərinə baxılmışdır. Əsas məsələlərin hansı səviyyədə öz həllini tapması istiqamətlərinin analizi verilmişdir:

- ilkin sistemin və həll olunan məsələlərin modelləşdirmə dillərinə çevrilməsi (bu proses tədqiqatçı üçün İM-in yaradıcı yanaşma tələb edən çox vacib mərhələsidir);

- sistemə aid verilənlər və biliklərin tədqiqatçının predmet sahəsinin dilinə yaxın olan universal formalizmlərlə təsviri;

- tədqiqatların aparılması və alınmış nəticələrin emalı üçün proqramlaşdırma aparatının seçilməsi və istifadəsi.

[97,s.2]-də istehsalat müəssisələrinin fəaliyyətinin modelləşdirilmə üsulları ətraflı nəzərdən keçirilmişdir. Müasir informasiya texnologiyaları UML (Unified Modeling Language), IDEF0 (Integrated DEFinition), XML (eXtensible Markup Language) və s. tətbiqi ilə həyata keçirilən mürəkkəb sistemləri imitasiya edən BelSim2-proqram-texnoloji kompleksi təqdim olunur. Müəssisələrinin fəaliyyətinin sistemli analizi zamanı istifadə edilən BelSim 2-proqram-texnoloji kompleksinin nümunələri təqdim olunmuşdur.

Araşdırmada İM-in tədqiqat obyektini kimi mürəkkəb istehsal sistemləri kateqoriyasına aid olunan ÇİS qəbul olunduğuna görə yanaşmanın ÇİS-in İM-nə oriyentasiyasına əsas istiqamət kimi baxılır.

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 göstərirlər, 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) [8,s.149] .

[72,s.22]-da buxarlandırıcılar istehsalında təbəqələrin vərəqlərə doğranılması və səthinin mexaniki təmizlənməsi sahəsinin nümunəsində çevik avtomatlaşdırılmış sahənin (ÇAS) idarəetmə sisteminin layihələndirilməsi zamanı alqoritmik və proqram mərhələlərinin tətbiqi ilə texnoloji fəaliyyət sxeminin tədqiqi üsulu təklif edilmişdir. Bu üsul vasitəsilə ÇAS-ın məhsuldarlığını tam olaraq qiymətləndirərək, ÇAS-ın idarəetmə alqoritminin tərtibində istifadə edilə bilər.

[71,s.39]-də ÇİS-in konstruktör layihələndirilməsinin tədqiqat və intellektual işlərinin aparılması üçün metallurgiya istehsal sahəsində tətbiq edilən ÇİS-in komponovka strukturunun proqram alətinin yaradılması prosesində informasiya və alqoritmik təminatının işlənməsi məsələsinə baxılır. ÇİS-in komponovka strukturunun işlənməsi məqsədilə AutoCAD və MS Access standart proqramları və sistem interfeysinin köməyi ilə digər avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alt sistemlərinin alətləri istifadə olunur.

[20,s.19]-da ÇİM-in kompüter layihələndirmə sisteminin ilkin mərhələlərində (texniki tapşırıq, eskiz layihəsi və işçi layihələndirmə) əsas məsələlərdən biri olan aktiv elementlərin informasiya təminatının və informasiya-axtarış sisteminin təşkilinə

baxılır. Bu mərhələdə ilkin verilənlər təyin edilir, kompüter sistemi vasitəsilə mövcud aktiv elementlərin tipləri, onların texniki xarakteristikaları və işləri analiz edilir. Hər bir çevik istehsal modulunun aktiv elementi olan sənaye robotunun işçi sahələri, işçi dövrləri hesablandıqdan sonra alınan parametrlər verilənlər bazasının, informasiya-axtarış sisteminin yaradılmasında istifadə olunur. Göstərilir ki, çevik istehsal modulunun effektiv və etibarlı işləyən idarəetmə sistemini qurmaq üçün birbaşa onun texnoloji avadanlıqlarında yerləşən informasiya sistemlərinin–vericilərinin, verilənlər və biliklər bazalarının yaradılması həyata keçirilməlidir.

Təcrübədə [30,s.48] ÇİS-in modelləşdirilməsi və tədqiqi üçün müxtəlif modelləşdirmə aparatlarından istifadə olunur. ÇİS-in strukturu, mürəkkəb funksiyalılığı və s. xüsusiyyətlərini nəzərə almaqla aşağıdakı üsullar daha geniş istifadə olunur:sonlu avtomatlar,parallel fəaliyyətli asinxron proseslər,məntiqi-linqvistik modellər,şəbəkə sistemləri və s. Göstərilən modelləşdirmə aparatlarının hər birinin müsbət və mənfi cəhətləri və uyğun olaraq tətbiq sahələri mövcuddur. Perspektivli modelləşdirmə aparatı kimi Petri şəbəkələri hesab olunur. Odur ki, göstərilən üsulların hər birinin ayrı-ayrılıqda Petri şəbəkələri ilə təsvir olunaraq tədqiqi layihələndirmə prosesinin səmərəliliyini əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldir [1,s.64].

Məlumdur ki, istənilən mürəkkəb istehsal sisteminin, o cümlədən ÇİS-in imitasiya eksperimentləri sistemdə baş verən proseslərin müəyyən vaxt intervalında (dəqiqə, gün, ay, il, və s.) öz əksini tapmasıdır. Kompüterdə adətən bu müddət bir neçə saniyə və dəqiqələrlə yerinə yetirilir və sistemin fəaliyyətini real rejimdə təsvir edir. Onu da qeyd edə bilərik ki, çoxlu hesablamalar tələb edən proseslərin, məsələn idarəetmə sistemlərinin, optimal qərar qəbul edilməsi tələb olunan sistemlərin, səmərəli idarə strategiyalarının emalı məsələlərinin modelləşdirilməsində İM real sistemdən aşağı sürətlə yerinə yetirilir ki, bu zaman bu tip eksperimentlərin nəticələrinə əsasən məqsədəuyğunluğunun qiymətləndirilməsində müəyyən çətinliklərlə müşaiət olunur.

[15,s.51]-də kompüter texnikası və informasiya texnologiyalarının aparat və proqram vəsaitlərindən istifadə etməklə verilənlərin intellektual analizi və qərar

qəbul edən diskret sistemlərin layihələndirilməsi məsələlərinə baxılır. Çoxsəviyyəli VB-nin yaradılması metodikası və qərar qəbulu üçün uyğun struktura malik BB-nin layihələndirilməsi məsələləri araşdırılır.

[2,s.74; 9,s.88; 66,s.7]-də mürəkkəb sistem və strukturların təsvir olunaraq, idarə edilməsi üçün geniş yayılmış riyazi üsulların-formalizimlərin klassifikasiyası verilmişdir.

Göstərilir ki, mürəkkəb sistemin yazılış üsulu çeviklik və anlaşıma dərəcələrinə görə aşağıdakı kimi təsnif edilir:

| Mürəkkəb sistemin yazılış üsulu | Anlaşıma dərəcəsi | Çeviklik |
|---------------------------------|-------------------|---------------------|
| Sonlu avtomat | Qapalı | Sərt strukturlaşmış |
| Proqram | Qapalı | Sərt strukturlaşmış |
| Sxem | Qapalı | Sərt strukturlaşmış |
| Semantik şəbəkə | Qapalı/anlaşılan | orta |
| Freym | Qapalı/anlaşılan | orta |
| Qraflar, şəbəkələr | Qapalı/anlaşılan | orta |
| Formal spesifikasiya | Qapalı/anlaşılan | orta |
| Teoremlər | Qapalı/anlaşılan | orta |
| Produksiya qaydaları | anlaşılan | Yüksək |
| Cümlələrlə ifadə | anlaşılan | Yüksək |

Çeviklik və anlaşıma dərəcəsinə görə produksiya qaydaları daha yüksək keyfiyyətlərə malikdir. Belə ki, asan üsullarla bilikləri formallaşdırmaq, toplamaq və biliklər bazasını modifikasiya etmək imkanları produksiya qaydalarında daha yüksəkdir.

İM-də geniş istifadə olunan çoxlu sayda praktiki intellektual sistemlər produksiya qaydalarına əsaslanaraq işlənmişdir, məs: EMYCİN, OPS-S, DELTA, ACE, EXPERT və b.

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 ardıcılıqlarının diaqramları ilə təsvir edən

sistemlərin kompüteriyönlü texnologiyalarla işlənməsi CASE texnologiyaları mühüm əhəmiyyət kəsb edir [50,s.72].

İmitasiya modelləşdirilməsi zamanı tədqiq olunan real sistemi kifayət qədər dəqiq təsvir edən modellə əvəz edərək, bu sistem haqqında tam informasiya əldə etmək məqsədilə eksperimentlər aparılır.

Dünya təcrübəsində müxtəlif sistemlərdə mürəkkəb qərar qəbuletmə yeni səviyyəyə keçmişdir, belə ki, mümkün həllərin bütün variantları qabaqcadan modellər vasitəsilə yoxlanılmalıdır. Bununla əlaqədar olaraq, qəbul edilən qərarlar və ya innovasiyalar sistem analizi və imitasiya modelləşdirilməsinin köməyi ilə mümkün həllərin ilkin qiymətləndirilməsini tələb edir[77,s.34].

Müasir imitasiya modelləşdirmə sistemləri arasında ən populyar olanlar haqqında ətraflı məlumat Milli imitasiya modelləşdirmə cəmiyyətinin rəsmi saytı olan [124]-də təqdim olunur. Onların bəzilərini nəzərdən keçirək.

Almaniyanın Siemens PLM Software şirkəti tərəfindən yaradılan eM-Plant (Tecnomatix Plant Simulation Tool), sistemlərin imitasiya modellərini qurmaq üçün visual obyekt yönümlü bir mühitdir. Modellər standart obyektlər kitabxanasında olan mövcud obyektlər üzərində qurulur. Modellər iyerarxik prinsip əsasında qurulur və obyektlər kitabxanasının genişləndirilməsini dəstəkləyir. Dəzgahqayırma, maşınqayırma kimi diskret istehsalatların modelləşdirilməsində istifadə olunur.

ABŞ-ın Imagine That Inc., San Jose tərəfindən yaradılan ExtendSim sistemi imitasiya modelləşdirilməsi alətidir. Xətti, qeyri-xətti və qarışıq tipli agentlər əsasında diskret proseslərin modelləşdirilməsinə imkan yaradır.

Almaniyanın DUALIS® GmbH IT Solution şirkəti tərəfindən yaradılan İSSOP sistemi logistikada və istehsalatda imitasiya və optimallaşdırmanın proqram təminatıdır. eM-Plant, Enterprise Dynamics, ARENA, Automod, D0SIMIS3 və MATLAB sistemlərində yaradılmış modellərin optimallaşdırılması üçün xüsusi interfeysə malikdir.

Mürəkkəb dinamik sistemlərin modelləşdirilməsi üçün Rusiya alimləri Y.B.Kolesov, D.B.İnixov, Y.B.Sençenko tərəfindən *MvStadium* mühiti yaradılmışdır. Bu mühiddə vizual interaktiv modellər yaradılır və onlar üzərində hesablaşma

eksperimentləri aparılır. Obyektyönümlü modelləşdirməni, 2D və 3D animasiyaları dəstəkləyir.

Hollandiyanın RND Technology Consultants, Renque software development şirkəti tərəfindən modelləşdirmə mühiti *Renque*, istifadəçilərə qrafiki mühitdə istənilən məntiqi prosesin dəqiq modelinin yaradılmasına imkan yaradır.

Fransanın True-System-Dynamics şirkəti tərəfindən yaradılan TRUE modelləşdirmə mühiti dinamik sistemlərin imitasiya modelləşdirilməsi, analizi və optimallaşdırılması üçün proqram təminatıdır.

Konkret bir imitasiya modeli qurmaq üçün modelləşdirmə sistemini və ya dilini seçərkən aşağıdakı mülahizələrə diqqət yetirilməlidir:

- modelin tətbiq sahəsi;
- modelləşdirilən obyektin təsviri üçün modelləşdirmə dilinin uyğunluğu;
- digər proqram və aparat platformaları ilə uyğunluq,modelləşdirmə sisteminin texnoloji imkanları, dil mühitinin rahatlığı və s.

İndiki dövrdə hesablama texnikasının inkişafı multimediyaya doğru irəliləyir, beləki müasir kompüterlər çox böyük yaddaşa və güclü prosessorlara malik olmaqla yanaşı geniş imkanlı qrafiki altsistemlərə malikdirlər. Məhz buna görə də hər hansı texnoloji sistemin imitasiya modelini qurarkən aşağıdakı ardıcılıqlara riayət etmək lazımdır:

- tədqiq olunan texnoloji sistemin modelinin qurulması sistemin texnoloji obyektlərinin imitasiya modellərindən ibarət olmalıdır.Bütün texnoloji prosesin modeli deyil, onun ayrı-ayrı texnoloji obyektlərinin modelləri yaradılır ki, bu da İM prosesini optimallaşdırmağa imkan verir. İmitasiya modelinin əsas hissələrinin (texnoloji avadanlıqların) kitabxanası yaradılır və bu kitabxanadan istifadə edərək gələcəkdə müxtəlif texnoloji obyektlərin imitasiya modelləri yaradıla bilər;

- imitasiya modelləşdirilməsi üçün istifadə olunan proqramda texnoloji obyektlərin modelləri elə qurulmalıdır ki, o imitasiya modelləşməsinin əsas aspektlərini gizlətsin və o yerinə yetiriləndən sonra elə hesabat tərtib edilməlidir ki, istifadəçinin gözlədiyi nəticələri özündə əks etdirdsin. İmitasiya modelləşməsinin

mümkün tənzimləmələri üçün ancaq o parametrlər saxlanılır ki, onlar istifadəçiyə-predmet sahəsi üzrə mütəxəssisə aydın olsun;

- modelin qurulması tez bir zamanda baş verməlidir. Çünki, modelin müəllifi imitasiya modelinin qurulması yollarını deyil, modelin problemləri üzərində düşünməlidir. İmitasiya modelləşdirilməsi sistemi imitasiya modelinin yerinə yetirilməsinə vizual olaraq nəzarət etməlidir;

- modelin qurulmasına sərf olunan vaxt minimum olmalıdır;

- İM yerinə yetirildikdən sonra, modelləşdirmənin elmi aspektlərini əks etdirən verilənlər istifadəçiyə lazım olan şəkildə, başa düşülən dildə təqdim olunmalıdır;

- modeli çoxlu sayda yerinə yetirmək lazımdır və hər dəfə istifadəçiyə iki əsas verilənlər yığımını təqdim etmək lazımdır: İmitasiya modelinin animasiyasını (vizual təsvirini), emal olunmuş statistik məlumatları özündə əks etdirməlidir.

Öz işlərində imitasiya modelləşdirilməsi istifadə edən mütəxəssislər üçün imitasiya modeli yaradıldıqdan sonra, onun işinə vizual olaraq nəzarət etmək əsasdır. Bu cür yanaşma nəinki İM-nin nəticələrinə etibarını artırır, həm də İM-in köməyi ilə texnoloji sistemin işinə vizual olaraq nəzarət edilir və sazlanır. Bir qayda olaraq texnoloji sistem bir-biri ilə sıx əlaqədə olan bir neçə texnoloji obyektlərdən ibarətdir (məs. konveyer sənaye robotu ilə, gilyatin qayçı ilə və s.). Ona görə də belə əlaqələr imitasiya modeli yaradılarkən nəzərə alınmalıdır. Model vizual-interaktiv olaraq yaradılır. Texnoloji avadanlığın hər bir modelinə qrafiki obraz kimi baxmaq olar. Bu obrazın üzərində adi manipulyasiya əməliyyatları (seçmək, yerdəyişmə etmək, ölçüsünü, parametrlərini dəyişmək) aparmaq olar.

[80 ,s.113]-də qeyd edildiyi kimi imitasiya modelləşdirilməsi sistemin ayrı-ayrı elementlərinin modellərinin qarşılıqlı əlaqəsini və fəaliyyətini modelləşdirən alqoritmlər vasitəsilə birbaşa təsvir edilir. Belə modellərin əsas xarakteristikası obyekt və modelin struktur oxşarlığıdır. İmitasiya modeli qurularkən hər bir obyektin fəaliyyəti və onlar arasındakı əlaqə təsvir edilir. İmitasiya modeli ilə iş imitasiya eksperimentiniun aparılması ilə başa çatır. Eksperiment vaxtı modeldə baş verən proseslər real obyektəki proseslərə uyğun olur.

Mürəkkəb texnoloji sistemlərdə, həm də onların modellərində baş verə biləcək situasiyaları əvvəlcədən proqnozlaşdırmaq mümkün deyil. Texnoloji avadanlıqlar arasında konfliktlər elə mürəkkəb və gözlənilməz ola bilər ki, onları təyin etmək üçün əvvəlcədən effektiv program kodu yazmaq mümkün olmasın. Amma modelin işinə vizual olaraq nəzarət edərkən problemlər dərhal görünür və onun aradan qaldırılması üçün mütəxəssisə daha operativ hərəkət etmək imkanı yaradır.

Ən əsası animasiya üsulunun seçilməsidir. Məlum olduğu kimi vizual görüntülərin və animasiyanın 2 müxtəlif tipi mövcuddur: ikiölçülü (2D) və üçölçülü(3D).

Üçölçülü virtual fəzada yerinə yetirilən imitasiya modelləri və üçölçülü animasiya daha cəlbedici görünür və bu da imitasiya modelləşdirilməsinə olan etibarını daha da artırır.

Amma hələ də mühəndis texnoloqlar tərəfindən ikiölçülü çertyojlar (cizgilər) istifadə edilir. Bu da ikiölçülü animasiyanı texnoloji sistemlərə daha yaxın edir. Ona görə də çertyojlardan 2D-də yerinə yetirilən imitasiya modelinə gedən yol daha sadədir. Texnoloji avadanlığın modellərinin ikiölçülü obrazını, çertyojlarda təyin olunduğu yerlərə yerləşdirmək kifayət edir. İmitasiya modelini yerinə yetirmək əmri verilərkən isə çertyoju canlanması effekti baş verir.

Üçölçülü mühitdə modelin redaktə olunması həm çətin həm də böyük həcmli işdir. Belə ki, yeni bir ölçünün əlavə olunması ilə onun da istiqamətində hərəkətin təmin olunması zəruriyyətini ortaya qoyur, üçölçülü elementlərin “donması” problemləri ilə mübarizə aparmaq lazım gəlir və s.

Beləliklə, texnoloji sistemlərin imitasiya modelləşdirilməsi üçün “çertyoj” (2D) rejimində modellərin yaradılması və yerinə yetirilməsi ən optimal variantdır. 3D rejiminin isə əlavə imkan kimi istifadəsi məsləhətdir.

Hal-hazırda istifadə olunan texnoloji sistemlərin imitasiya modelləşdirilməsi sistemlərinin analizi göstərir ki, bəziləri ancaq üçölçülü modellərdən, digərləri isə ikiölçülü modellərdən istifadə edirlər.

[11,s.70,27,s.66] - də istifadəçi üçün səmərəli olan digər yanaşmadan istifadə

olunur və neftqazemalı müəssisəsinin fəaliyyəti, texniki vəziyyəti (mobil obyektlərinə nəzarət də daxil olmaqla) haqqında İnformasiyanın alınması, emalı və analizini həyata keçirən monitoring sistemi “İstehsalatın və nəqliyyatın imitasiya modelləşdirilməsi vizual-interaktiv sisteminin” (manufacturing and transportation simulation system-MTSS) əsasında işlənir.

MTSS sisteminin modellərinin ikisəviyyəli strukturu onların qurulmasına sərf olunan vaxt müddətini qısaltmaqla bərabər, sistemin konkret predmet sahəsinin İM-nə heç bir münasibəti olmayan mütəxəssislərə oriyentasiya olunmasını təmin edir.

MTSS sisteminin hədəfi müxtəlif təyinatlı predmet sahələri üçün elementar modellərdən təşkil edilmiş xüsusişəkillənmiş kitabxanaların yaradılmasıdır. Hər bir elementar model predmet sahəsinin obyektini və onun idarə proqramını özündə təsvir edir. Elementar model aşağıdakı xassələri də özündə əks etdirir: eyni zamanda obyektin qrafiki təsvirini (2D və ya 3D); sazlanan parametrlərin toplusu; mümkün vəziyyətlər toplusu; vəziyyətlərin vizuallaşdırma üsulları; obyektin bir vəziyyətdən digər vəziyyətlərə çevirən komandalar pəncərəsi; komandalara yerinə yetirilməsi şərtləri və s.

Elementar modellər MTSS - in iki səviyyəli strukturunun aşağı səviyyəsini təşkil edir. Yuxarı səviyyə modellərin vizual - interaktiv redaktoru vasitəsi ilə yaradılır.

MTSS sistemi neftqazemalı müəssisənin IM-in yaradılmasında və tədqiqində istifadə edilmiş və prosesin mnemosxem şəklində imitasiyanın müşayiəti ilə təsvir olunmuşdur.

[11,s.66;86,s.14]-də texnoloji sistemlərin IM-in sisteminin paket proqramının arxitekturası və imkanları verilmişdir. MTSS bazasında yaradılmış bu sistem, imitasiya modelləşdirilməsinin üsullarını bilməyən, ancaq predmet sahəsinin mütəxəssisi olan sifarişçilərə IM-in qurulması və tətbiqi üçün nəzərdə tutulur. İM texnoloji obyektin modellərinin - bloklarının vizual yolla birləşdirilməsi nəticəsində qurulur.

Göstərilmişdir ki, elm və texnikanın müasir inkişaf mərhələsində - layihələndirmədə, texniki sistemlərin, texnoloji proseslərin, informasiya və idarəetmə

sistemlərinin optimizasiya məsələlərində, İM-in müxtəlif tətbiqi sahələrində istifadəsinə tələbat artmaqdadır. Ancaq həmin sahələrin potensial istifadəçilərinin İM sahəsində biliklərinin məhdudluğu onlara İM-in geniş şəkildə tətbiqinə maneçilik göstərir. Odur ki, öz predmet sahələrinin mütəxəssislərinin istifadəsinə oriyentasiya olunan sistemlərin yaradılması aktualıq kəsb edir.

Bu nöqteyi nəzərdən texnoloji sistemlərin İM-nə qoyulan aşağıdakı əsas tələbatları formalaşdırmaq olar:

- predmet sahəsinin mütəxəssisləri üçün İM-in yaradılması;
- mürəkkəb sistemin tərkibinə daxil olan obyektlərin modellərindən İM-in yaradılması;
- İM-in qısa vaxt intervalında yaradılmasında istifadəçiyə onun predmet sahəsinin problemləri ilə məşğul olmağa şərait yaratmaq;
- İM-in yerinə yetirilməsinə vizual nəzarətin təşkili;
- statistik verilənlərin analizi və onların İM-in istifadəçisinin gözlədiyi formada təqdim olunması.

[26 ,s.16] proseslərin imitasiya-animasiya modellərini yaratmaq üçün istifadə olunan program vasitələrinə həsr edilmişdir. Məqalədə instrumental vasitələr vasitəsi ilə yaradılan imitasiya-animasiya modelləri agentlərinin funksional xüsusiyyətləri təyin edilmişdir. Instrumental vasitə kimi istifadə olunacaq proqramlaşdırma mühitlərinə olan tələbatlar təyin edilmişdir.

İM-in qurulmasında aktual istiqamət proses yönümlü xüsusişdirilmiş dillərin yaradılmasıdır. İM-in xüsusişdirilmiş dili olan GPSS (General Purpose Simulation System) 1962-ci ildə İBM firması tərəfindən təklif olunmuş və ən çox istifadə edilənlərdən biridir. *Hal-hazırda çoxlu versiyaları olan GPSS müxtəlif fiziki təbiətli mürəkkəb diskret sistemləri modelləşdirilmək üçün istifadə olunur*[50,s.89;66,s.2;104,s.2].

Versiyalarından asılı olaraq GPSS dilinin 20-yə qədər operatoru mövcuddur[54,s.3]. GPSS/ World sistemi – GPSS əsasında yaradılmış vizual imitasiya modelləşdirməsini reallaşdıran sistemdir [112]. Bu halda İM-də baş verən prosesləri vizual olaraq ardıcıl şəkildə izləmək mümkündür.

İM-in nəticələrinin interpretasiya edilməsi üçün animasiya dilləri xüsusiləşdirilmiş İM dilləri ilə birləşdirilir ki, bunun vasitəsi ilə prosesin dinamikası və İM-in nəticələri (GPSS - Proof Animation) kompüterin monitorunda əks etdirilir. [106,s.241]-da qeyd edilir ki, Proof Animation imitasiya modelləşdirməsinin işinin vizual olaraq təsvir edilməsi üçün bir alətdir.

İmitasiya modelləşdirilməsi dillərindən biri proseslərin modelləşdirilməsinə yönəlmiş SLAM dilidir. Bu zaman əhəmiyyəti olmayan fəaliyyətləri proqramlaşdırılmaq tələb olunmur. İnteraktiv rejimdə bu dildən istifadə etməklə AweSim İM mühitində Visual SLAM qrafik dili vasitəsi ilə İM-i yaratmaq olur [82,s.2].

GASP IV (General Activity Simulation Program) və Q-GERT(Graphical Evaluation and Review Technique) qrafiki təsvir metoduna əsaslanan konsepsiya ilə Pritsker korporasiyası tərəfindən AweSim proqram təminatı işlənmişdir.

İM-in yaradılması AweSim mühitində aşağıdakı etaplarda yerinə yetirilir: informasiyanın yığılması, modelin hazırlanması, modelləşdirmənin icra edilməsi, nəticələrin analiz edilməsi və onların istifadəçi üçün aydın formada təsvir edilməsi. AweSim mühiti bütün etapların icra edilməsini təmin edir. Əsas üstün cəhəti modelləşdirmə üçün xüsusi əhəmiyyəti olan informasiyaların yığılmasının sadələşdirilmiş şəkildə qrafiki interfeys vasitəsi ilə yerinə yetirilməsidir. Digər tərəfdən arxitekturası açıq sistem olan AweSim, xarici VB-rı ilə, elektron cədvəllərlə, Microsoft Office-lə və b. resurslarla əlaqə yaratmaq xassələrinə malikdir.

Mətn və vizual təsvir formalarından istifadə olunmaqla kompüterdə animasiya fayllarını yaratmağa , redaktə etməyə və İM-in nəticələrinin kompüter animasiyası ilə təşkil etməyə Animation Builder imkan verir.

Qeyd edək ki, model SLAM dilində şəbəkə şəklində təsvir olunur və həmin şəbəkədə prosesi modelləşdirmək üçün onun komponentləri sirkulyasiya edilir. Bu komponentlər şəbəkənin düyünlərindən keçdikdən sonra, yeni situasiyalara uyğun olaraq mahiyyətlərini dəyişərək, prosesi əks etdirir. Sənaye sistemlərinin modelləşdirilməsində AweSim mühitində qrafiki elementlər nisbətən sadə proseslərdə səmərəli hesab olunur. Şəbəkələr AweSim mühitində əhəmiyyətli

dərəcədə mürəkkəb struktura malik olduğundan, mürəkkəb tədqiqat obyektlərinin tədqiq edilməsi və anlaşılıqlı olması çətinləşir və İM-in qurulması səmərəli hesab edilmir.

Diskret, fasiləsiz və hibrid sistemlərin İM-in qurulmasında və tədqiqində istifadə olunan dillərdən biri də SİMAN (Simulation Analysis) dilidir. S.Piqden tərəfindən 1982-ci ildə təkilif olunmuş SİMAN dili sonrakı mərhələlərdə təkmilləşdirilmişdir [109,s.3]. SİMAN V-i dilin axıncı versiyası kimi göstərmək olar.

SİMAN dilində modelləşdirmənin riyazi konsepsiyasına görə model və eksperimentlər bir-birindən ayrı şəkildə qurulmalıdır, ona görə də modeldə modifikasiya edilmədən çoxlu sayda eksperimentlərin yerinə yetirilməsi üçün şərait yaranır. Belə olan halda imitasiya edilən obyektin statik və dinamik xarakteristikalarını model təyin edə bilir. Modelin girişindəki sərtləri və giriş verilənləri təyin edilməklə onun çıxışında tələb olunan çıxış verilənləri hesablanaraq, eksperimentlər planlaşdırılır.

SİMAN dilində sistemin modelləşdirilməsi üçün GPSS və SLAM dillərində olduğu kimi bloklar şəbəkəsindən istifadə edilir. Modelin qurulması zamanı yaradılan bloklar şəbəkələri xəttidir və mahiyyətlər axınını sistem vasitəsi ilə təsvir edir. SİMAN dili obyektlərin və istehsal proseslərində konveyer, nəqliyyat sistemlərinin yerdəyişmələrini təsvir etmək üçün əlverişli hesab olunur.

Mürəkkəb sistemlərin modeləşdirməsində problemin həlli SİMAN dilinin daxili imkanlarından istifadə etməklə mümkün olmur və C⁺⁺ və ya Fortran dilində tərtib olunmuş xarici alt proqramlardan istifadə etmək tələb olunur. Bu halda modeləşdirmə prosesi SLAM dilində olduğu kimi mürəkkəbləşir. Modelləşdirilən obyektin tərkib hissəsi olan idarə sistemində göstərilən hal daha qabarıq şəkildə özünü göstərir.

Texniki sistemlərin, xüsusən də yeni avtomatlaşdırma vasitələrindən (sənaye və intellektual robotlar, müxtəlif təyinatlı mexatron qurğular – xüsusi və xüsusiləşdirilmiş manipulyatorlar, avtomatik və avtomatlaşdırılmış nəqliyyat vasitələri və s.) istifadə etməklə ÇİS-in yaradılmasının əsas mərhələlərindən biri

onların sistemotexniki layihələndirmə mərhələsində (texniki tapşırıq, eskiz, texniki layihələndirmə) modelləşdirilməsi və kompüter eksperimentləri ilə tədqiq olunaraq yaradılmasının məqsədəuyğunluğunun qiymətləndirilməsidir. *Bu məsələ həm də ona görə aktualdır ki, ÇİS-in elementləri iki və üçölçülü fəzada ümumi işçi zonalarda qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyət göstərirlər və mexaniki dinamik sistemlərin real obyektlərdə tətbiqi müəyyən çətinliklərlə müşayiət olunur [4,s.151].*

ÇİS təyinatından asılı olaraq yüksək maliyyə resursları tələb edən sistemdir, odur ki, onun məhsuldarlığını və yaradılmasının məqsədəuyğunluğunun layihələndirmə mərhələsində qiymətləndirmək lazımdır. Qeyd edək ki, əksər hallarda ÇİS-in ayrı-ayrı texnoloji avadanlıqlarının etibarlığının və məhsuldarlığının artırılması bütün sistemin adekvat şəkildə uyğun xarakteristikalarının yüksəlməsinə imkan vermir. Bu nöqteyi-nəzərdən ÇİS-in layihə həllərinin səmərəliliyi onun layihələndirilməsi və realizasiyasına kimi qiymətləndirilməlidir.

ÇİS-in avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsinin ayrı-ayrı məsələlərinin həlli, belə məsələlərin həllinə cavabdeh olan agentlərin (ekspertlərin və proqram komponentlərinin) biliklərinin tətbiqini tələb edir. ÇİS-in elementlərinin predmet sahəsinin formal təsviri üçün onun əsas parametrləri istifadə edilir. *Bu zaman hər bir agentə predmet sahəsinin bilikləri, ÇİS-in kompanovka strukturunun və aktiv elementlərinin seçilməsi üçün lokal tapşırıqlar aşağıdakı şərtlər əsasında verilir:*

- *ÇİS-in avadanlıqlarının yerləşdirmə sahəsi minimum olmalıdır;*
- *aktiv elementlərin işçi zonası maksimum olmalıdır;*
- *aktiv elementlərin hərəkəti, yerdəyişmə xətası minimum olmalıdır;*
- *aktiv elementlərin məhsuldarlığı maksimum olmalıdır [107,s.588].*

ÇİS müxtəlif təyinatlı və funksional imkanlara malik olan ÇİM-lər toplusundan təşkil olunmaqla bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə son məqsədə nail olmaq istiqamətində fəaliyyət göstərir. Bu nöqteyi-nəzərdən ÇİM-ri bir və ya çox kanallı sistem kimi göstərərək şəbəkələr və ya kütləvi xidmət sistemləri ilə təsvir etməklə analitik modellərini yaratmaq olar [59,s.2]. Analitik modeldə ÇİM-lər arasındakı əlaqələr texnoloji marşrutlar, anbarlarda və ÇİM-lər arasındakı nəqliyyat vasitələrində olan

komponentlər (detallar, xammallar və s.) isə xidmət üçün növbələr şəklində təsvir olunurlar.

Analitik model vasitəsi ilə ÇİM-in və ümumilikdə ÇİS-in məhsuldarlığı və bütün elementlərin texniki xarakteristikaları təyin edilir, nəqliyyat sistemləri tədqiq olunur, ÇİM-in və onları təşkil edən avadanlıqların yüklənmə əmsalları hesablanır, ÇİS-in məhsuldarlığının onun ÇİM-in və avadanlıqlarının etibarlığından asılılıq dərəcələri qiymətləndirilir və s. Analitik modelləşdirmənin əsas məqsədi ÇİS-in müxtəlif variantlarda strukturlarının müqayisəli analizi və “zəif məqamların” aşkarlanmasıdır ki, bu məqsədlə də mövcud CASE-texnologiyalardan istifadə etmək olar.

Qeyd edək ki, ÇİS-in fəaliyyətlərinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edən aşağıdakı spesifik xüsusiyyətləri analitik modelləşdirmədə nəzərə alın bilmir: ÇİS-də məntiqi əməliyyatlardan istifadə etməklə istehsal prosesinin idarə olunması; ÇİS-də məhdud tutumlu aralıq anbarlar və b. funksional qurğuların olması; ÇİM-in sazlanması məsələləri; avadanlıqların iş prosesində müxtəlif səbəblərdən (qəza situasiyaları, məcburi saxlanma və s.) dayandırılması; texnoloji marşrutların çox variantlılığı; müxtəlif dinamik sistemlərin eyni işçi zonalarda qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyəti və s. Göstərilənlər ÇİS-də baş verən proseslərin stoxastik xarakter daşdığını göstərir və ÇİS-in fəaliyyətini dinamikada modelləşdirən aparatlardan istifadəni aktuallaşdırır. ÇİS-in digər spesifik xüsusiyyəti kimi texnoloji layihələndirmə proseslərinin tam şəkildə formalizə oluna bilməməsi və informasiya qeyri müəyyənliyi şəraitində formal qərar qəbul etmə alqoritmlərinin olmamasıdır. Bu halda ÇİS-in tərkibində olan bütün alt sistemlərin- texnoloji, nəqliyyat-anbar, alət təminatı, idarə sistemi və s., qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyətini özündə əks etdirən vahid modeldən istifadə aktuallaşır. Göstərilən funksiyaları yerinə yetirmək üçün İM-i və nəticələrin animasiya üsulları ilə analizini özündə əks etdirən kompüter modelləşdirilməsi əvəz olunmaz səmərəli alət hesab edilir. Kompüter modelləşdirilməsinin digər üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, onun yerinə yetirilməsi nəticəsində tipik layihələrin bankları yaradılır və onlardan başqa layihələrdə tam və ya qismən istifadə etmək olar.

[40,s.692]- *də göstərilirdi kimi ÇİS-in layihələndirilməsi zamanı modelləşdirmə müxtəlif məqsədlər üçün istifadə edilir: sistemin, alt sistemin və qurğuların strukturunun və parametrlərinin seçilməsi; sistemin keyfiyyət göstəricilərinə daha çox təsir göstərən parametrlərin qiymətlərinin təyin edilməsi; müxtəlif verilənlər və təsiredici qiymətlər layihələndirilən sistemin tədqiqi, bu və ya digər qurğuların sıradan çıxmasına sistemin həssaslığının təyini və s.*

РДО-методун əsas vacib üstünlüyü ondan ibarətdir ki, idarə olunan obyektin İM ilə birlikdə onun idarəetmə sisteminin də modelləşdirilməsini həyata keçirir və bu məqsədlə İM-in nəticəsini Petri şəbəkəsi ilə animasiya və idarəetmə imkanını da yerinə yetirir.

Bu nöqteyi-nəzərdən dissertasiyada problemin müasir vəziyyətinin araşdırılmasında Petri şəbəkəsinin müasir modelləşdirmə və idarəetmə aparatı kimi qısa xülasəsinə baxılır. Texniki sistemlərin modelləşdirilməsi və kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi üçün səmərəli riyazi aparat kimi Petri şəbəkələri son vaxtlar daha geniş istifadə olunur [79,s.2]. Belə ki, Petri şəbəkələri ilə modelləşdirilmiş texniki sistemin tədqiqi şəbəkənin özünün xassələrinin analizi məsələsinə gətirilir. Mürəkkəb strukturlu ÇİS-in birbaşa Petri şəbəkəsi ilə təsviri iterasiyalı proses olmaqla çətinləşir, bəzi hallarda isə demək olar ki, praktiki olaraq mümkün olmur. Təcrübədə [2,s.74] bu məsələni həll etmək üçün ÇİS-i alt sistemlərə bölməklə elementlərinin müxtəlif təsvir formaları ilə fəaliyyətlərinin ilkin yazılışları həyata keçirilir və həmin ifadələri Petri şəbəkələrinə çevirməklə kompüter eksperimentləri ilə tədqiq edilirlər. Çevirmə alqoritmlərinin işlənməsinə müxtəlif yanaşmalar mövcuddur [49,s.199] .

[5,s.65;108,s.97] - *də həmin məsələnin həllinə yönəlmiş bir yaxınlaşmaya - fəaliyyəti sonlu avtomatlarla təsvir olunan giriş informasiyasının Petri şəbəkəsinə çevrilməsinə baxılır və göstərilir ki, işlənmiş alqoritm Pascal alqoritmik dilində tərtib edilmişdir. Bu yanaşmanın səmərəliliyi kompüter eksperimenti ilə təsdiq edilmişdir.*

[39,s.173] -*də hazır məhsulların istehsalat xətlərində paylanmasının ümümləşmiş alqoritmə verilmişdir. Avtomatlaşdırılmış sistemdə bu məsələnin həlli üçün Petri şəbəkəsindən istifadə edilərək modulun təsviri verilmişdir.*

[48,s.24] -də modifikasiya olunmuş Petri şəbəkəsi əsasında İT-layihənin inteqrasiya olunmuş imitasiya modeli təklif olunmuşdur, hansı ki, məhsulun modeli ilə layihə işlərinin modelini birləşdirir. Prosesi təsvir edən Petri şəbəkəsinin işini modelləşdirmə vasitəsi kimi *AnyLogic* mühiti seçilmişdir.

[74,s.134] – *də çevik istehsal sistemlərinin (ÇİS) analitik və imitasiya modelləşdirilməsi üsulları ilə modelləşdirilməsinin avtomatlaşdırılması və ÇİS-in işinin optimallaşdırılması üçün Petri şəbəkələrinin tətbiqi məsələlərinə baxılır.* Diskret proseslərin modelləşdirilməsinin effektiv aləti olan Petri şəbəkələri modelləşdirilən obyektin strukturunu və fəaliyyətini eyni zamanda təsvir edir. Modelləşdirmənin digər vasitələrindən fərqli olaraq, Petri şəbəkələrinin əsas xüsusiyyətləri – modelləşdirilən obyektin paralelliyini, asinxronluğunu, iyerarxiyasını daha sadə vasitələrlə təsvir etməsidir. Qurulmuş Petri şəbəkəsi *VisualPetri* [113] kompüter proqramı vasitəsilə tədqiq edilmişdir.

[89,s.112] – *də diskret istehsalatın şəbəkə imitasiya modellərinin formalaşmasının əsas məsələlərinin tədqiqi və analizinin nəticələri verilmişdir.* İyerarxiyalı idarəetmənin istifadə edilməsi əsaslandırılır, tipik istehsalat modullarının modelləri, istehsalat sistemlərinin Petri şəbəkələri ilə imitasiya modeləşdirilməsi məsələlərinə baxılır. Diskret istehsalatın modellərinin iyerarxiik, modul və stoxastik olması onun əsas xüsusiyyətidir. Təcrübə göstərir ki, Petri şəbəkələri qeyd edilən xassələri təsvir etmə qabiliyyətinə malikdir və müxtəlif səviyyəli mürəkkəb sistemləri adekvat olaraq təsvir edə bilər. Qeyd edilmişdir ki, müasir modelləşdirmə proqramlarından *RAO-studio* proqram kompleksindən istifadə etməklə avadanlığın yerləşməsi planına uyğun yerinə yetirilən əməliyyatların animasiyası həyata keçirilir.

[57,s.137] – *də göstərilmişdir ki, Petri şəbəkələri aparatından istifadə etməklə modelləşdirmə mühitini yaratmaq və istehsalat prosesinin əsas parametrlərini təsvir etmək olar.* Petri şəbəkələri aparatının aləti kimi *Henryk Anschuetz* kompaniyasının *HPSim* proqramı seçilmişdir. Proqram *Visual C++* dilində yazılmış, vizual proqramlaşdırmanın imkanlarından istifadə etməklə klassik Petri şəbəkələrini dəstəkləyir.

[90,s.2] – *də diskret istehsalat sistemlərinin imitasiya modelləşdirilməsi nəzəriyyəsinin tədqiqinin əsas nəticələri verilmişdir.* Şəbəkə modelləri əsasında istehsalatın bəzi məsələlərinin həllinə yanaşmalara baxılmışdır. Monoqrafiyada Petri şəbəkələri nəzəriyyəsinin istehsalat sistemlərinin modelləşdirilməsində istifadəsi nəzəri cəhətdən əsaslandırılmışdır.

[83,s.46] – *də Petri şəbəkələrinin köməyi ilə idarəetmə obyektlərinin imitasiya modelləşdirilməsi üçün proqram kompleksinə baxılmışdır.* Kompleks seçilmiş predmet sahəsi üzrə obyektlərin verilənlər bazasını yaradır və obyektlə onu interpretasiya edən Petri şəbəkəsi arasında uyğunluğu yaratmağa imkan verir. Növbəti etapda yaradılmış VB-dən istifadə edərək prosesin struktur sxemini qurmaq olar və avtomatik rejimdə bütün prosesi tamamilə interpretasiya edən ümümləşmiş Petri şəbəkəsini qurmaq olar. Nəticədə Petri şəbəkələri nəzəriyyəsiindən istifadə edərək bütün prosesi araşdırmaq olar.

[114,s.68-70] – *də Petri şəbəkələri ilə modelləşdirilmə imkanı yaradan proqram məhsullarının xülasəsi verilmişdir.* Platform Independent Petri net Editor (Petri şəbəkələrinin müstəqil redaktor platforması) 2003-cü ildə Londonun İmperiya kollecinin aspirantları tərəfindən yaradılmışdır. PIPE2 stoxastik Petri şəbəkələrini modelləşdirmək və redaktə etmək imkanı yaradır. *Petri Net Simulator 2* - Petri şəbəkələri aparatının köməyi ilə çevik istehsal sistemlərinin təsviri, modelləşdirilməsi və simulyasiyası üçün yaradılsa da, digər diskret sistemlər üçün də istifadə edilə bilər. *DCnet* - Petri şəbəkələri ilə modelləşdirmədə geniş imkanlara malikdir. Çevik istehsal sistemlərinin, texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinin modelləşdirilməsi və tədqiqi üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Petri şəbəkələrinin layihələndirilən obyektin fəaliyyət prosesinin bütün səviyyələrində modelləşdirmə vasitəsi kimi istifadə edilməsi aşağıdakı səbəblərlə izah edilir:

- Petri şəbəkəsi prosesi hər bir mərhələdə “giriş” və “çıxış”a görə təsvir edir;
- qarşılıqlı əlaqədə paralel fəaliyyət göstərən obyektlərin dinamikasını və məlumat axınının mümkün paylanmasını dəqiq təsvir edir;

- şəbəkənin ierarxik strukturu layihələndirilən obyektin fəaliyyətinin ierarxik strukturuna uyğun gəlir;

- layihələndirilən obyektin fəaliyyət prosesinin əhəmiyyətli xassələrinin analizi şəbəkənin uyğun xassələrinin və reduksiya olunmuş şəbəkənin ilkin xassələrinin analizinə gətirilir və bu zaman reduksiya olunmuş şəbəkə ilkin xassələrini olduğu kimi saxlamalıdır;

- Petri şəbəkələrinin tətbiqi layihələndirilən obyektin fəaliyyətinin istənilən adekvatlıqla modelləşdirmə prosesində modelləşdirməyə imkan verir;

- Petri şəbəkələri aparatının tətbiqi ilə layihələndirilən obyektin fəaliyyət prosesinin istənilən mərhələsində modelləşdirməsinin nəticələrini istifadəçiyə təbii formada (mətn və ya qrafiki) təqdim etmək olar;

- layihələndirilən obyektin dinamikası və strukturu haqqında istənilən anda məlumat verir[6,s.199;7,s.91].

Petri şəbəkələri nəzəriyyəsi və onun genişlənmələri [58,s.211] –də ətraflı şərh edilmiş və hər birinin üstün və çatışmayan xüsusiyyətləri göstərilmişdir. Məqalədə Petri şəbəkəsinin 1962-ci ildən yaranma tarixi və sonrakı dövrlərdə inkişafı perspektivləri verilməklə bu istiqamətdə xüsusi xidmətləri olan görkəmli alimlər – Tadao Murata, Vitaliy Kotov və b. xidmətləri qeyd edilmişdir.

Göstərilmişdir ki, Petri şəbəkələrinin müxtəlif sistemlərin analizi və layihələndirilməsində bir neçə praktiki tətbiq yolları mövcuddur: bir yanaşmada Petri şəbəkələrinə köməkçi analiz aləti kimi baxılır (bu halda sistemin qurulması üçün ümumi qəbul edilmiş layihələndirmə üsulları tətbiq edilir, sonra həmin sistem Petri şəbəkəsi ilə modelləşdirilir və analiz olunur); digər yanaşmada bütün layihələndirmə prosesi və xarakteristikaların təyini Petri şəbəkəsinin terminləri ilə təsvir edilir (bu halda Petri şəbəkəsi ilə təsvir olunan sistemin real informasiya sistemə çevrilməsi tələb olunur). Göründüyü kimi Petri şəbəkələrinin inkişafı da iki əsas istiqamətdə aparılmalıdır:

- formal Petri şəbəkəsi nəzəriyyəsi (Petri şəbəkəsinin tətbiqi üçün əsas vasitələrin, üsul və məhfumların işlənməsi);

- tətbiqi Petri şəbəkəsi nəzəriyyəsi (Petri şəbəkəsinin sistemlərin modelləşməsi və idarəedilməsinə tətbiqi və analizi məsələləri).

Məlum olduğu kimi Petri şəbəkələri ilə modelləşdirmə vəziyyətlər səviyyəsində həyata keçirilir ki, bu da sistemin vəziyyətini təyin edən ədədi xarakteristikaların analizini tələb olunan səviyyədə yerinə yetirilməsinə imkan vermir. Bu nöqteyi-nəzərdən göstərilən məqalədə Petri şəbəkəsi nəzəriyyəsinin inkişafını təmin edən genişlənmələrə baxılır.

Göstərilir ki, rənglənmiş Petri şəbəkələri [118,s.1] müxtəlif xarakterli tətbiqi məsələlərin modelləşdirilməsi və tədqiqində daha geniş tətbiq sahəsi tapmışdır. Bu genişlənmə qrafiki modelləşdirmə dili olmaqla paralellik tələb olunan proseslərin sinxronlaşdırılması və kommunikasiyasında xüsusi olaraq səmərəli hesab edilir. Ümumi halda rəngli Petri şəbəkəsi adi Petri şəbəkəsinin rənglərdən istifadə etməklə genişlənməsidir. Məqalədə rəngli Petri şəbəkələrinin tətbiq sahələri və onlardan istifadənin səmərəliliyi məsələlərinə də baxılır.

Göstərilmişdir ki, rəngli Petri şəbəkələri ilə bərabər klassik Petri şəbəkəsi nəzəriyyəsinin digər genişlənməsi – zaman Petri şəbəkəsi də geniş tətbiq sahələri tapmışdır. Bu genişlənmə xüsusən real vaxt rejimində fəaliyyət göstərən sistemlərdə səmərəli hesab edilir. Zaman informasiyası bir ədədlə (zamanın diskret təsvirində) və intervalla (zamanın fasiləsiz təsvirində) təsvir oluna bilər. Məqalədə zaman Petri şəbəkəsinin səmərəli tətbiq sahələrinə də baxılmışdır.

1.2. ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqində animasiya üsullarının tətbiqi

Göstərilirdiyi kimi İM-in əsas çatışmayan cəhəti kompüter eksperimentlərinin həyata keçirildiyi müddətdə hər bir mərhələnin, prosesin nəticələrinin izlənməsinin mümkün olmamasıdır. Belə ki, kompüter eksperimentlərinin nəticələri prosesin imitasiya modelləşdirilməsi və kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi başa çatdıqdan

sonra məlum olur. Bu problem müxtəlif təyinatlı animasiya modelləşdirilməsi üsulları ilə aradan qaldırıla bilər.

SİMAN imitatoru animasiya (multiplikasiya) sistemi olan CİNEMA ilə kompleksdə obyektin qrafiki modelini statik, yəni təsvirlər şəklində və dinamik (növbələr, yerdəyişmə və s.) komponentlərlə təsvir etməyə imkan yaradır. Xüsusişdirilmiş SİMAN - modellərdən istifadə edərək obyektlərin yerdəyişməsində konveyerlərin, avtomatlaşdırılmış nəqliyyat sistemlərinin, qövslərin, histoqramların və s. canlandırılması həyata keçirilir. Paralel şəkildə, eyni zaman intervallarında yerinə yetirilən multiplikasiya və İM-si göstərilən dilin digər üstün cəhətidir.

CİNEMA animasiya sisteminin interaktiv vizuallaşdırma imkanlarının məhdud olması əsas çatışmayan cəhətidir. Bu proqram kompleksində multiplikasiya fasiləsiz şəkildə yerinə yetirilə bilmir, belə ki, CİNEMA-da vaxt miqyasının idarə edilməsi diskret xarakter daşıyır. Systems Modelling Corporation (ABŞ) kompaniyası tərəfindən CİNEMA animasiya sisteminin proqram təminatı təkmilləşdirilmiş və Arena imitasiya modelləşdirilməsi sistemində istifadə edilmişdir. 1993-cü ildə yaradılmış Arena-nın birinci versiyası obyektə yönəlmiş interfeyslə təmin olunmuş və özündə müxtəlif predmet sahələrinə adaptasiya olmaq imkanlarını əks etdirmişdir. Belə ki, sistem istifadə olunmaq nöqtəyi-nəzərindən sadə olmaqla proqram kodlarının yazılmasını tələb etmirdi. *[56,s.108] proqramlaşdırma vasitəsi olan Arena-da proseslərin animasiyası məsələsinə və imitasiya modelləşdirilməsinin nəticələrinə həsr olunmuşdur.*

Arena imitasiya modelləşdirilməsi sistemi SİMAN dilinin əsasında yaradılmışdır[3,s.110;9,s.91;109,s.2].

1988-ci ildə Gensym firması tərəfindən çoxfunksiyalı G2 intellektual sistemi İM-in inkişafında yeni bir istiqamətin yaranmasına səbəb oldu [100,s.2]. G2 bazasında Re Think – obyekt yönümlü qrafik layihələndirmə sistemi yaradıldı ki, onun vasitəsi ilə mürəkkəb sistemlərdə müxtəlif proseslərin operativ idarə olunmasını real vaxt rejimində İM-ni həyata keçirmək mümkündür. Bu sistem vasitəsi ilə istifadəçinin ixtiyarına modellərin yaradılması üçün paket proqramları təqdim olunur.

ReThink sistemində proseslərin modellərini təsvir etmək üçün blok və birləşmələrdən ibarət diaqramlardan istifadə edilir. Bloklar məsələləri, birləşmələr isə sənədləri, informasiyaları, eyni zamanda məsələlərdə istifadə olunan predmetləri (xammal partiyalarını, ehtiyat hissələri, istehsal olunan məhsulları və s.) təsvir edirlər. Sistemdə müxtəlif prosesləri modelləşdirmək üçün universal standart bloklar realizə olunmuşdur. Tələb olunduqda əlavə olaraq istifadəçi G2 sistemi vasitəsi ilə yeni təyinatlı bloklar da yarada bilər.

ReThink obyekt yönümlü sistemi proseslərin modellərinin başa düşülən və təsvir olunan şəkildə yaradılmasını təmin edir və bu proseslərin fəaliyyəti üçün informasiya strukturlarını müəyyənləşdirir. Bu nöqtəyi-nəzərdən ReThink sistemində CASE- vasitələrinin inkişaf etmiş variantı kimi baxmaq olar.

AnyLogic mühiti informasiya texnologiyaları sahəsində olan yeni ideyalar əsasında, paralel qarşılıqlı əlaqəli proseslər nəzəriyyəsi və hibrid sistemlər nəzəriyyəsi əsasında yaradılmışdır. AnyLogic mühitində animasiya modelləşdirilən sistemin dinamikasını, yəni onun zamanla davranışını görüntüləmək imkanı verən dinamik qrafiki obyektlər şəklində yaradılır. *Animasiyada istifadə edilən şəkillərin elementlərinin parametrləri modelin dəyişənləri və parametrləri ilə əlaqələndirilir. [61,s.2]-də müxtəlif predmet sahələrinin imitasiya modelləşdirilməsinə aid nümunələrin təsviri verilir.* Burada verilən hər bir model üçün məsələnin qoyuluşu, onun strukturunun təhlili və Any Logic mühitində fəaliyyəti dəqiq araşdırılır və təhlil olunur. Təsvir edilən hər bir model real fəaliyyətdə hesab edilir və imitasiya modelləşdirilməsinin obyektin strukturunun alınması, ayrı - ayrı qurğuların məhsuldarlığının hesablanması metodologiyası və qiymətləndirilməsi üçün istifadəsinin zəruriliyi göstərilir. *[105,s.352]-də AnyLogic sistemində imitasiya modellərinin qurulması üçün mürəkkəb sistemlərin modelləşdirmə metodikası təsvir edilmişdir.*

G2 intellektual sistemində əsasən mürəkkəb proqram məhsullarını tərtib edən yüksək səmərəli texnologiyalardan istifadə edilir: obyekt yönümlü proqramlaşdırma; açıq və müştəri-xidmət sistemləri; aktiv obyekt qrafikası; informasiyaları təsvir etmək

üçün giper mətnlər və strukturlaşdırılmış təbii dillər; produksiya qaydaları, proseduralar, dinamik modellərə əsaslanan həllərin axtarışı; real vaxt rejimində fəaliyyət göstərən bir-birindən asılı olmayan proseslərin paralel yerinə yetirilməsi; müxtəlif kateqoriyalı istifadəçilər arasında səmərəli interfeys; intellektual ekspert sistemləri texnologiyaları ilə ənənəvi proqramlaşdırma texnologiyalarının birgə istifadəsi və s.

Avtomatlaşdırılmış istehsal sistemlərinin animasiyası - kompüterdə texnoloji proseslərin avadanlıqlarının fəaliyyətinin dinamikasının təsviridir. Avtomatlaşdırılmış istehsal sistemlərinin animasiyası istifadəçilərə aşağıdakı imkanları verir:

- modelin obyektə adekvatlığının yoxlanılması;
- imitasiya modelləşdirilməsi vaxtı sadə səhvlərin aşkarlaması;
- istifadəçiyə imitasiya modelinin düzgün işləməsinin sübut edilməsi və s. [81, s.102].

[92, s.154]-də Java dili əsasında yazılmış unifikasiyalı imitasiya-animasiya proqramlaşdırma vasitələrinin zəruriliyi və mümkünlüyü əsaslandırılmışdır.

Mövcud animasiya modelləşdirilməsi üsullarının analizi nəticəsində aşağıdakıları göstərmək olar:

- animasiya sistemləri əlavə imitator ilə əlaqədə fəaliyyət göstərməlidir (CİNEMA sistemi SİMAN imitatoru ilə);
- CİNEMA animasiya sisteminin interaktiv vizualizasiya imkanları məhduddur və vaxt məqşabının idarə olunması diskret xarakter daşdığından multiplikasiya fasiləsiz şəkildə yerinə yetirilə bilmir;
- bu tip sistemlər obyekt oriyentasiyalı olduqlarından müxtəlif predmet sahələrinə çətin adaptasiya oluna bilər;
- CİNEMA animasiya sisteminin proqram təminatı təkmilləşdirilərək yaradılan Arena İM sistemi çoxfunksiyalı sistem olmasına baxmayaraq ondan istifadə edənlərdən ehtimal nəzəriyyəsi, riyazi statistika, kütləvi xidmət sahələri (KXS) və Petri şəbəkələri üzrə dolğun biliklərə malik olmağı tələb edir;
- göstərilən animasiya imitatorlu sistemlər müxtəlif təyinatlı mürəkkəb sistemlərin çox funksiyalı layihə institutlarında İM ilə tədqiqi məqsədi ilə yaradılır.

1985-ci ildən başlayaraq real vaxt rejimində fəaliyyət göstərən dinamik intellektual sistemlər yaradılmağa başlandı: Picon, çoxfunksiyalı G2 , müştəri-server arxitekturalı Re Trink, PDO dilində İM-in işlənməsi və sazlanması üçün RAO-studio proqram kompleksi və s. Bu sistemlərin hər birinin üstün və çatışmayan cəhətləri mövcuddur :

- işlənmiş proqram kompleksləri böyük həcmli və əməltutumlu olduqlarından qiymətləri də baha olur və hər bir istifadəçi onu əldə edə bilmir ;

- əksər proqram kompleksləri proqramçılara deyil, sistem analitiklərinə oriyentasiya olduğundan eksperimentatordan modelləşdirilən obyekt haqqında biliklərdən əlavə kompüter elmləri sahəsində də yüksək səviyyəli biliklərə malik olmağı tələb edir ;

- qeyri-müəyyənlik şəraitində fəaliyyət göstərən dinamik sistemlərin tədqiqi üçün səmərəli alət hesab edilmirlər.

Bu sistemlərdən geniş tətbiq sahəsi tapan PDO dilində imitasiya modelləşdirilməsidir. PDO - metodun üstün xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, idarə olunan obyektin İM ilə birlikdə onun idarəetmə sisteminin də modelləşdirilməsinə və tədqiqinə imkan verir. Bu halda İM-in idarə olunması və nəticələrinin animasiyası Petri şəbəkəsi ilə təsvir oluna bilər. Bu nöqtəyi-nəzərdən Petri şəbəkəsi nəzəriyyəsinin idarəetmə və modelləşdirmədə tətbiq sahələrinin rolu və Petri şəbəkələrinin genişlənmələrinin, xüsusən də rəngli və zaman modifikasiyalarının müqayisəli analizi göstərilmişdir ki, zaman Petri şəbəkələri İM-in idarə olunması və nəticələrinin animasiyası üçün daha səmərəli alətdir.

Birinci fəsildə alınmış nəticələr

Ədəbiyyat mənbələrinə və təcrübəyə istinadən xülasənin nəticələrini ümumləşdirərək və imitasiya modelləşdirilməsinin inkişaf mərhələlərini nəzərə almaqla aşağıdakı nəticələri göstərmək olar [9,s.95].

1. Texnoloji, təşkilati və idarəetmə xarakterli faktlar çoxluğunu nəzərə alan sistemli kompleks yanaşma mürəkkəb sistemlərin, o cümlədən həmin kateqoriyaya aid edilən ÇİS-lərin layihələndirilməsində istifadə olunmalıdır.

2. Mürəkkəb sistemlərin modelləşdirilməsində və eksperimentlərlə tədqiqində səmərəli alət olsa da, İM bir sıra əhəmiyyətli çatışmamazlıqlara da malikdirlər:

- kompüterdə eksperimentlərin gedişi etapları tədqiqatçı üçün gizli olaraq yerinə yetirilir və yalnız son nəticədə aşkarlanır. Bu çatışmamazlıq tədqiqatçının eksperimentin gedişinə müdaxilə etmək imkanını məhdudlaşdırır;

-sistemin təsvirinin, nəticələrin interpretasiyası ilə adekvatlığının təmin olunmasının çətinliyi;

- obyektin stoxastik xarakterinin modelləşdirmə prosesində nəzərə alınmasının çətinliyi;

- İM-in metoduna çoxlu əmək sərf olunması.

3. İM-dən əvvəl tədqiq edilən obyektin çox vaxt statik analizinin aparılması tələb edilir. Tədqiq edilən obyekt haqqında daha ətraflı biliklərin əldə edilməsinə və İM-də səhvlərin azalmasına bu proses səbəb olur. Təcrübədə bu məsələnin əlverişli həlli üçün CASE -texnologiyalarından istifadə edilir.

4. İlk İM universal dillər olan Fortran, Pascal, Modula, Ada və s. istifadə edilərək yaradılmışdır. İM-in sonrakı inkişaf etaplarında isə xüsusişdirilmiş İM dilləri (GPSS, SİMULA və s.) və obyekt yönümlü İM dillərindən (SİMULA 67, C++ və s.) istifadə olunmağa başlandı. Qeyd edək ki, modelləşdirmə dillərinin proqramlaşdırmanın tez yerinə yetirilməsi, konseptual anlaşma qabiliyyəti kimi üstün xüsusiyyətlərinin olmasına baxmayaraq, onlar universal dillərdən geri qalırlar.

5. İM-in yaradılmasında Rethink, AweSim, Arena və s. kimi problemyönlü sistem və İM alətlərindən istifadə edilməsi, bu tip sistemlərdən istifadə edərkən

yüksək proqramlaşdırma bilikləri tələb olunmur və müxtəlif kateqoriyalı sistemlərin modelləşdirilməsində istifadə edilə bilər. Obyektin İM-də problemyönümlü sistem, istifadəçi ilə interaktiv rejimdə generasiya olunur.

6. İM-də süni intellekt üsullarından istifadə olunması: imitasiya prosesində qərar qəbuletmədə, imitasiya eksperimentlərinin idarə olunmasında biliklərdən istifadə olunması; istifadəçinin intellektual interfeysinin yaradılması; İM-in informasiya banklarının qurulması; qeyri-səlis verilənlərdən istifadə və s. Süni intellekt elementlərindən İM-də istifadə olunması istiqamətində, bir sıra həllini hələlik tələb olunan səviyyədə tapmamış problemlər mövcuddur, o cümlədən: İM prosesində professional səviyyədə qoyulmuş məsələnin riyazi dilə çevirmək üçün yaradıcı, qeyri formal mərhələnin olmasıdır ki, bu da müxtəlif təyinatlı və peşəkarlığa malik olan çoxlu sayda mütəxəssislərin birgə fəaliyyətini tələb edir; digər problem ondan ibarətdir ki, modelləşdirilən mürəkkəb sistemin ayrılmaz hissəsi olan idarə sisteminin özü də mürəkkəb sistemlər kateqoriyasına aiddir və İM-də onu da modelləşdirmək lazımdır. Odur ki, əksər hallarda idarə sisteminin məntiqi əsasları İM-in alqoritminə daxil edilir (GPSS, SlamII və s.).

7. Altıncı bənddə göstərilən problemlərin həlli istiqamətində aparılan işlər intellektual İM-si sistemlərinin yaradılmasını aktuallaşdırır. Bu onunla əsaslandırılır ki, intellektual sistemlər əhəmiyyətli dərəcədə çevikdirlər, universaldırlar və qərar qəbuletmədə insanın fəaliyyətini imitasiya edə bilər. Bu sistemlərə misal olaraq ReThink⁺, +G2, Arena və PДO IM - ni göstərmək olar.

İcmalın nəticələrinə əsasən dissertasiya işinin məqsədi formalaşdırılmış və bu məqsədə nail olmaq üçün həlli tələb olunan məsələlər müəyyən edilmişdir.

II FƏSİL. MÜRƏKKƏB XARAKTERLİ İSTEHSAL SİSTEMLƏRİNİN İLKİN LAYİHƏLƏNDİRMƏ MƏRHƏLƏLƏRİNDƏ İMİTASIYA MODELLƏŞDİRİLMƏSİ ÜSULLARI İLƏ TƏDQIQI

Müxtəlif təyinatlı istehsal sistemlərinin inkişaf mərhələlərini “qeyri müəyyənlik dərəcəsi” və tərkibinin “müxtəlifliyi” nöqtəyi-nəzərdən analiz etdikdə onların evolyusiyasını kifayət qədər sadədən çox mürəkkəb sistemlərə kimi inkişaf mərhələlərinin aşağıdakı ardıcılığının olduğu qənaətinə gəlmək olar: avtomat xətlər; çevik texnoloji modullar; çevik istehsal sistemləri; kompüterləşdirilmiş inteqrallaşdırılmış istehsallar; virtual istehsallar və b[3,s.63;50,s.20]. Məlumdur ki, istehsal sistemlərinin mürəkkəbliyi artdıqca, onların səmərəliliyi yüksəlsə də, layihələndirməyə, tətbiqə və istismara qoyulan tələbatlar mürəkkəbləşir ki, bunun nəticəsində də yeni yanaşmaların, müasir informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının istifadəsi aktuallaşır.

Məlum olduğu kimi istənilən obyektin, o cümlədən istehsal sistemlərinin layihələndirilməsi aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir: planlaşdırma; elmi-tədqiqat işləri; layihələndirmə; istehsal və istismar. Elm və texnikanın müasir vəziyyəti, eyni zamanda informasiya- kommunikasiya texnologiyalarının geniş tətbiqi həmin mərhələlərin hər birinin qismən və tam şəkildə avtomatlaşdırılmasına imkan verir. Belə avtomatlaşdırma sistemlərinə aşağıdakıları aiddir: planlaşdırmanın avtomatlaşdırılmış sistemləri (PAS); elmi-tədqiqat işlərinin avtomatlaşdırılmış sistemləri (ETAS); avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemləri (ALS); istehsalatın avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri (İAİS); texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri (TPAİS); çevik istehsal sistemləri(ÇİS) və statistik tədqiqatların avtomatlaşdırılmış sistemləri(STAS) [2,s.46;28,s.51;93,s.201].

Təcrübə göstərir ki, layihələndirilən obyektin həyat dövrü, yəni istismarda olma müddəti, istismar mərhələsinə qədər mərhələlərin yerinə yetirilmə müddətlərindən birbaşa asılıdır. Belə ki, istismara qədər mərhələlərin avtomatlaşdırma üsulları ilə səmərəli layihələndirilməsi hesabına həmin mərhələlərin müddətlərinin azaldılması obyektin istismar müddətini, yəni həyat dövrünü artırır.

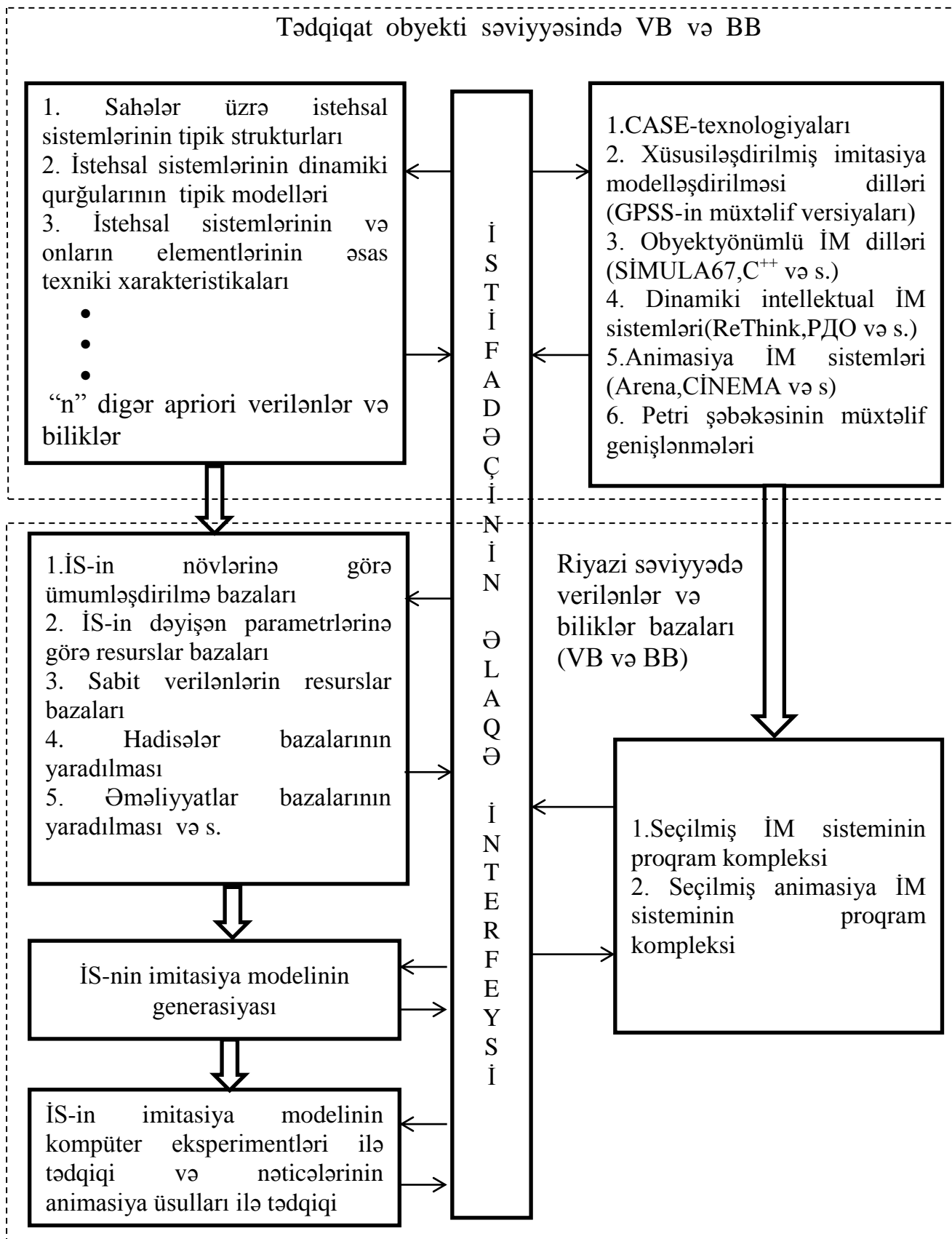
Onu da qeyd edək ki, müxtəlif obyektiv və subyektiv səbəblərdən istismara kimi mərhələlərin layihələndirmə müddətləri süni şəkildə artırılarsa layihələndirilən obyektin fiziki və mənəvi cəhətdən “qocalması” və istismarının məqsədə uyğun olmaması prosesi baş verir.

ÇİS şəklində mürəkkəb növlü obyektlərin layihələndirilməsi təcrübəsi göstərir ki, qeyd olunan problemlər onların real istehsallara tətbiqi mərhələsində daha da mürəkkəb xarakter daşıyır. Bu onunla əlaqədardır ki, ÇİS bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyət göstərən çox saylı dinamik mexatron qurğular toplusundan təşkil olunur və son nəticəyə nail olmaq real vaxt rejimində fəaliyyət göstərməlidir. Odur ki, layihəedənlərin layihələndirmənin ilkin mərhələlərdəki ideyaları əksər hallarda son mərhələdə, yəni natura ilə realizə olunmuş fiziki modellərin sınaqlarında özünü doğrultmur. Bu isə öz növbəsində nəzərə alınmamış səhvlərin aradan qaldırılması üçün layihə prosedurlarının təkrarən yerinə yetirilməsini tələb edir. Təbiidir ki, bu halda yuxarıda göstəriləyi kimi layihələndirilən obyektin fiziki və mənəvi cəhətdən “qocalması”nı stimullaşdırır[31,s.104].

Göstərilən problemin həlli üçün perspektivli istiqamət kimi yeni obyektlərin layihələndirilməsinin ilkin mərhələsində müasir avtomatlaşdırma və modelləşdirmə üsullarından istifadə etməklə kompüter eksperimentləri ilə onun məqsədə uyğunluğunun qiymətləndirilməsidir.

2.1. İstehsal sisteminin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqinin ümumiləşdirilmiş avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasının işlənməsi

Qeyd olunduğu kimi ÇİS-lər mürəkkəb xarakterli istehsal sistemləri kateqoriyasına aid edilir. Odur ki, bu alt fəsildə istənilən mürəkkəb xarakterli İS-in imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqinin ümumiləşdirilmiş avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasının işlənməsinə baxılır. *Təklif edilən avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturası şəkil 2.1-də göstərilmişdir*[15,s.52;16,s.382].



Şəkil 2.1. İstehsal sisteminin İM ilə tədqiqinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturası

Arxitekturadan göründüyü 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 dinamiki 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. Ehtiyac olduqda mürəkkəb İS-də statik analizin yerinə yetirilməsində CASE (Computer Aided System Engencering)- texnologiyalarından geniş istifadə edilir.

Mürəkkəb sistemin modelinin qurulması üçün onda baş verən proseslər araşdırılmalıdır. Hər bir proses nisbətən sadə elementlər çoxluğu olan fəaliyyətlərdən təşkil edilir. Adətən paralel, asinxron və kombinə edilmiş rejimlərdə fəaliyyətlər ümumi, məhdudlaşdırılmış resurslardan istifadə etməklə özlərini göstərirlər. Ona görə də, İM-i yaradan mütəxəssislər mürəkkəb sistemdə baş verən prosesləri və onların tərkibi olan fəaliyyətləri mükəmməl bilməli və eyni zamanda digər layihə edən mütəxəssislərlə ümumi dildə informasiya mübadilələri aparmağı bacarmalıdırlar. Bu məqsədlə fəaliyyətləri təsvir edərək, onların qarşılıqlı əlaqələrini təyin edən diaqramlar metodologiyası işlənməlidir. Diaqramların qurulması mürəkkəb sistem haqqında biliklərin formallaşdırılması üçün köməkçi addım hesab edilə bilər və modelləşdirmənin ilkin mərhələlərində layihədən mütəxəssislər arasında sıx əlaqə yaratmaqla müxtəlif səhvlərin aşkarlanaraq aradan qaldırılmasını təmin edir.

CASE-texnologiyaları ilə bu funksiyaları səmərəli yerinə yetirmək olar. Bu texnologiyaların realizə edilməsinə görə ən çox istifadə ediləni sistemlərin struktur analizi və layihələndirilmə texnikası SADT (Structured Analysis and Design Technique)- texnologiyalarıdır [19,s.219;41,s.2;45,s.4,73,s.2;85,s.2;100,s.2;103,s.2]. SADT- texnologiyaları içərisində də ən çox istifadə ediləni spesifikasiyaların inteqral

yazılışı metodu IDEF (Integrated Computer Aided DEFinition Method) texnologiyalarıdır. IDEF ABŞ-da ICAM (Integrated Computer Aid of Manufactory – istehsalata inteqrallaşdırılmış kompüter köməyi) dövlət proqramı çərçivəsində yaradılmış və onun da müxtəlif təyinətli versiyaları mövcuddur: IDEF0- funksional modelləşdirmə; IDEF1- informasiya modelləşdirməsi; IDEF3- proseslərin vəziyyəti və iş ardıcılıqlarının yazılışı metodu və s.

SADT – texnologiyalarının geniş yayılmasının əsas səbəbi onun material, informasiya, finans və idarəçilik axınlarını və təşkilatı strukturlarını kompleks şəkildə təsvirinə oriyentasiya olunmasıdır.

Qeyd olunduğu kimi, obyektin statik şəkildə təsvir və tədqiq edilməsi üçün CASE- texnologiyalarından istifadə edilir. IDEF/CPN proqram paketi [121] CASE texnologiyalarında olan çatışmamazlığı aradan qaldırmaq üçün yaradılmışdır. Bu proqram paketi rəngli Petri şəbəkələri (Coloured Petri Nets) texnologiyaları və digər metodların istifadəsi ilə yaradılmışdır[46,s.49]. Petri şəbəkəsi nəzəriyyəsində həllini tapmayan və ya çətin realizə olunan çatışmamazlıqlar bu texnologiyada öz əksini tapmışdır: Petri şəbəkəsinin real sistem üçün yaradılması və analizinin mürəkkəb olması, IDEF- texnologiyasından əlavə analiz prosesində daha bir süni sxemdən istifadə edilməsi; qərar qəbul etmə və məntiqi idarəetmə proseslərinin modelləşdirilməsinin mürəkkəbliyi və s.

Mürəkkəb sistemlərdə İM-in giriş informasiyası kimi bu texnologiyaların müxtəlif nəticələrindən istifadə edilə bilər.

CASE – texnologiyaları üçün ilkin informasiyalar, yəni verilənlər, biliklər və s. texnoloqlar tərəfindən verilir. CASE-texnologiyalarının tədqiqinin nəticələri isə göstərildiyi kimi İM-si üçün giriş informasiyası kimi istifadə oluna bilər.

İstehsal sistemlərinin CASE-texnologiyaları ilə statik analizi kompüter eksperimentləri ilə bilik mühəndisləri tərəfindən həyata keçirilir.

Arxitekturdan görüldüyü kimi tədqiqat obyektinin xarakterindən asılı olaraq İM-in avtomatlaşdırılmış layihələndirmə aləti (İM ALA) müxtəlif CASE-texnologiyaları, xüsusiləşdirilmiş İM dilləri, obyekt yönümlü İM dilləri, dinamik intellektual İM sistemləri və animasiya İM sistemləri mühitində fəaliyyət göstərə

bilər ki, bu da onun strukturunun çeviklik xassəsinə malik olduğunu göstərir. Belə ki İS-in müxtəlif təyinatlı və xarakterli olmasından asılı olaraq adekvat arxitekturası təşkil olunaraq avtomatlaşdırılmış formada formalaşdırılır.

Riyazi səviyyədə verilənlər və biliklər bazalarının yaradılması uyğun olaraq seçilmiş İM sisteminin proqram kompleksi tərəfindən [1÷5]-də göstərilən ilkin hazırlıq əməliyyatlarını yerinə yetirdikdən sonra İS-in imitasiya modeli formalaşdırılır və kompüter eksperimentləri İM tədqiq olunur. İM-in nəticələri seçilmiş animasiya sisteminin proqram kompleksi ilə dinamik rejimdə monitorda təsvir olunur.

Dissertasiya işində tədqiqat obyektini kimi seçilmiş mürəkkəb xarakterli sistemlərə aid edilən çevik istehsal sistemlərinin ilkin layihələndirmə mərhələsində imitasiya modelləşdirilməsi üsulları ilə tədqiqi nəzərdə tutulduğundan, növbəti alt fəsilərdə ÇİS-lərin avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsinə qoyulan tələbatlar araşdırılmış və nümunə kimi qəbul edilmiş istehsal sahəsinin struktur sxeminə və yerinə yetirəcəyi funksiyalara baxılmışdır.

2.2. Çevik istehsal sistemlərinin avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsinə qoyulan tələbatların təyini

ÇİS-in fəaliyyətlərinin tədqiqi göstərir ki, onlara aşağıdakı əsas spesifik xassələr xasdır[8,s.149]: hər bir mexatron qurğu ayrıca götürülmüş dinamik sistem kimi fəaliyyət göstərir və onların fəaliyyətlərini ÇİS-in tərkibinə daxil olan digər dinamik sistemlərdən asılı olmayaraq təsvir etmək olar; hər bir dinamik sistemin fəaliyyət müddətində öz məqsədi və bu məqsədə nail olmaq üçün üsullar mövcuddur; ÇİS-in son məqsədinə nail olmaq üçün onu təşkil edən dinamik sistemlər bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə ayrıca götürülmüş hər bir sistemin son məqsədinə nail olmaq şərti gözlənilməklə həyata keçirilir; dinamik sistemlər qarşılıqlı əlaqə prinsipini gözləməklə, yəni bir vəziyyətdən digər vəziyyətə ancaq əvvəlki vəziyyətləri başa çatdıqdan sonra keçə bilərlər; bir neçə dinamik sistemdə eyni vaxtda bir-birinə mane olmayan keçidlərin yerinə yetirilməsinə icazə verilir(paralellik prinsipi); dinamik

sistemlərdə bir vəziyyətdən digərinə keçid reqlamentləşdirilmir, yəni keçidlərin sürəkliliyinə məhdudiyyət qoyulmur (asinxronluq prinsipi).

Mürəkkəb sistemlər kateqoriyasına aid edilən ÇİS-lər müxtəlif təyinatlı dinamik sistemlər toplusundan təşkil olunur, iki ölçülü və üçölçülü fəzada qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyət göstərirlər. Onların fiziki modellərinin sınaqlarının keçirilməsi müəyyən çətinliklərlə müşayiət olunmaqla çoxlu sayda qəza situasiyaları yaradırlar ki, bu da öz növbəsində sınaq və tətbiq mərhələlərinin müddətlərini süni şəkildə artırır. Digər tərəfdən ÇİS-in layihələndirilməsi, hazırlanması, sınağı böyük məsrəf və resurslar tələb etdiyindən, onların ilkin layihələndirmə mərhələlərində İM-si eksperimentlərini və eksperimentlərin nəticələrinin emalını təmin edən animasiya metodlarını özündə birləşdirən kompüter modelləşdirilməsi üsullarının istifadəsi aktualıq kəsb edir.

ÇİS-in göstərilən xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla onun avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsinin iki istiqamətdə tədqiqi və realizasiyası məqsədə uyğun hesab edilir: ÇİS-in idarəetmə alqoritminin müxtəlif modelləşdirmə aparatları ilə tədqiqi və məqsədəuyğunluğunun qiymətləndirilməsi; ÇİS-in struktur modelinin ayrı-ayrı dinamik sistemlərinin və kompleks şəkildə (kompüter modeli) kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi və yaradılmasının məqsədə uyğunluğunun qiymətləndirilməsi.

ÇİS-in idarəetmə alqoritmlərinin müxtəlif modelləşdirmə aparatları ilə yerinə yetirilməsinə [3,s.68]-də baxılmışdır. Göstərilmişdir ki, bu məqsədlə geniş yayılmış modelləşdirmə aparatları aşağıdakılardır: sonlu avtomatlar, paralel fəaliyyətli asinxron proseslər, produksiya qaydaları və Petri şəbəkələri. Bu modelləşdirmə aparatlarının hər birinin üstün və çatışmayan xüsusiyyətləri və səmərəli tətbiq sahələri analiz edilmiş və göstərilmişdir ki, ÇİS-in idarəetmə alqoritmlərinin avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsi aşağıdakı tələbatlara cavab verməlidir:

- ÇİS-in ayrı-ayrı mexatron dinamik sistemləri müxtəlif modelləşdirmə aparatları - sonlu avtomatlar, paralel fəaliyyətli asinxron proseslər, produksiya qaydaları və Petri şəbəkələri ilə, təsvir oluna bilər;

- digər modelləşdirmə aparatları ilə müqayisədə daha universal olduğundan və onun əsas xassələrini analiz etməklə idarə alqoritmlərinin məqsədə uyğunluğunun qiymətləndirilməsinin mümkünlüyünü nəzərə alaraq, ayrı-ayrı mexatron dinamik sistemlərin hər hansı bir modelləşdirmə aparatının Petri şəbəkəsinə çevrilməsini təmin etmək;

- Petri şəbəkəsinin əsas xassələrini analiz etməklə idarə alqoritminin tədqiqi və formalaşdırılması.

Göstərilən tələbatları nəzərə almaqla ÇİS-in kompleks şəkildə tədqiqini həyata keçirən avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturası təklif edilmiş, onun idarəetmə alqoritmlərinin məqsədəuyğunluğu tədqiq və realizə edilmişdir[2,s.47;21,s.25;22,s.8].

Qeyd olunduğu kimi ÇİS-in struktur modelinin ayrı-ayrı dinamik sistemlərinin və kompleks şəkildə (kompüter modeli) kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi və yaradılmasının məqsədə uyğunluğunun qiymətləndirilməsi məsələsi digər riyazi modelləşdirmə aparatlarının istifadəsi zərurəti yaradır. Göstəriləndiyi kimi diskret xarakterli istehsal sistemlərinin idarəedilməsində analitik modelləşdirmə üsulları (sonlu avtomatlar, paralel fəaliyyətli asinxron proseslər, semantik şəbəkələr, Freym, məntiqi və produksiya modelləri, şəbəkə modelləri, Petri şəbəkələri və s.) təyinatından asılı olaraq istifadə edilir[38,s.59].

Mürəkkəb istehsal sistemlərinin kompüter modelləşdirilməsi ilə tədqiqi üçün səmərəli riyazi modelləşdirmə aparatı kimi imitasiya modelləşdirilməsi üsullarından da geniş istifadə edilir.

Digər modelləşdirmə alətləri ilə müqayisə edərkən İM-in aşağıdakı üstün cəhətlərini göstərmək olar[50,s.37].

1. Yeni layihələndirilən mürəkkəb sistemin fəaliyyəti və onun xassələri haqqında, layihələndirilmənin ilkin mərhələsində qərar qəbul etmək imkanlarının olması; əgər sistem fəaliyyətdə olan proseslərlərdən ibarətdirsə və eksperimentlərin aparılması qeyri-mümkündürsə və ya həddindən artıq baha basa gələcəksə, sistemin fəaliyyətinə müdaxilə etmədən eksperimentlərin məqsədi sistemə daxili və xarici

təsvirlərin sərhədlərini təyin etməkdirsə, onun fəaliyyətinə mane olmadan eksperimentlərin aparılmasının mümkün olması.

2. İdarəetmədə strategiyaların sintez və tədqiq edilməsi.

3. Perspektivdə sistemin fəaliyyətinin planlaşdırılması və proqnozların təyin edilməsi.

4. Sistemi idarə etmədə iştirak edən personalın təlimi və s.

İstənilən İM təyinatından asılı olmayaraq komputer üçün tətbiqi proqram paketidir və İM-in yaradılmasında proqramlaşdırma mərhələsi əsasdır. Bu mərhələ üç əsas istiqamətdə yerinə yerilir [3,s.106;10,s.121;50,s.34].

1. Paskal, C⁺⁺, Fortran, PL/1, Ada və b. universal proqramlaşdırma dillərindən İM üçün istifadə edilməsi. İM-i yaradarkən proqramçı kompüterin resurslarından geniş istifadə edə bilər. İM-in bu üsulla yaradılması üçün sistem proqramçıları, problem sahəsi üzrə ekspertlər, tədqiqatçılar və b. kimi müxtəlif profilli mütəxəssislərin yüksək peşəkarlığa malik olan proqramçılar ilə qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyətini tələb edir. Konkret məsələnin həllinə yönəldilmiş İM ondan başqa məsələlərin həllində istifadə edilə bilmir.

2. İM-in proseslərə yönəlmiş xüsusişdirilmiş dillərin yaradılmasında və modelləşdirmədə istifadə edilməsi.

3. Problem- yönümlü modelləşdirmə sistemlərinin yaradılması və istifadə edilməsi.

Qeyd edək ki, son zamanlar müxtəlif metod və yanaşmaları özündə əks etdirən hibrid sistemlər konsepsiyası İM alətlərinin işlənməsində formalaşmışdır. Yaradılmış mürəkkəb və çoxfunksiyalı modelləşdirmə sistemləri İM-in və intellektual sistemlərin, xüsusən də ekspert sistemlərinin imkanlarını birləşdirir.

İM-in qurulmasında mürəkkəb sistemlər haqqında verilənlər və biliklər müxtəlif yollarla toplanılır, formalizə olunur və kompüterin informasiya sistemində daxil edilir. Verilənlər və bilikləri İM-in proqramlarından ayırmaq və onlara modelləşdirmə sistemlərinin sərbəst elementi kimi baxılması əsas problemdir. Bu halda verilənlər və biliklər bazaları modifikasiya olunan, yığılma bacarıqlı, oxunulan

və proqram təminatının digər elementlərindən asılı olmayaraq istifadə edilmə bacarığına malik olmalıdır[3,s.106;10,s.121].

Biliklər və verilənlər bazası və məntiqi qərar qəbul etmə bloku biliklərə əsaslanan sistemlərin əsas elementləridir [60,s.2]. Biliklərin kompüterdə emalı üçün təsvir edilməsi bu tip sistemlərdə əsas məsələdir.

2.2.1. ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsi sisteminin seçilməsi və əsas funksiyalarının təyini

Dissertasiya işinin 2.2 alt fəslində araşdırılan məsələlərin analizinin nəticələrini ümümləşdirərək aşağıdakı qənaətə gəlmək olar:

1.ÇİS-in layihələndirilməsində konkret məsələnin həllinə yönümlü universal proqramlaşdırma dillərindən və proseslərin modelləşdirilməsinə oriyentasiyalı xüsusişdirilmiş imitasiya modelləşdirmə dillərindən istifadə etməklə kompüter modelləşdirilməsi eksperimentləri çətinləşir və səmərəli hesab edilmir. Odur ki, bu məqsədlə süni intellekt üsullarına əsaslanan yeni informasiya texnologiyaları bazasında yaradılmış problem-yönümlü imitasiya modelləşdirilməsi sistemlərinin işlənməsi aktualıq kəsb edir.

2.Süni intellekt üsullarına əsaslanan və real vaxt rejimində fəaliyyət göstərən dinamik intellektual sistemlərinin (Picon, G2, ReTrink, RAO-studio və s.) müqayisəli analizi göstərir ki,bu sistemlərin hər birinin üstün və çatışmayan cəhətləri mövcuddur.

3. PĐO dilində İM-in işlənməsi və sazlanması üçün RAO-studio proqram kompleksinin üstün xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, idarə olunan obyektin İM ilə bərabər onun idarəetmə sisteminin də modelləşdirilməsinə və tətqiqinə imkan verir və İM-in idarə olunmasının nəticələrinin animasiyası Petri şəbəkəsinin genişlənmələri ilə təsvir oluna bilir.

Göstərilənləri nəzərə alaraq dissertasiya işində PĐO dilində İM-in RAO-studio proqram kompleksindən istifadə etməklə, ilkin layihələndirmə mərhələsində

ÇİS-in İM-si ilə tədqiqi və layihələndirilməsinin məqsədə uyğunluğunun qiymətləndirilməsinə baxılır.

Dissertasiya işinin növbəti mərhələsində РДО dilində imitasiya modelləşdirilməsinin işlənməsi və istifadə olunacağı nəzərdə tutulduğundan göstərilən РДО dili və onun əsasında RAO-studio program kompleksi barədə qısa məlumatın verilməsini məqsədə uyğun hesab edirik.

Geniş tətbiq sahəsi tapmış İM –si üsullarından biri də süni intellekt elementlərinə əsaslanan РДО (Ресурсы-Действия-Операции) İM mühitidir. РДО İM mühiti Bauman adına Moskva Dövlət Texniki Universitetinin “İstehsalın avtomatlaşdırılmasının kompüter sistemləri” kafedrasında işlənmişdir [50,s.10;55,s.11].

РДО-un yaradılmasının əsas səbəbi və məqsədi aşağıdakılardır: İM-in universallığına modelləşdirilən sistemlərin müxtəlifliyi ilə əlaqədar olaraq qoyulan tələbatlar; modellərin asan modifikasiya olunması; mürəkkəb idarəetmə sistemləri ilə idarəolunan obyektlərin birlikdə modelləşdirilməsi; İM-dən idarəetmənin real vaxt rejimində istifadə edilməsi və s. Göstərilənlər müxtəlif təyinatlı mürəkkəb xarakterli istehsalların sistemli analizini və idarə edilməsinin təşkilini təmin edir.

Mürəkkəb sistemin modeli РДО- metodda verilənlər və biliklər bazaları ilə təchiz olunmuş dinamik produksiya sistemi kimi təsvir edilir. Konkret mürəkkəb sistem РДО -da resursların və əməliyyatların ifadələrinin formalizə olunaraq göstərilən bazalara daxil edilməsi ilə yerinə yetirilir.

Obyekt haqqında biliklərin təsviri üçün mürəkkəb sistemlərin imitasiyası zamanı obyekt-yanaşma üsulundan istifadə olunur. Bu zaman əksər obyektlərə xas olan aşağıdakı sinifləri qeyd etmək olar: real obyektlər (port, zavod, avtomobil və s.); insanın, avadanlıqların bir hissəsinin, təşkilatın rolları (sazlayıcı, işçi, detalların anbarın qovşaqlarında yerləşdirilməsi və s.); insidentlər- baş vermiş hər hansı bir hadisənin abstrakt təsviri (müşərinin gəlməsi, detalın anbara yerləşdirilməsi və s.); qarşılıqlı əlaqə-müxtəlif obyektlər arasındakı münasibətlərdən yaranan obyektlər (istilik traslarının birləşməsi, küçələrin yolayırıcıları və s.); spesifikasiyalar,

qaydalar, standartlar və keyfiyyət meyarlarının təsviri üçün istifadə olunur (kriteriyalar, texnoloji proses, növbələrin xarakteristikaları və s.).

Yaradılmış obyektlərin mənbələri aşağıdakılardır: struktur-tərkiblərin qarşılıqlı əlaqəsi və nomenklaturalar; digər sistemlər -tətbiqi sahənin qarşılıqlı əlaqədə olduğu xarici sistemlər; qurğular-tətbiqi sahədə istifadə olunan qurğular; yadda saxlanılan hadisələr-keçmiş hadisələr, əgər onlardan sonrakı proseslərdə istifadə olunacaqsa; istifadəçilərin prosesdəki rolları; obyektlərin fiziki yerləşdiyi məkan; təşkilatlar - istifadəçilərin daxil olduğu qruplar.

Mürəkkəb sistem öz aralarında qarşılıqlı əlaqədə olan müxtəlif resurslar çoxluğu kimi konseptual səviyyədə təsvir edilir. Mürəkkəb sistemin hər hansı bir elementinə resurs kimi baxmaq olar. Onun mövcudluğu və tamlığı sistemin təsvirində vacibdir, həm də əhəmiyyətlidir. Hər bir resurs təsvir edilməlidir və özünün unikal adı olmalıdır. Sistemin işlənən hissəsinə qoyulmuş məsələlərdən asılı olaraq resurs kimi baxmaq olar. Məsələn, əgər anbar kompleksi təsvir edilirsə, onda anbarın stellajları və ayrı-ayrı nəqliyyat robotları, anbarlaşdırmaya sifarişlər və s. resurslar kimi nəzərdə tutulur. Əgər modelləşdirilən anbarlar şəbəkəsidirsə, onda bütün anbar onun daxili hissələri nəzərə alınmadan resurs kimi təsvir edilir[11,s.68].

Umumiyyətlə insan, avadanlıq, nəqliyyat sistemi, insan qrupları, detal partiyaları, anbarlar və b. mövcud fiziki obyektlər PĐO-metodda əsas resurslar kimi nəzərdə tutulur. PĐO- metodda mürəkkəb sistemin spesifik xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla, digər resurslar da əlavə oluna bilər. Onu da qeyd etmək ki, resurslar *sabit* və *müvəqqəti* ola bilər[120]. *Sabit resurslar* - sistemdə həmişə iştirak edirlər.

Müvəqqəti resurslar – sistemə daxil olurlar və onu fəaliyyət prosesində tərk edirlər. Həm də onlar əks əlaqənin mövcudluğu nəticəsində işin nəticəsi də ola bilərlər.

Sistemin bütün resursları çoxluq təşkil edirlər:

$$\mathbf{R}(t) = \{\mathbf{r}_i; i = 1, \dots, \mathbf{N}(t)\},$$

burada, \mathbf{r}_i – mürəkkəb diskret sistemin i -ci resursu; $\mathbf{N}(t)$ – cari vaxt anında resursların sayı.

Hər bir resurs aşağıdakı tiplərdən ibarət olan parametrlər çoxluğu ilə təsvir olunurlar:

- təsvir edilənlər, hər bir resursa aid olan daxili faktlar;
- göstərənlər, resursa ad vermək üçün istifadə olunanlar, sadəcə identifikatorlar;
- köməkçilər, müxtəlif resurslar arasında əlaqə, statistikanın toplanılması, imitasiya zamanı qrafiki çıxış və s.

t zaman anı üçün resursun vəziyyəti :

$$C_i(t) = \{C_{ij}(t): j = 1 \dots M_i\},$$

burada, C_{ij} – i-ci resursun j-ci parametrinin qiyməti, M_i - i-ci resursun parametrlərinin qiyməti.

Bütün sistemin vəziyyəti bütün resursların vəziyyətləri məcmusundan ibarətdir.

Hər hansı bir tipə məxsus olan resurslar, bu tipin ümumi xassələrini də mənimsəyirlər. Mənimsəmə resursların həm ümumiliyinin təsviri zamanı, həm də assosiativ əlaqələrin identifikasiyası üçün istifadə edilə bilər.

Məlum qanunauyğunluqlarla resurslar öz aralarında qarşılıqlı əlaqədə olurlar. Müxtəlif fəaliyyətlərlə bu proses yerinə yetirilir. Mürəkkəb sistemin vəziyyətini hər bir fəaliyyət dəyişdirir ki, buna da hadisə deyilir. Hadisələrə misal olaraq detalın emalının başlanmasını, gəminin porta gəlməsini və s. göstərmək olar.

Bütün hadisələr müntəzəm və qeyri müntəzəm olurlar. Müntəzəm hadisələr resursların fəaliyyətləri ilə baş verir. Onlar resursların öz aralarında qarşılıqlı əlaqə məntiqinə uyğunluğunu göstəririlər.

Qeyri müntəzəm hadisələr stoxastik xarakter daşıyır və idarəetmə sistemi tərəfindən əvvəlcədən planlaşdırıla bilmir. Odur ki, qeyri müntəzəm hadisələr müntəzəm hadisələrin sinxronizasiyasını poza bilər və obyektin normal fəaliyyətinin normal başa çatmasını mümkünsüzləşdirər.

Resurslar fəaliyyət prosesi dövründə müəyyən fəaliyyətlər yerinə yetirilər. Hər bir fəaliyyətə iki hadisə bağlıdır:

1. Başlanğıc vaxtı

2. Başa çatma vaxtı

Fəaliyyət hər hansı alt sistemin idarəedilməsi ilə yerinə yetirilən məqsədyönlü tədbiri təşkil edir və müəyyən məqsədə çatmaq üçün istifadə olunur. Ona görə də fəaliyyət planlaşdırılır və aşağıdakı vəziyyətlərdə ola bilər:

- Planlaşdırılmışdır
- Başlanğıc
- Son
- Hər hansı bir səbəblə dayandırılmışdır

Mürəkkəb diskret sistemdə proses fəaliyyət və qeyri- müntəzəm hadisələrin müvəqqəti ardıcılıqlarına uyğun qurulur. Əgər relevant resursların parametrlərinin qiymətləri labüd şərtləri ödəyərsə, bu zaman fəaliyyət baş verir.

Əməliyyat – faktiki prosedurdur, burada formal parametrlər yerinə yetirilmə şərtləri və alqoritmlərdir, faktiki parametrlər isə resurslar altçoxluğudur. Faktiki resursların uyğun eyni tipli resurslar altçoxluğunun elementləri ilə verilməsi ilə əməliyyatdan virtual hərəkət alınır.

Beləliklə, əməliyyat fəaliyyətin necə və hansı relevant resurslar çoxluğu ilə baş verdiyini təsvir edir. Fəaliyyət isə - hansı zamanda nə baş verdi, baş verir, baş verəcək meyarları təsvir edir.

Mürəkkəb diskret sistemlərin bütün elementləri PDO-da resurslar kimi təsvir edilir. PDO-metodda əsas qaydalar aşağıdakı kimi formalaşır.

1. Müəyyən tipə uyğun olan hər bir resurs eyni bir parametrlərlə təsvir olunur.

2. Resursun vəziyyəti onun bütün parametrlərinin qiymətilər vektoru ilə təyin olunur.

3. Mürəkkəb sistemdə baş verən proses məqsədyönlü fəaliyyətlər ardıcılığı kimi və resursların vəziyyətini dəyişən qeyri müntəzəm hadisələr kimi təsvir edilir. Fəaliyyət hadisələrin başlanğıc və sonunu bildirən vaxtla məhdudlaşdırılır.

4. Qeyri müntəzəm hadisələr mürəkkəb sistemin produksiya modeli çərçivəsində əvvəlcədən xəbər verilmədən dəyişməsinə təsvir edilir. Qeyri müntəzəm hadisələrin baş vermə momentləri təsadüfidir.

5. Fəaliyyətlər zaman parametrlərini nəzərə alan modifikasiya olunmuş qaydaları özündə əks etdirən əməliyyatlarla təsvir olunurlar. Əməliyyat- onda iştirak edən resursların vəziyyətini təmin edən ilkin şərtləri və resursların vəziyyətinin dəyişməsinə uyğun fəaliyyətin başlanğıcında və sonunda dəyişməsi qaydalarını təsvir edir.

6. Resurslar çoxluğu və əməliyyatlar çoxluğu mürəkkəb diskret sistemin modelini əmələ gətirir.

Göründüyü kimi PDO-metod ÇİS-in İM-i üçün səmərəli kompüter modelləşdirilməsi aparatı hesab oluna bilər.

Analizdən göründüyü kimi İM və animasiya paket proqramları texniki sistemlərin, xüsusən də KXS-ri xarakterli istehsalların həm klassik, həm də müasir şəkildə kompüter modelləşdirilməsində geniş istifadə olunmuş və hal-hazırda da inkişaf edilmiş formalarda tətbiq edilir.

Müasir istehsal sahələrinin-maşınqayırma, cihazqayırma, əlvan və qara metallurgiya və s. yaradılması və inkişafının xarakterik əhəmiyyəti kimi aşağıdakıları göstərmək olar [43,s.39]: qismən kütləvi və əsasən kiçik partiyalarla kütləvi istehsallara oriyentasiya; radikal dəyişmələrə məruz qalan həm istehsal proseslərində, həm də onların idarəolunmalarında inteqral texnologiyaların geniş istifadəsi; yüksək məhsuldarlıqlı “intellektual” avadanlıqların istifadəsi və onların mürəkkəb texniki sistemlər kateqoriyasına aid edilən çevik istehsal sistemlərinə daxil edilməsi; istehsal olunan məhsulun elmi tutumlu və mürəkkəbliyinin artması ilə əlaqədar olaraq, texnoloji mühitdə dəyişmələrin masştab və templərini informasiya texnologiyaları istiqamətinə yönəltmək.

Məlum olduğu kimi istehsal proseslərinin fasiləsiz intensivləşməsi onların idarəetmə funksiyalarını mürəkkəbləşdirir. Digər tərəfdən riyaziyyat, kibernetika, iqtisadiyyat və kompüter texnikası vasitələrinin sürətli inkişafı yeni yüksək səmərəlilikli texnoloji proseslərin və onların idarə üsullarının imkanlarını əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirir. Bu isə öz növbəsində bu tip istehsalların idarə sistemlərindən ayrılıqda layihələndirilməsini mümkünsüz edir. Təbii ki, göstərilən kateqoriyalı istehsalların kompüter modelləşdirilməsinə və eksperimentlərinə qoyulan tələbatlar

da dəyişəcəkdir və qərar qəbuletmədə dinamik faktorların nəzərə alınması tələb olunacaqdır [44,s.2].

Göründüyü kimi PDO dilinə imitasiya modelləşdirilməsində intellektual yanaşmanın realizasiyası kimi baxmaq olar. PDO dilinin əsasını üç elementdən ibarət (sinif və əlaqələr, qaydalar, idarəetmə strukturu) produksiya sistemi təşkil edir. Sinif və əlaqələr deklorativ biliklərə əsaslanan verilənlər bazası kimi təqdim edilir. Qaydalar kimi “Əgər - onda - fəaliyyət” strukturlu şəkildə modifikasiyalı produksiya qaydaları nəzərdə tutulur. İdarəetmə strukturu qaydaların seçilməsi interpretatoru qəbul edilir. Əgər-onda şərti verilənlər bazasının vəziyyətini yoxlayır, fəaliyyət isə verilənlər bazasının vəziyyətini dəyişir [14,s.168].

Produksiya sisteminin üstün xüsusiyyəti kimi aşağıdakıları göstərmək olar:

- ayrı-ayrı qaydaların yaradılması və başa düşülməsinin sadəliyi;
- modifikasiya olunma qabiliyyətinin asanlıığı.

Produksiya sisteminə aşağıdakı çatışmamazlıqlar da xasdır:

- qaydaların qarşılıqlı münasibətlərinin qeyri müəyyənliyi;
- emal olunmasının aşağı səmərəli olması.

PDO - da mürəkkəb diskret sistemin modeli dinamik produksiya sistemini özündə əks etdirir. Bu produksiya sisteminin verilənlər bazası resurslar çoxluğunu, biliklər bazası isə əməliyyatlar çoxluğunu təşkil edir.

PDO - nun əsas elementləri : dinamik produksiya sistemi və hadisələr aparatıdır. Fəaliyyət çıxış sisteminin özü ilə imitasiya olunur, qeyri müntəzəm hadisələr isə xüsusi bloklarla imitasiya olunur.

Sistemin vəziyyəti imitasiya zamanı ya qeyri müntəzəm hadisələrin təsvirinə uyğun olaraq dəyişir, ya da fəaliyyətin başlanğıcına-sonuna uyğun olaraq dəyişir. Vəziyyətin istənilən dəyişməsi zamanı, yəni hər bir baş verən hadisə vaxtı çıxış sisteminə müraciət edilir. Bu zaman biliklər bazasında olan bütün əməliyyatlar yoxlanılır və onların başlama biləcəyi ilkin şərtləri yoxlanılır. Belə əməliyyatlar aşkar edildikdə isə müvafiq fəaliyyətlərin başlanması üçün hadisələr yerinə yetirilir. Produksiya sistemi (VB, BB və çıxış sistemi, yəni qərar qəbulu), qeyri requlyar hadisələrin imitasiya sistemi və hadisələri idarə edən aparat birlikdə modelin qurulma

prosesini həyata keçirirlər. İmitasiyanın analizinin nəticələri əsasında, modelin fəaliyyətinin müxtəlif əmsalları hesablanır. Trassirovka sistemi hadisələr haqqında tam informasiyanı xüsusi bir fayla daxil edir və buna uyğun olaraq riyazi eksperimentlərin aparılması barədə olan qərar qəbul edilir.

Animasiya sistemi isə modelləşdirmə zamanı sistemin özünü necə aparmasını ekranda təsvir etmək imkanı yaradır.

PDO alətləri imitasiya modellərinin, planlaşdırma, oyun və trenajor sistemlərinin, ekspert sistemlərinin, eyni zamanda ekspert sistemlərindən, imitasiya modellərindən və optimallaşdırma alqoritmlərindən ibarət olan hibrid sistemlərinin yaradılmasında istifadə edilə bilər.

PDO dilinin əsas anlayışları aşağıdakılardır:

Model - İmitasiya prosesi zamanı əldə edilən nəticələr, animasiya zamanı istifadə olunan animasiya kadrları və qrafiki elementlər, trassirovka nəticələri və real obyektə təsvir edən PDO–dilinin obyektlərinin məcmuudur. Model yaradarkən tədqiqatçı mürəkkəb dinamik sistemin elementlərinin təsvirini və orada baş verən prosesləri PDO mühitində əks olunmasını təmin edir. PDO -da yaradılan imitasiya modelinin minimal tərkibinə aşağıdakı obyektlər daxildir: resursların tipi, resurslar, əməliyyatların nümunələri, əməliyyatlar ya da qərar qəbul etmə nöqtələri.

Proqon (yerinə yetirmə) – ilkin verilənləri və imitatorun işi zamanı bu ilkin verilənlərlə əldə edilən nəticələri təsvir edən obyektlər məcmusunun imitasiya eksperimentinin yeganə bölünməz nöqtəsidir.

Layihə - Ümumi bir məqsədlə birləşən bir və ya bir neçə proqondur.

Obyekt – imitasiya proqramı üçün məna kəsb edən və məqsədini təyin etmək nəzərdə tutulan informasiyalar məcmuudur. Obyektlərin tərkibi PDO – üsulla mürəkkəb dinamik sistemlərin təsvir edilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur.

İlkin verilənlərin obyektləri:

- Resursların tipi (faylın .rtp genişlənməsində yerləşir);
- Resurslar (.rss genişlənməsi);
- Əməliyyatların nümunəsi(.pat genişlənməsi);
- Əməliyyatlar (.opr genişlənməsi);

- Qərar qəbuletmə nöqtələri (.dpt genişlənməsi);
- Konstantlar, funksiyalar və ardıcılıqlar (.fun genişlənməsi);
- Animasiya kadrları (. frm genişlənməsi);
- Tələb olunan statistika (.pmd genişlənməsi).

Proqramın yerinə yetirilməsi zamanı PDO imitatoru ilə yaradılan obyektlər:

Nəticələr (.pmb genişlənməsi).

Trassirovka (. trc genişlənməsi).

PDO dilində yazılmış modeli VB-na və BB-na bölmək olar. Birinciyə VB-nin strukturunu və onun ilkin vəziyyətini uyğun olaraq təyin edən resursların tipi və resursların təsviri daxildir. Biliklər bazası- modelləşdirilən sistem və ya predmet sahəsi haqqında bilikləri təsvir edən əməliyyatlar və əməliyyatlar nümunəsindən ibarət modelin prosedur hissəsidir. *Məlum olduğu kimi biliklər bazası obyekt haqqında bəlli (apriori) olan biliklər əsasında ekspertlər tərəfindən VƏ, VƏ YA, İNKAR(γ) şəklində məntiqi əlaqələr və «ƏGƏR...ONDA...»implikasiyasından istifadə etməklə produksiyalar şəklində formalaşdırılır*[1,s.68].

Dissertasiya işində mürəkkəb diskret sistemlərin intellektual imitasiya modelləşdirilməsində eksperimentlərin aparılmasına hazırlığı, sazlanmasını və yerinə yetirilməsini təmin edən RAO-studio proqram kompleksindən istifadə edilməsini nəzərə alaraq növbəti alt fəsildə həmin proqram kompleksinin əsas xassələrinə baxılır.

2.2.1.1. RAO-studio proqram kompleksinin vəzifələri və əsas xarakteristikaları

Mürəkkəb diskret sistemin imitasiya modelinin işlənməsi və sazlanması üçün yaradılmış və PDO dili mühitində fəaliyyət göstərən RAO-studio proqram kompleksi Bauman adına Moskva Dövlət Texniki Universitetində işlənmişdir [29,s.3;50,s.10;76,s.177;98,s.2]. RAO-studio proqram kompleksinin əsas fərqli cəhəti ondadır ki, o özündə həm imitasiya modelləşdirilməsi sisteminin xassələrini, həm də produksiya qaydalarına əsaslanan qərar qəbuletmə sisteminin xassələrini

cəmləşdirir[53,s.50]. Odur ki, istifadəçi eyni bir dillə prosesin həm dinamikasını, həm də idarəetmə qanunlarını ifadə etmək imkanına malik olur.

RAO-studio proqram kompleksinin əsas vəzifəsi imitasiya modellərinin işlənməsi, sazlanması,onlar üzərində eksperimentlərin aparılması və nəticələrin emalıdır[117,s.2]. Əsas məqsədə uyğun olaraq RAO-studio proqram kompleksi aşağıdakı məsələlərin həllini təmin edir[51,s.37;52,s.157;54,s.3;55,s.261]:

- modelin və PДO dilinin sintaksis təhlili ;
- modellərin açılması və saxlanması;
- modellərin mətnlərinin redaktəsi üçün genişləndirilmiş imkanlar;
- dilin açar sözlərinin avtomatik tamamlanması;
- axtarış və modelin bir modulunun daxilində mətnin fraqmentlərinin əvəzetməsi;
- bütün model üzrə mətdə maraqlandıran fraqmentinin axtarışı;
- qoşmaların köməyi ilə modellərin mətni üzrə naviqasiya;
- mətnin fraqmentlərinin saxlanması üçün bir neçə mübadilə buferinin mövcudluğu;
- modelin elementlərinin yazılışı üçün dilin və şablonların sintaksis konstruksiyalarının yerləşdirməsi;
- modellərin mətninin təsvirinin qurulması , həm də mətnin fraqmentlərinin gizlədilməsi və miqyaslaşdırma;
- modelləşdirmə prosesinin işə salınması və dayandırılması;
- modelləşdirmənin rejiminin dəyişilməsi;
- işləyən modelin sürətinin dəyişilməsi;
- modelləşdirmə prosesində animasiya kadrları arasında yerdəyişmə;

- real zaman rejimində modelin işinin təsviri ;
- real zaman rejimində istifadəçini maraqlandıran xarakteristikaların qrafiklərinin qurulması;
- modelləşdirmə prosesində olan sintaksis səhvlərin emal edilməsi;
- modelin yerinə yetirilməsi zamanı səhvlərin emal edilməsi;
- istifadəçiyə arayış məlumatlarının verilməsinin təminatı.

RAO - stidio bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə olan modellər toplusundan ibarətdir və aşağıdakı funksiyaları yerinə yetirir.

PDO – Model. Modelin yaradılması, açılması və yazılışını yerinə yetirir. Eyni zamanda modeli işə salır, proqram rejimini və modelləşdirmə sürətlərini dəyişdirə bilir.

PDO–Traker. İmitasiya modelinin marşrut göstəriciləri haqqında informasiyaları emal edir və onların nəticələri əsasında qrafiklərin qurulmasını həyata keçirir.

PDO – Frame. Animasiya kadrlarının çəkilməsini və onlar arasındakı hərəkəti yerinə yetirir.

PDO – Editor. Modelin mətninin redaktə etmək funksiyasını yerinə yetirir.

PDO – Kernel. Modullar arasında informasiyaların ötürülməsi və modullararası əlaqələrin yazılışı və realizasiyasını həyata keçirir.

PDO – Simulyator. İmitasiya modelinin birbaşa modelləşdirilməsi və produksiya qaydaları ilə məntiqi qərar qəbuletməni yerinə yetirir.

PDO – Repository. Modelin ilkin fayllarına müdaxilə etməni və qorunub saxlanmasını təmin edir.

II fəsildə alınmış nəticələr

1. Müxtəlif təyinatlı istehsal sistemlərinin layihələndirmə mərhələləri və onların səmərəliliyinin yüksəldilməsi yolları araşdırılmış, layihələndirilən obyektin həyat dövrünün, yəni istismarda olma müddətinin artırılmasını təmin etmək üçün istismara kimi mərhələlərdə avtomatlaşdırılma üsullarından geniş istifadənin və layihələndirmənin ilkin mərhələlərində müasir modelləşdirmə aparatlarından istifadə etməklə kompüter eksperimentləri ilə layihələndirilən obyektin yaradılmasının məqsədə uyğunluğunun qiymətləndirilməsinin aktuallığı göstərilmişdir.

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 məqsədə uyğunluğu və nəticələrinin animasiya üsulları ilə təsvirinin aktuallığı əsaslandırılmışdır.

4. ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsi sistemi kimi PDO-mühitində fəaliyyət göstərən və idarə olunan obyektin imitasiya modelləşdirilməsi ilə birlikdə onun idarəetmə sisteminin də modelləşdirilməsinə və tədqiqinə imkan verən RAO-studio proqram kompleksi seçilmiş və növbəti fəsillərdə dissertasiya işinin şərhini asanlaşdırmaq üçün PDO dilinin, eyni zamanda RAO-studio proqram kompleksinin əsas xarakteristikalarına baxılmışdır.

III FƏSİL. MÜSTƏVİ NÖVLÜ XAMMALLARI EMAL EDƏN ÇEVİK İSTEHSAL SİSTEMİNİN İMITASIYA MODELLEŞDİRİLMƏSİ İLƏ TƏDQIQI

Dissertasiya işində imitasiya modelləşdirilməsinin istifadəsi ilə ilkin layihələndirmə mərhələsində çevik istehsal sisteminin kompüter ekspertləri ilə tədqiqi üçün tədqiqat obyektini kimi müstəvi növlü müxtəlif xammalları emal edən istehsal sistemləri seçilmişdir. Müstəvi növlü xammallar digər sahələrdə olduğu kimi nəqliyyat xərclərini nisbətən azaltmaq məqsədi ilə emal obyektlərinə ilkin xammal kimi nəql edilirlər. Belə istehsal sahələrinə misal olaraq mebel müəssisələrini, rulon tipli müstəvi xammalların emal müəssisələrini və b., göstərmək olar. İlkin xammallar istehsal olunan məhsullara olan ictimai tələbatdan, sifarişdən asılı olaraq istehsal prosesində fərqli ölçülərdə doğranılır və onlar üzərində müəyyən texnoloji əməliyyatlar yerinə yetirilir.

Dissertasiyada müstəvi növlü metal xammalın müxtəlif ölçülərə malik metal təbəqələrə və təbəqənin (list) vərəqlərə (kartoçka) doğranması və üz səthinin mexaniki təmizlənməsi istehsal sahəsinin ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqi məsələsinə baxılır.

ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsinin mərhələlərini aşağıdakı ardıcılıqdakı kimi göstərmək olar [116,s.1]. Real prosesin analizi yerinə yetirilir: sistemdə baş verən proseslərin dolğun dildə yazılışına əsasən onun konseptual modeli qurulur və onun ilkin struktur sxemi formalizə edilir; seçilmiş imitasiya modelləşdirilməsi proqram kompleksi ilə imitasiya modeli qurulur; imitasiya eksperimentləri aparılır və nəticələri emal olunur. Bu zaman əsas problem qurulmuş imitasiya modelinin orijinalın modelinə adekvat olub olmamasını təyin etməyin çətinliyidir. Belə ki, istənilən nəzəriyyənin, o cümlədən imitasiya modelinin adekvatlığını yoxlamaq və əsaslandırmaq üçün nəzarət nəticələrini eksperimentin nəticələri ilə müqayisə etmək tələb olunur. Bu halda aşağıdakı bir- birinə əks olan situasiya ilə qarşılaşırıq. ÇİS-lər onlar yaradılana kimi tədqiq oluna bilmir və ÇİS-in imitasiya modelinin ilkin

layihələndirmə mərhələsində aparılmasına baxılır ki, həmin mərhələdə də nəzarət eksperimentlərinin aparılmasını təmin etmək qeyri mümkündür. Ona görə də bu növ situasiyadan çıxmaq üçün imitasiya modelinin aqrekat – modul prinsipi ilə qurulması həyata keçirilir. Aqrekat – modul növ modellər açıq struktura malikdir, yəni artırılmağa və azaldılmağa qabiliyyətlidirlər və asanlıqla dekompozisiya oluna bilirlər. ÇİS-in yazılışı özü aqrekativ sistemdir və onun strukturunu xarakterizə edən əhəmiyyətli sayda göstəricilərin olması ilə fərqlənir və qarşılıqlı əlaqəli komplekslərin qurulmasını stimullaşdırır. Bu halda ümumi modelin modullarını ÇİS-in strukturuna daxil etmək asanlaşır. Ayrı-ayrı modullar öz növbəsində nisbətən aşağı səviyyəli elementlərdən – aqrekat və bloklardan təşkil olunur və giriş təsirlərini çıxış reaksiyalarına çevirən operator kimi xarakterizə olunur. Beləliklə təcrübə toplandıqca, ayrı-ayrı aqrekatların riyazi yazılış qaydaları təkmilləşir və modellər kitabxanaları yaradılır ki, bu da öz növbəsində ÇİS-in imitasiya modelinin orijinala uyğunluğuna xidmət edir.

ÇİS-in imitasiya modelini tədqiq etdikdə modelin müxtəlif parametrləri struktur və parametrik sintez nəticəsində, normativlər və prototiplər, eyni zamanda mövcud empirik verilənlər və ya ekspert yolu ilə qərarlaşır. Bundan sonra modelləşdirmə prosesində sistemdəki “zəif cəhətlər” (узкие места) təyin edilir, qərarlaşmış parametrlər korrektə olunur və onların yekun qiymətləri tapılır.

Qızsəriyalı istehsal prosesinin imitasiya modelləşdirilməsinin iki mərhələsini fərqləndirmək olar. Birinci mərhələdə sistemin bütün parametrləri determinə edilmiş hesab olunur. Bu halda ÇİS-in strukturunun bir sıra göstəricilərinin ümumiyyətlə aşkarlamaq qeyri-mümkündür, ya da ki, alınmış nəticələrin dəqiqliyi qənaətbəxş deyildir. Göstərilən hal ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsinə ilkin yanaşmadır, belə ki, ÇİS-in fəaliyyətinə təsadüfi xarakter daşıyan çoxlu sayda xarici və daxili təsirlər mövcuddur.

İkinci mərhələdə hesab edilir ki, ÇİS-in bəzi parametrləri təsadüfi xarakter daşıyır (sistemə çoxlu sayda daxili və xarici təsirlər olur: xarici təsirlərə misal olaraq təcili sifarişləri, xammalın ritmik şəkildə daxil olmaması, emal olunmuş məhsulların vaxtında evakuasiya edilməməsi və s.; daxili təsirlər kimi əsas və əlavə

avadanlıqların işdən çıxması, istehsal tsiklinin planlaşdırılmış normadan kənara çıxması və s.) və tədqiqatı parametrlərin paylanma qanunları nəzərə alınmaqla və statistik tədqiqat üsulları ilə həyata keçirirlər. Təbiidir ki, statistik qərarlaşmış nəticələrin alınması üçün modelin tədqiqi uzun vaxt intervalı çərçivəsində həyata keçirilir.

3.1. Müstəvi növlü xammalın təbəqələrə, təbəqələrin vərəqlərə doğranması, üz səthinin təmizlənməsi istehsal sahəsinin konseptual modelinin və ÇİS-in struktur-kinematik sxeminin işlənməsi

Müxtəlif təyinatlı istehsalat sahələrində məhsul istehsalı üçün ilkin xammallar adətən qəbul olunmuş standartlara uyğun olmaqla və nəqliyyat vasitələri ilə nəql olunmaq şərtlərinin tələblərini ödəməklə qablaşdırılırlar. Onların konkret obyektin tələblərinə uyğun emal edilməsi istehsal sahəsinin əsas və ya əlavə strukturlarında texnoloji proseslərin gözlənilməsi şərti ilə həyata keçirilir. Bu xarakterli ilkin xammal şəklində qəbul olunan istehsal sahələrindən biri kimi müstəvi səthli xammalların emalını göstərmək olar. Bu halda istehsalın tələbatından asılı olaraq müxtəlif ölçülü müstəvi səthli xammallar sifariş edilir və bilavasitə istehsal prosesində onlar tələb olunan ölçülərlə doğranılaraq təyinatı üzrə istifadə olunurlar.

Göstərilən xarakterli istehsalların əsas xüsusiyyətlərindən biri odur ki, növbə , gün və ya müxtəlif zaman müddətləri ərzində buraxılan məhsula olan ictimai tələbatdan asılı olaraq, emal olunan aralıq xammalların ölçü, çəki və digər xarakteristikalarına müxtəlif tələbatlar qoyulur. Bu isə öz növbəsində müstəvi və digər həndəsi fiqurlu xammalların ilkin mərhələdə emalında çevik şəkildə yeni situasiyalara adaptasiya qabiliyyətinə malik olan müasir avtomatlaşdırma vasitələrindən – sənaye robotları(SR), nəqliyyat sistemləri (NS) , müxtəlif təyinatlı xüsusişdirilmiş manipulyatorlar və s. istifadə edilməsini tələb edir.

Tədqiqat obyektini kimi müstəvi səthli və müxtəlif materiallardan ibarət təbəqələr şəklində xammalların istehsalın tələbatından asılı olaraq ayri- ayri

ölçülərlə vərəqlərə dođranılması və üz səthinin mexaniki təmizlənməsi sahəsinin çevik istehsal modulunun (ÇİM) ilkin layihələndirmə mərhələsində modelləşdirilməsi və idarə edilməsi məsələlərinə baxılır.

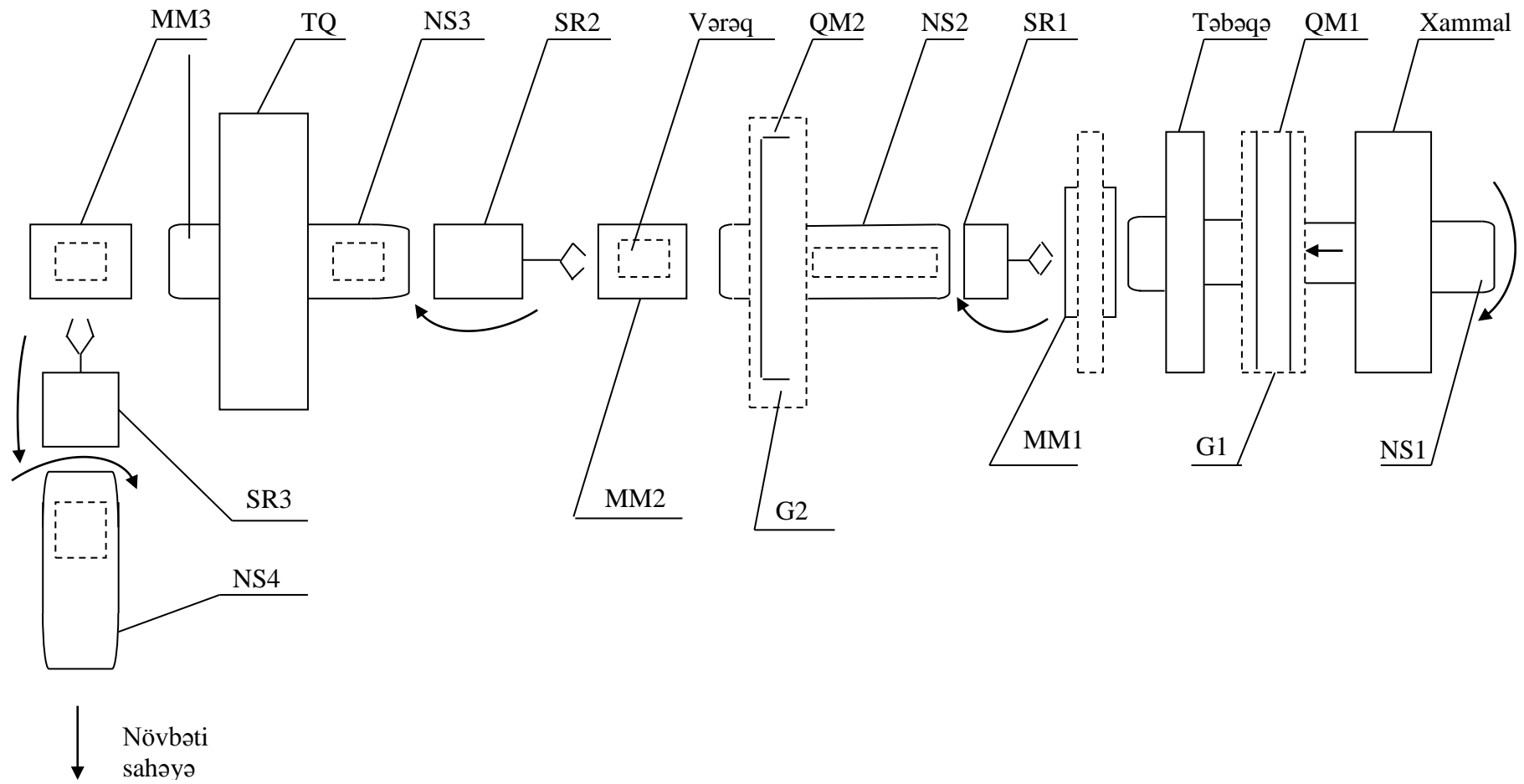
İstehsal sahəsinin analizi nəticəsində sistemdə baş verən proseslərin konseptual modelini aşağıdakı kimi formaləşdırmaq olar.

Müstəvi növlü xammal xüsusi qurğuş vasitəsi ilə 1-ci giliotin qayçının işçi zonasındaki nəqliyyat sisteminə verilir. Xammal giliotin qayçının işçi mövqeyindən keçərək tələb olunan ölçüyə çatdıqda qayçı işə düşür və xammal təbəqə şəklində dođranır. İşçi tərəfindən təbəqə 180 dərəcə fırlanaraq 2-ci giliotin qayçının işçi zonasının nəqliyyat sisteminə yüklənir. Lövhənin ölçüsü tələb olunan qiymətə çatdıqda 2-ci giliotin qayçı işə düşür və ardıcıl olaraq təbəqəni lövhələrə dođrayır. Lövhələr nəqliyyat sistemi vasitəsi ilə mexaniki təmizləmə qurğusunun işçi zonasından keçərək üz səthi təmizləndikdən sonra növbəti sahəyə nəql olunur[30].

İstehsal sahəsinə qoyulan əsas tələbatlar: təbəqə və lövhələrin ölçüləri standart normalardan kənara çıxmamalıdır; üz səthi təmizlənməmiş 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 xammalın təbəqələrə, təbəqələrin lövhələrə dođranması və üz səthinin təmizlənməsi ÇİS-in struktur-kinematik sxemi işlənmişdir(Şəkil3.1)[12,s.74;105,s.80].

Göstərilən ÇİS-in müasir avtomatlaşdırma vasitələrindən istifadə etməklə təklif olunan struktur - kinematik sxem şəkildə verilmişdir və aşağıdakı mexatron qurğular, emal dəzgahları və əlavə avadanlıqlardan təşkil edilmişdir : G1-xammalı digər ölçülü təbəqələrə dođrayan və avtomatik idarə olunan giliotin qayçı; xammalı G1- in işçi zonasına və dođranmış təbəqələri SR1-in işçi zonası olan mövqeləşdirici manipulyatorun (MM1) masasına nəql edən nəqliyyat sistemi (NS1) ; təbəqəni 180⁰ döndərərək NS2- ni yükləyən sənaye robotu (SR1); təbəqələri G2-in işçi zonasına



Şəkil 3.1. ÇİS-in struktur - kinematik sxemi

və vərəqləri MM2 - in masasına nəql edən NS2 ; vərəqləri MM2 –in masasından G1- in işçi zonasına və doğranmış təbəqələri SR1-in işçi zonası olan mövqeləşdirici manipulyatorun (MM1) masasına nəql edən nəqliyyat sistemi (NS1) ; təbəqəni 180⁰ 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.

ÇİS aşağıdakı kimi işləyir : istehsalın tələbatından asılı olaraq, müxtəlif ölçülü xammallar ardıcıl olaraq NS1 vasitəsi ilə G1-in işçi zonasına nəql olunur; vərəqlərin tələb olunan ölçülərinə uyğun olaraq xammal iki və ya bir neçə kiçik ölçülü təbəqələrə doğranılır; təbəqələr bir - bir MM1 - in masasından SR1 vasitəsi ilə NS2- yə yüklənir və G2-in işçi zonasına nəql olunur ; G2 –in çıxışından vərəqlər ardıcıl olaraq MM2- in masasına nəql olunur və SR2 vasitəsi ilə NS3- ə yüklənir; vərəqlərin üz səthləri TQ- də mexaniki təmizləndikdən sonra vərəqlər MM3-ün masasına nəql edilir və vərəq SR3 tərəfindən NS4- ə yüklənərək növbəti sahəyə nəql olunur. Proses göstərilən ardıcılıqla müəyyən vaxt intervalında yerinə yetirilir [31,s.298].

3.1.1. Xammalı təbəqələrə, təbəqələri vərəqlərə doğrayan və üz səthini təmizləyən ÇİS-in imitasiya modelinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasının işlənməsi

İkinci fəsildə qeyd olunduğu kimi dissertasiyada seçilmiş tədqiqat obyektinin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqi üçün PДO dilində RAO-studio proqram kompleksindən istifadə edilməsi məqsədəuyğundur. RAO-studio proqram kompleksi imitasiya modelindən istifadə etməklə müxtəlif təyinatlı obyektlərin sistemli analiz və sintezi məsələlərinin, mürəkkəb idarəetmə sistemində qərar qəbuletməni və obyektin dinamikasını kompüterdə təsvir etməyə imkan verir [64,s.272;70,s.25;119,s.7; 120,s.112]. Mahiyyətinə 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 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[17,s.275].

RAO-studio proqram kompleksi mühitində fəaliyyət göstərən və ÇİS-in imitasiya modelinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin (ALA) arxitekturası şəkil 3.2-də göstərilmişdir[31,s.106].

RAO-studio proqram kompleksinin tələbatları nəzərə alınmaqla ALA-da aşağıdakı məsələlər həll olunur:

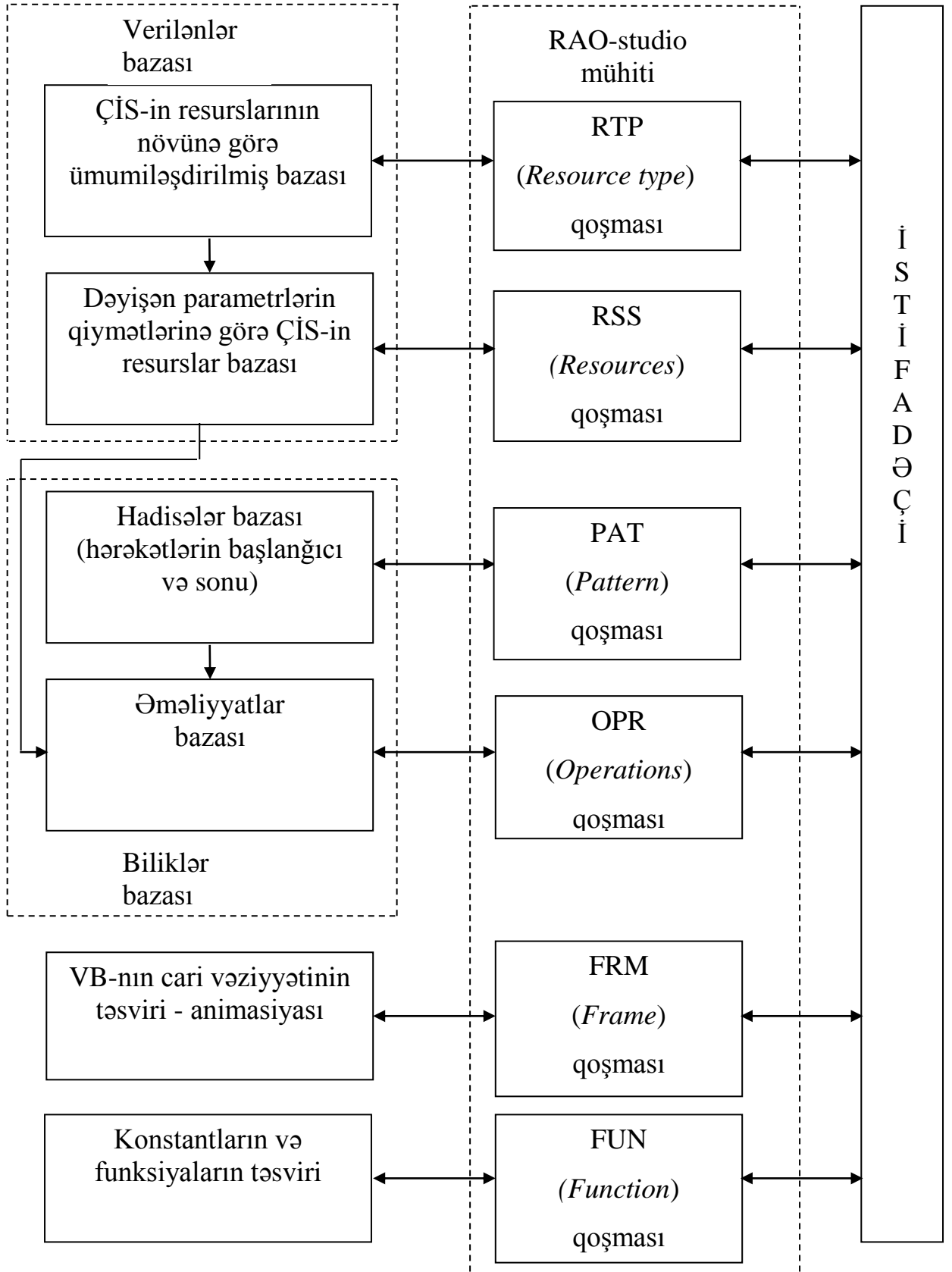
- ÇİS-in resurslarının növünə görə ümumiləşdirilmiş bazanın yaradılması;
- dəyişən parametrlərin qiymətlərinə görə ÇİS-in resurslar bazasının yaradılması;
- hadisələr bazasının yaradılması;
- əməliyyatlar bazasının yaradılması,
- ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsinin yerinə yetirilməsi
- ÇİS-in imitasiya modelinin təsviretmə bazalarının yaradılması .

3.2. ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsi alqoritminin işlənməsi

Məlum olduğu kimi imitasiya modelləşdirilməsinə Alan Pritsker iki fərqli yanaşma prizmasından baxmışdır[82,s.6]: diskret və fasiləsiz.

Diskret imitasiya modelləşdirilməsində hadisə, aktivliyin yoxlanması və prosesə yönümlü yanaşmalardan istifadə edilir. Fasiləsiz imitasiya modelləşdirilməsində isə ilkin şərtlərlə birinci tərtibli diferensial tənliklərindən istifadə edilir.

Diskret imitasiya modelləşdirilməsində modelin vəziyyətini diskret zaman



Şəkil 3.2. ÇİS-in imitasiya modelinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə aləti

momentlərində (t_1, t_2, \dots, t_n) baş verən hadisələr dəyişir. Bu zaman $[t_i, t_{i+1}]$ intervalında sistemin vəziyyəti dəyişməz qalır. Hadisələr ani olaraq modelin vəziyyətini dəyişdiyindən onların model vaxtı nöqtəyi-nəzərdən sürəkliliyi olur.

Mürəkkəb diskret sistemin modelini təsvir etdikdə X giriş təsirləri vektorunun sistemin Y reaksiyasına çevrilməsi prosesi nəzərdə tutulur. İdarə sisteminin modeli produksiya qaydaları şəklində (Əgər...Onda...) V vektoru kimi təsvir olunur. Modeldə xarici mühitlə qarşılıqlı əlaqə də nəzərdə tutulur. Bu əlaqə X giriş təsirləri və xarici təsirlər (E) vektorları ilə həyata keçirilir

PDO – metodun [50,s.238;99,s.56] Alan Pritsker tərəfindən təklif olunan yanaşmalar metodundan fərqi ondan ibarətdir ki, PDO – metodda da hadisə və aktivliyin yoxlanılması yanaşmalarından istifadə edilir. Ancaq aktivliyin yoxlanmasında fəaliyyətin sonu hadisəsi şərtlə deyil, fəaliyyətin sürəkliliyi ilə verilir. Eyni zamanda PDO – metodda hadisə və fəaliyyət məvhumlarından əlavə produksiya qaydalarından da istifadə oluna bilər. Produksiya qaydaları da hadisə kimi sürəkliliyə malik olurlar və sistemin vəziyyətini ani olaraq dəyişirlər. Göstərilən üç konstruksiya modelin ümumi resursları vasitəsi ilə informasiya mübadiləsi və qarşılıqlı əlaqəni təmin edirlər. Hər bir resurs parametrlər toplusundan ibarətdir. Bütün resursların bütün parametrlərinin vəziyyətlər çoxluğu modelin vəziyyətini təyin edir. PDO – metodun əsas üstün cəhəti mürəkkəb diskret sistemin (MDS) və onun idarə sisteminin fəaliyyət prosesinin yazılışlarının çevik olmasıdır. Çatışmayan cəhəti isə proses-yönümlü yanaşmadan istifadə edilməməsidir ki, bu da obyektin modelinin fəaliyyət vasitəsi ilə yazılışını çətinləşdirir.

PDO mühitində modelləşdirmədə modelin bir vəziyyətdən digərinə keçid qaydası aşağıdakı kimi verilir[18,s.65]:

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

burada, $Y_i = (y_1^i, y_2^i, \dots, y_n^i)$ – modelin i momentindəki vəziyyətidir.

İmitasiya modelləşdirilməsində modelin vəziyyətini növbəti zaman müddətində cari zaman momenti, idarəetmə və xarici mühit vektorları ilə F operatorunun köməkliyi ilə aşağıdakı kimi ifadə etmək olar.

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

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 vəziyyət 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.

Dissertasiyada PДO mühitində fəaliyyət göstərən RAO-studio proqram kompleksindən istifadə etməklə ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqinə baxılır.

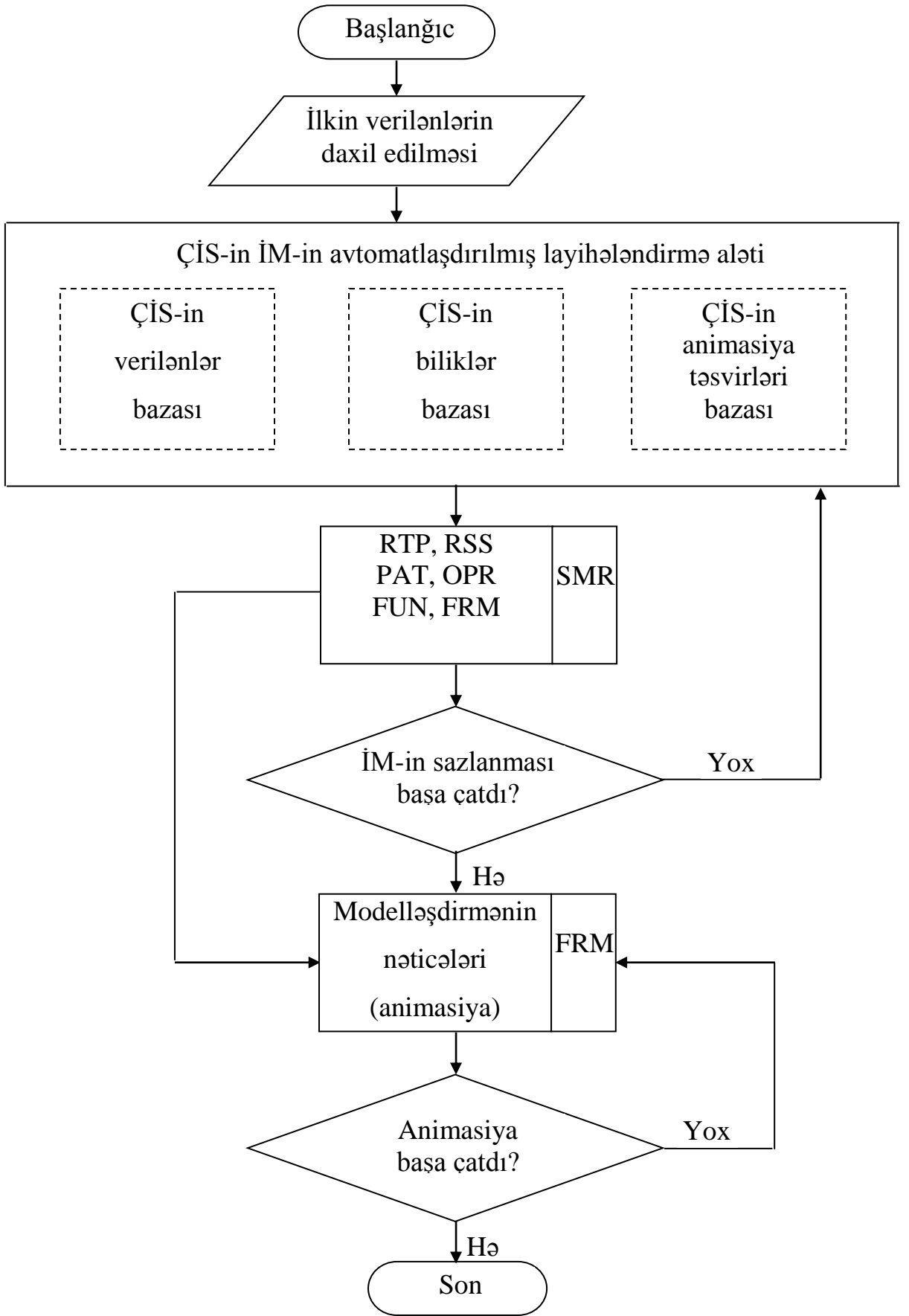
ÇİS-in tədqiqinin imitasiya modelləşdirilməsi alqoritmi şəkil 3.3-də verilmişdir[34,s.147;18,s.67].

İmitasiya modelləşdirilməsi alqoritmindən görüldüyü kimi 1-ci mərhələdə ÇİS-in imitasiya modeli 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 imitasiya modelinin tədqiqinin başa çatması qənaətbəxş nəticələr əldə edilənə kimi iterasiyalı proses şəklində davam etdirilir[36,s.160].

İmitasiya modelinin sazlanması və eksperimentləri başa çatdıqdan sonra nəticələrin animasiya üsulları ilə tədqiqi iki ölçülü fəzada həyata keçirilir.

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 aşağıdakı kimi yerinə yetirilir:

- ÇİS-in resurslarının növünə görə ümumiləşdirilmiş bazanın və resurslar bazasının yaradılması;
- ÇİS-in hadisələr və əməliyyatlar bazalarının yaradılması;



Şəkil 3.3. ÇİS-in tədqiqinin imitasiya modelləşdirilməsi alqoritmi

- ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsinin yerinə yetirilməsi və təsvir etmə bazalarının yaradılması.

3.1 alt fəslində tədqiqat obyektini kimi seçilmiş ÇİS-in struktur – funksional sxeminə baxılmışdır və göstərilir ki, onun tərkibinə aşağıdakı mexatron, əsas və əlavə avadanlıqlar daxildir: 4 NS; 2 QMM; 2 G; 3 QM; 3 SR və 1 TQ.

İmitasiya modelində 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 ümumləşdirilmiş bazası yaradılmışdır.

Ümumləşdirilmiş baza RAO-studio mühitində fəaliyyət göstərən RTP qoşması (закладка) ilə həyata keçirilir. Bütün sabit resursların növünə görə ümumləşdirilmiş 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 ümumləşdirilmiş bazalar yaradıla bilər.

Resursların tipi obyektin modelə daxil edilmiş bütün resursların tipinin təsviri üçündür. Modelləşdirilən ÇİS-in resursları yalnız ona məxsus olan predmet sahəsini təyin edən tiplərdən biri ilə təsvir olunmalıdır. Əgər modelin resursları eyni bir tipə malikdirsə , onda onun parametrləri də eyni tərkibdən ibarət olacaqdır. Obyektdə tədqiqatçıya imitasiya eksperimenti zamanı lazım olan ÇİS-in resurslarının bütün parametrləri təsvir olunmalıdır. İmitator ÇİS-in resurslarının bütün tipləri haqda məlumatı resursların tipi obyektindən alır.Hər bir tip üçün obyektdə resursun tipinin adı, onun növü – sabit və ya müvəqqəti, həm də parametrlərin tərkibinin təsviri verilir.Hər bir resursun tipi aşağıdakı formatda olur:

\$Resource_type <tipin_adi > : <resursun_növü>

\$Parameters

{ <parametrin_təsviri > }

\$End

Tipin_adi rus və latin hərflərləndən, həm də _ və \$ simvollarından ibarət sadə addan ibarətdir. Ad rəqəmlə başlaya bilməz. Tiplərin adı bütün tiplər üçün müxtəlif olmalıdır və əvvəl istifadə olunan adlarla üst-üstə düşməməlidir.

Bu cür tiplərin resurslarının növü aşağıdakılardan biri olmalıdır:

- **permanent** – sabit resurslar ; bu növ resurslar modeldə daim iştirak edir, onlar proqram yerinə yetirilən zaman nə məhv edilə bilər, nə də yenidən yaradıla bilər;

- **temporary** – müvəqqəti resurslar; bu növ resurslar proqram yerinə yetirilən zaman yaradıla bilər , ya da məhv edilə bilər;

Məsələn ,

```
$Resource_type робот : permanent
```

```
$Parameters
```

```
Занятость_робота:(Свободен, Загружается, Загружен, Перемещен,  
Поворачивается_налево, Поворачивал_налево, Поворачивается_направо,  
Поворачивал_направо, Разгружается, Разгружен, Возвращается) = Свободен
```

```
Перемещение_робота: (Да, Нет) = Нет
```

```
Процесс: (Переносится, НеПереносится) = НеПереносится
```

```
$End
```

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

Ümumiləşdirilmiş bazaların yaradılması pəncərəsi əlavə 1-də göstərilmişdir.

ÇİS-in resurslar bazası resursların növünə görə ümumiləşdirilmiş bazadan istifadə etməklə yaradılır və ÇİS-in bütün mövqelərində konkret resursları özündə əks etdirir.

Resursların bütün tipləri təsvir olunduqdan sonra ÇİS -in ayrı-ayrı resursları təsvir olunmalıdır. Hər bir resurs üçün onun adı, mənsub olduğu və parametrlərinin tərkibinin gətirdiyü tipi, həm də resursların tipi obyektində təyin olunmamış parametrlərin qiymətləri təyin olunur. Əgər parametrin qiyməti obyektə susmaya görə tipində təyin olunmuşdursa və istifadəçi bu qiymətlə razıdırsa , onda bu qiymət resurslar obyektində göstərilir və o tiplər obyektindən götürülür. Resurslar proqramın(modelin) qlobal verilənlər bazasının ilkin vəziyyətini göstərir.

Resurslar obyektini aşağıdakı formatda olur:

```
$Resources
```

```
{ <resursun_təsviri> }
```

```
$End
```

Hər bir resursun təsviri aşağıdakı formatda olur:

```
<resursun_adi> : <resursun_tipinin_adi> [trace | no_trace]
```

```
<Parametrin_ilkin_qiyməti>
```

Resursun_adi – sadə bir addır. Adlar bütün resurslar üçün müxtəlif olmalıdır və təyin olunmuş və əvvəl istifadə olunmuş adlarla üst-üstə düşməməlidir.

Resursun_tipinin_adi – Tiplər obyektində təsvir olunmuş tiplərdən birinin adıdır.

Parametrin_ilkin_qiyməti – parametrlərin tiplərinin təsvirində olduğu kimi sıraya uyğun olaraq mövqeli şəkildə verilir. Qiymətlər tam və ya real konstant ədəd kimi ya da parametrin tipinə uyğun qiymətin adı ilə verilir. Obyektdə susmaya görə tipində təyin olunmuş parametrdə ilkin qiymət kimi * (ulduz) simvolu göstərilə bilər. Bu zaman parametr susmaya görə qiymətini qəbul edəcəkdir. Əgər parametr üçün mümkün qiymətlər diapazonu verilmişsə, onda ilkin qiymətin bu diapazona aid olub-olmaması yoxlanılacaqdır.

Resursların təsviri zamanı Resursun_tipinin_adi - dan sonra trassirovka nişanı qoymaq olar. Bu nişan aşağıdakı kimi verilir:

trace– resursların vəziyyətini trassirovka etmək;

no_trace– trassirovka etməmək.

Məsələn,

```
PP_1: робот * * *
```

```
PP_2: робот * * *
```

```
PP_3: робот * * *
```

Yuxarıda göstərilən yazıdan məlum olur ki, 3 resurs (PP_1, PP_2, PP_3) yaradılacaqdır və parametrlərin ilkin qiymətləri aşağıdakı kimi olacaqdır:

```
Занятость_робота: Свободен
```


Перемещение_робота: Нет

Процесс: НеПереносится

Yəni, başlanğıcda yaradılmış 3 resursun hamısı ilkin vəziyyətdədirlər. ÇİS-in resurslar bazası RAO-studio mühitində fəaliyyət göstərən RSS qoşması ilə yaradılır və bazanın yaradılması pəncərələri əlavə 2-də göstərilmişdir.

ÇİS -in prosesləri haqqında olan biliklər nümunələr obyektində saxlanılır. Hər bir nümunə modifikasiya olunmuş produksiya qaydalarından, adi produksiya qaydalarından ya da requlyar olmayan hadisələrdən ibarətdir. Əməliyyatlarla birlikdə nümunələr RDO dilində olan proqramın prosedur hissəsidir.

Nümunələrin ümumi formatı aşağıdakı kimidir:

```
$Pattern <nümunənin_adı > :< nümunənin_tipi>[ trace | no_trace ]
```

```
[ $Parameters
```

```
  { <nümunənin_parametrinin_təsviri > } ]
```

```
$Relevant_resources
```

```
  { <nümunənin_relevant_resursunun_təsviri > }
```

```
  [<seçim_üsulu>]
```

```
$Time= <vaxtın_bildirilməsi>
```

```
$Body
```

```
  <nümunənin_gövdəsi>
```

```
$End
```

Nümunənin_adı sadə bir addır. Bütün nümunələr üçün adlar müxtəlif olmalıdır və əvvəl təyin olunmuş adlarla üst-üstə düşməməlidir. PDO dilində aşağıdakı tiplərin nümunələri mümkündür:

- ✓ operation– modifikasiya olunmuş produksiya qaydalarını təmsil edərək əməliyyatları təsvir edən nümunədir;
- ✓ irregular_event – requlyar olmayan hadisələri təsvir edən nümunədir;
- ✓ rule–produksiya qaydalarını təsvir edən nümunədir;
- ✓ keyboard –klaviatura əməliyyatlarını təsvir edən nümunədir;

Məsələn,

```

$Pattern Образец_поворота_робота_налево: operation trace
$Relevant_resources
Поворот: робот Keep Keep
$Time = Интервал_поворота(0.007, 0.015)
$Body
Поворот
Choice from Поворот.Занятость_робота = Свободен
first
Convert_begin
Занятость_робота set Поворачивается_налево
Convert_end
Занятость_робота set Поворачивал_налево
$End

```

Bu fraqmentdə robotun sola dönmə (образец_поворота_робота_налево) əməliyyatı təsvir edilir. Bu əməliyyatdan əvvəl robot məşğul deyil- свободен vəziyyətindədir. Əməliyyat yerinə yetirilərkən robot sola dönmə (поворачивается_налево) və əməliyyatın sonunda isə sola dönmüş (поворачивал_налево) olur.

Bu məqsədlə RAO-studio mühitində fəaliyyət göstərən PAT qoşmasından istifadə edilir. Hadisələr bazasını yaradan pəncərələr əlavə 3-də göstərilmişdir.

РДО dilində nümunələrlə birlikdə əməliyyatlar prosedur hissəni təşkil edir. Əməliyyatlar obyektindən imitator nümunələrin parametrindən konkret qiymətlər alır. Bu obyektə ÇİS-in bütün əməliyyatları təsvir olunur.

Əməliyyatlar obyektini aşağıdakı formatda olur:

```

$Operations
{<əməliyyatın_təsviri >}
$End

```

Hər əməliyyatın təsviri aşağıdakı formatda olur:

```

<əməliyyatın_adi>:<nümunənin_adi><nümunənin parametrlərinin_qiymətləri>

```

Əməliyyatın_adı sadə bir addır. Bütün əməliyyatlar üçün adlar müxtəlif olmalıdır və əvvəl təyin olunmuş adlarla üst-üstə düşməməlidir. Hər əməliyyat üçün obyektə ona uyğun nümunənin adı göstərilir- bu əməliyyatların nümunələri obyektində təsvir olunmuş nümunələrdən birinin adıdır. Nümunənin _parametrlərinin_qiymətləri nümunənin təsviri zamanı tutduğu mövqeyə uyğun olaraq ardıcıl verilir. Qiymətlər tam və ya real ədədi konstanta ilə, ya da parametrin tipinə uyğun olaraq qiymətin adı ilə verilir. Susmaya görə verilən qiyməti olan parametrlərdə ilkin qiymət yerinə *(ulduz) simvolu qoymaq olar. Bu halda parametr susmaya görə olan qiyməti alacaqdır. Əgər parametr üçün mümkün qiymətlər diapazonu verilərsə, onda ilkin qiymətin bu diapazona uyğunluğu yoxlanılacaqdır.

\$Operations

Приход_листа: Образец_прихода_листа

Резка: Образец_резки

Поворот_робота_налево: Образец_поворота_робота_налево

Захват_детали: Образец_захвата_детали

Перенос_детали: Образец_переноса_детали

Поворот_робота_направо: Образец_поворота_детали_направо

Выгрузка_детали: Образец_выгрузки_детали

Возврат_робота: Образец_возврата_робота

Образец_очистка :Образец_очистка

\$End

Əməliyyatlar bazasını yaradan OPR qoşmasının pəncərəsi əlavə 4-də göstərilmişdir.

Yerinə yetirilmə obyektində proqramın yerinə yetirilməsi üçün müxtəlif verilənlər və rejimlər göstərilir. Bu obyekt iki hissədən ibarətdir. Birinci hissə lazımı obyektlərin adları və yerinə yetirilmə rejimlərindən ibarətdir. Obyektə ilk olaraq Model_name sözü olmalıdır və bu sözdən sonra = işarəsi qoyulur və modelin adı yazılır. Modelin adı sadə bir ad olmalı və əvvəlki adlarla üst-üstə düşməməlidir. Sonra birinci hissədə ixtiyari ardıcılıqla obyektlərin adlarını təsvir edən deskriptorlar yazılmalıdır. Deskriptorların formatı aşağıdakı kimidir:

<rezerv_söz > = <qiymət >

Aşağıda rezerv sözlərin adları və izahlı mümkün qiymətlər verilmişdir:

Resource_file – resurslar obyektinin adını verir. Qiyməti genişlənməsiz resurslar obyektinin adıdır.

Oprlev_file - əməliyyatlar obyektinin adını verir. Qiyməti genişlənməsiz əməliyyatlar obyektinin adıdır.

Frame_file- kadrlar obyektinin adını verir. Qiyməti genişlənməsiz kadrlar obyektinin adıdır. Əgər deskriptor verilməsə, onda kadrlar yüklənməyəcək və təsvir olunmayacaqdır.

Statistic_file – Nəticə göstəricilərinin təsvir obyektinin adını verir. Qiyməti genişlənməsiz tələb olunan statistika obyektinin adıdır. Əgər deskriptor verilməsə, onda nəticə göstəriciləri toplanmayacaqdır.

Results_file – Nəticə obyektinin adını verir. Qiyməti genişlənməsiz nəticə obyektinin adıdır. Əgər deskriptor verilməsə, onda obyekt yaranmayacaqdır.

Trace_file – Trassirovka obyektinin adını verir. Qiyməti genişlənməsiz Trassirovka obyektinin adıdır. Əgər deskriptor verilməsə, onda obyekt yaranmayacaqdır.

Show_mode – Modelin işə düşməsi vaxtı təsviredilmə rejimini verir. Rejimler aşağıdakı kimi verilir:

NoShow – təsvirsiz rejim;

Monitor – monitorun rejimi ;

Animation- vəziyyətlərin təsviri (animasiyası) rejimi.

Susmaya görə rejim – NoShow.

Yerinə yetirilmə (proqon) SMR qoşmasının pəncərəsi əlavə 5-da göstərilmişdir.

Təsviretmə sisteminin ilkin verilənləri hesab olunan kadrların təsviri ayrı bir qoşmada (FRM) təsvir olunur. Kadr təsvirlərin ekranın düzbucaqlı sahəsində görünən hissəsidir. O, fon şəkildən və tərkibi, forması, ölçüləri və vəziyyəti sistemin

vəziyyəti ilə təyin olunan dəyişən elementlərdən (təsviredilmə elementlərindən və ya spraytlardan) ibarətdir, hansılar ki, kadrların baxışı zamanı dəyişə bilər.

Animasiya kadrları obyektə aşağıdakı formatda olur:

```
$Frame <kadrın_adı>  
  [ Show_if <kadrın_göstərilmə_şerti> ]  
  $Back_picture = <Fon_şəklinin_təsviri>  
  [ <Vizual_elementlərinin_təsviri > ]  
$End
```

Kadrın_adı sadə bir addır. Bütün kadrlar üçün adlar müxtəlif olmalıdır və əvvəl təyin olunmuş adlarla üst-üstə düşməməlidir. Kadrın göstərilməsi şərti kadrların avtomatik keçidi zamanı istifadə olunur və məntiqi ifadədir. Bu məntiqi ifadə hər bir hadisə zamanı hesablanır. Əgər o doğrudursa, onda kadr təsvir olunur, doğru deyilsə təsvir olunmur. Əgər növbəti hadisə zamanı ifadənin qiyməti dəyişirsə, onda kadr ya ekranda görünür, ya da yox olur. Show_if <kadrın_göstərilmə_şerti> olmaya da bilər. Kadrların verilmiş şərtlərlə təsviri şərti adlanır. Əgər modelləşdirilən sistemin bəzi vəziyyətlərində bir neçə şərti kadrların şərtləri yerinə yetirilirsə, onda kadrların təsviri obyektində o biri obyektlərdən əvvəl verilən təsvir olunacaqdır. Fon şəklinin obyektə rastr qrafikalı təsvir olub, tipi .bmp olmalıdır. Belə obyekt Paintbrush, CorelDraw və digər qrafiki redaktorları vasitəsilə yaradıla bilər.

Təsviretmə elementlərini təsviretmə çoxluqlarına bölünür. Çoxluqlar şərti və şərtsiz olurlar.

Şərti çoxluğun formatı aşağıdakı kimidir:

```
Show_if <təsvirin_şerti> { <təsviretmə_elementi> }
```

Şərtsiz çoxluğun formatı aşağıdakı kimidir:

```
Show { <təsviretmə_elementi> }
```

Kadrda ixtiyari sayda şərti və şərtsiz çoxluqlar ola bilər. Onlar ixtiyari qaydada yerləşə bilərlər. Təsviretmə elementlərinin sayı və ardıcılığı ixtiyaridir. Təsviretmənin şərtləri məntiqi ifadədir. Təsviretmənin elementi aşağıdakı formatda olur:

```
<elementin_tipi> "["<elementin_xassəsi> "]"
```

Elementin tipi aşağıdakılardan ibarət ola bilər:

- text –mətn elementi;
- bitmap –bit kartı;
- s_bmp – miqyaslı bit kartı;
- rect – düzbucaqlı;
- line –düz xətt parçası;
- ellipse – ellips;
- triangr – üçbucaq.

Elementlərin yazılış ardıcılığı, sayı və xassələri elementin tipindən asılıdır.

Elementlərin xassələri düz mötərizələrdə yazılır və vergüllə ayrılır.

Bütün tip elementlərin ilk iki xassəsi –onların xassələridir. Elementin koordinatları elementin sərhədi olan düzbucaqlının sol yuxarı küncünün piksellərlə olan koordinatlarıdır. Kadrın sol yuxarı küncündən sağa və aşağı hesabi ifadələrlə hesablanaraq verilir . Əksər elementlərin xassələri həm də onun ölçüləri (uzunluq və hündürlük piksellərlə) və rəngləridir.

Animasiya verilənlər bazasının mövcud vəziyyətini göstərir. Modellər üçün sazlama mexanizmi kimi istifadə olunur. Modelin vəziyyətinin dəyişilməsi zamanı elementin koordinatlarını və ölçülərini təyin edən ifadələrin qiymətləri dəyişir, yəni element ekranda hərəkət edir və ölçüləri dəyişir.

Məsələn,

Show_if ПР_1.Занятость_робота = Свободен

Bitmap [560, 47, vverh, vverhm]

Show_if ПР_1.Занятость_робота = Поворачивается_налево

Bitmap [560, 47, vverh, vverhm]

Rect [704,153,18, 46, <180 180 180>, <180 180 180>]

Show_if ПР_1.Занятость_робота = Поворачивал_налево

bitmap[560, 147, vverh1, vverhm1]

rect [704,153,18, 46, <180 180 180>, <180 180 180>]

Yuxarıdakı fragmentdə robotun sola dönmə əməliyyatı zamanı təsvirlərin yerdəyişmə şərtlərinin yerinə yetirilməsi zamanı uyğun təsvirin koordinatı verilmişdir.

ÇİS-in imitasiya modelinin təsviretmə bazasının (FRM qoşması) yaradılmasının pəncərələri əlavə 6-da göstərilmişdir.

Konstantların və funksiyaların təsviri üçün FUN qoşmasından istifadə edilir. Məsələn,

```
$Sequence ИНТЕРВАЛ_ПОВОРОТА: real
```

```
$Type = uniform 1234567
```

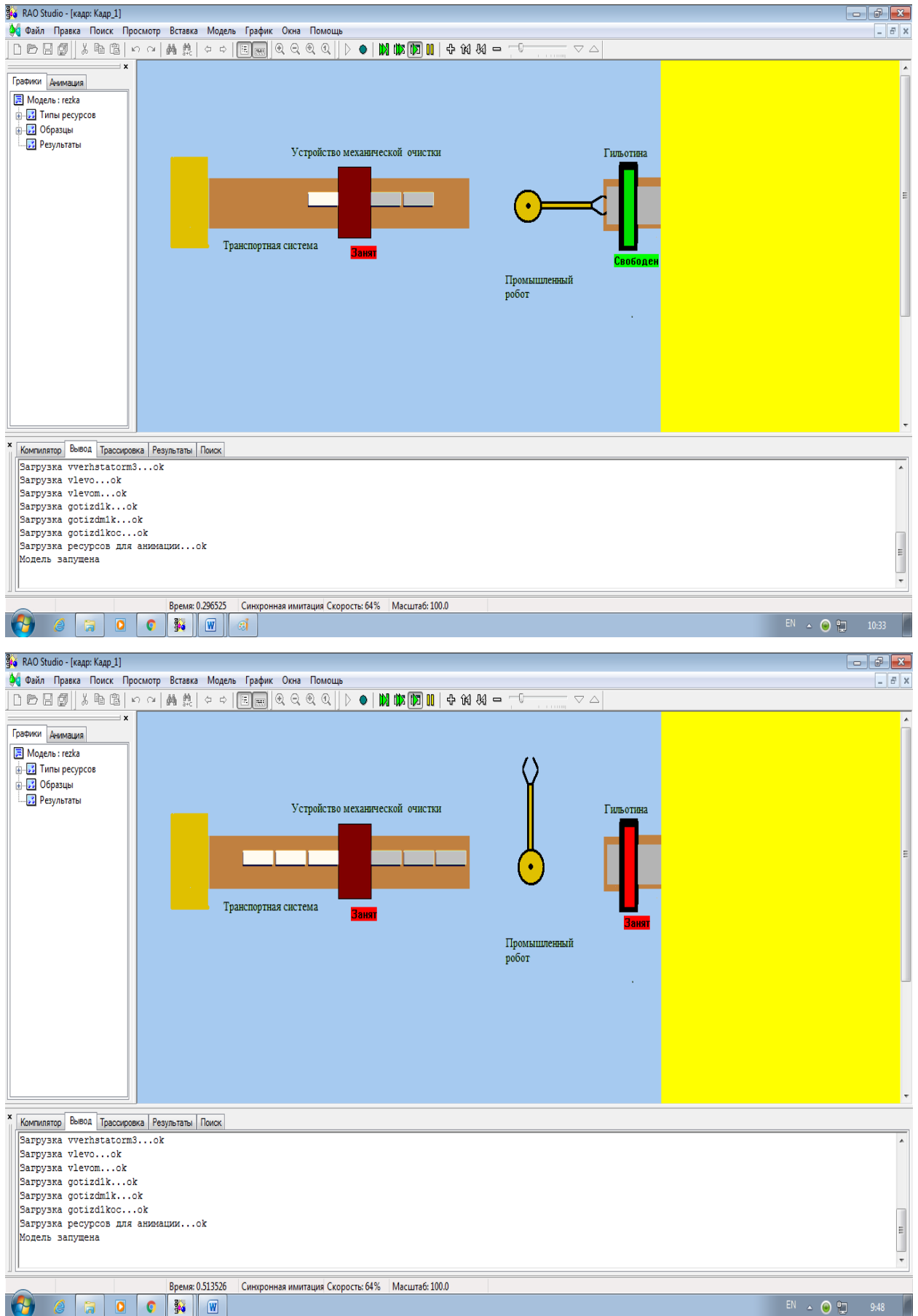
```
$End
```

FUN qoşmasının pəncərəsi əlavə 7-də göstərilmişdir.

МОДЕЛЬ/ЗАПУСТИТЬ (F5) əmri verildikdən sonra imitasiya modelinin yerinə yetirilməsi- animasiyası baş verir və şəkil 3.4-dəki kimi təsvir olunur. Tam tsiklin fragmentləri əlavə 8-ə daxil edilmişdir.

3.3. ÇİS-in imitasiya modelinin idarəolunmasının zaman Petri şəbəkəsi ilə animasiyası

Qeyd olunduğu kimi mürəkkəb sistemlərin idarəedilməsi 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 alqoritminin də kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi yerinə yetirilməlidir. RAO-studio proqram kompleksinin imkanlarından istifadə etməklə dissertasiyada bu məsələnin həllinə zaman Petri şəbəkəsi ilə həllinə baxılır. Bu məqsədlə ÇİS-in imitasiya modeli Petri şəbəkəsinin elementləri ilə təsvir edilir, ÇİS-in İM-in ALA-sı vasitəsi ilə, imitasiya modelinin verilənlər, biliklər və animasiya bazaları yaradılır. Növbəti mərhələdə ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsinin alqoritminə uyğun olaraq kompüter eksperimentləri ilə idarəetmənin zaman Petri şəbəkəsinin fəaliyyət qraf sxemləri vasitəsilə tədqiqi həyata keçirilir.



Şekil 3.4. ÇİS-in imitasya modelinin yerinə yetirilməsi- animasiyası

Növbəti alt fəsillərdə yerinə yetirilən işlər Petri şəbəkəsinin elementlərindən istifadə etməklə şərh olunduğundan Petri şəbəkələri haqqında bəzi anlayışlara aydınlıq gətirək.

Petri şəbəkələri – dinamik diskret sistemlərin (əsasən də asinxron paralel proseslərin) modelləşdirilməsi üçün istifadə olunan aparatdır [48,s.24; 63,2; 65,s.2; 102,s.161]. Sadə Petri şəbəkəsi $\langle \mathbf{P}, \mathbf{T}, \mathbf{I}, \mathbf{O}, \mathbf{M}_0 \rangle$ beşliyi ilə təyin olunur [94,s.101], burada, \mathbf{P} və \mathbf{T} – mövqe və keçidlərin sonlu çoxluğu ($\mathbf{P} = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, $n > 0$ -sonlu mövqələr çoxluğu, $\mathbf{T} = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$, $m > 0$ -sonlu keçidlər çoxluğu), \mathbf{I} və \mathbf{O} – giriş və çıxış funksiyalarının çoxluğudur ($\mathbf{I} : \mathbf{P} \times \mathbf{T} \rightarrow (0, 1, \dots)$, $\mathbf{O} : \mathbf{T} \times \mathbf{P} \rightarrow (0, 1, \dots)$). $\mathbf{M}_0 : \mathbf{P} \rightarrow \{0, 1, \dots\}$ – başlanğıc markerləşmədir. Mövqələr çoxluğu ilə keçidlər çoxluğu kəsişmirlər. Yəni, $\mathbf{P} \cap \mathbf{T} = \emptyset$. P_i ($i = \overline{1, n}$) mövqəsinə t_j ($j = \overline{1, m}$) keçidinin uyğun olaraq, o zaman giriş və çıxış mövqəsi deyilir ki, uyğun olaraq, $P_i \in \mathbf{I}(t_j)$, $P_i \in \mathbf{O}(t_j)$ şərtləri ödənsin. t_j ($j = \overline{1, m}$) keçidi P_i ($i = \overline{1, n}$) mövqeyinin o zaman giriş və çıxış keçidi adlanır ki, uyğun olaraq, $t_j \in \mathbf{I}(P_i)$, $t_j \in \mathbf{O}(P_i)$ şərtləri ödənsin.

Petri şəbəkələrində iki növ obyekt olur: *dinamiki* - mövqələr daxilində olan metkalarla (markerlərlə) təsvir olunur, *statik* - Petri şəbəkələrinin zirvə və qövsləri uyğun gəlir.

Markerlərin mövqələrə paylanması *markerləşmə* adlanır və markerlər şəbəkədə yerdəyişmə edə bilər. Markerləşmənin hər bir yerdəyişməsi *vəziyyət* adlanır, həm də hər bir yerdəyişmə müəyyən keçidlə bağlıdır. Hesab edilir ki, *vəziyyət* müəyyən şərtlərin yerinə yetirilməsi vaxtı dərhal və eyni zamanda dəyişir. Petri şəbəkələrində hər bir şərtə müəyyən bir mövqe uyğun gəlir [75,s.81]. Ümumiyyətlə, *vəziyyət* keçidlərin aktivləşməsinə (həyəcanlaşmasına) uyğun olur, yəni markerlər bu keçidin giriş mövqələrindən çıxış mövqələrinə yerdəyişmə edirlər. Beləliklə, *vəziyyətlər* ardıcılığı modelləşdirmə prosesini əmələ gətirir [91,s.912].

Keçidlərin aktivləşməsi aşağıdakı şəkildə baş verir:

- keçid o zaman aktivləşir ki, onun hər bir giriş mövqeyində $N_i \geq K_i$ şərti ödənilsin (burada, N_i – i -ci giriş mövqeyindəki markerlərin sayı, K_i – i -ci mövqedən keçidə gedən qövslərin sayıdır);

- keçidin aktivləşməsi zamanı i -ci giriş mövqeyindəki markerlərin sayı K_i qədər azalmalıdır və j -ci çıxış mövqeyində M_j qədər artmalıdır (burada, M_j keçidi j -ci çıxış mövqeyi ilə bağlayan qövlərin sayıdır).

Ümumiyyətlə, təkcə vəziyyətlər ardıcılığını modelləşdirməklə deyil, həm də onun zamana bağlılığını göstərmək üçün, model vaxtının daxil edilməsi məqsədəuyğundur. Bu keçidlərə aktivləşmə (kecikmə) müddətinin intervalının təyin olunması ilə həyata keçirilir (α , β), burada, α – aşağı, β – yuxarı müddətlərdir. (α , β) intervalı keçidlərin aktivləşməsi üçün əlavə şərtidir. Verilmiş bu sərhədlər aktivləşən keçidin minimal və maksimal vaxtıdır və bu vaxtlar modelləşdirilən prosesdən asılı olaraq zaman kəmiyyətləri (saat, dəqiqə, saniyə vəs.) ilə verilir. Bu üsulla alınmış model zaman Petri şəbəkəsi adlanır.

Zaman Petri şəbəkələri sistem və proseslərin modelləşdirilməsində istifadə edilən baza Petri şəbəkələrinin genişlənmələrindən biridir. Petri şəbəkəsini analiz edərkən təkcə yerinə yetirilən hərəkətlərin ardıcılığını deyil, həm də onun zaman xassələrini də nəzərə almaq lazımdır. Belə şəbəkələr texnoloji və təşkilati idarəetmə sistemlərinin tədqiqatı zamanı geniş istifadə edilir [96,s.136;113,s.1].

Zaman Petri şəbəkələri – xassələri həqiqi ədədlərlə təsvir edilmiş zirvə və qövləri ikitərəfli istiqamətlənmiş qrafıdır [115,s.3].

$$N_{\tau} = (P, T, F, M_0, \tau', \tau''),$$

burada, $P = \{p_i\}$ - mövqelər çoxluğu;

$T = \{t_i\}$ – keçidlər çoxluğu;

$F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ – qövlərin sonlu çoxluğu;

$M_0, P = (0, 1, 2, \dots)$ - şəbəkənin ilkin nişanlaması (markerləşmə);

$\tau' = \{\tau'_1, \tau'_2, \dots, \tau'_j\}$ - keçidlər üçün minimal kecikmə vaxt çoxluğu;

$\tau'' = \{\tau''_1, \tau''_2, \dots, \tau''_j\}$ - keçidlər üçün maksimal kecikmə vaxt çoxluğu.

Petri şəbəkələri əsasən interaktiv əməliyyatların və ya bir - birilə qarşılıqlı əlaqədə olan bir neçə (ən azı iki) texnoloji avadanlığın olduğu əməliyyatların modelləşdirilməsi üçün istifadə edilir. Qarşılıqlı əlaqənin modelləşdirilməsi

sistemin əlavə resurslarının müəyyən edilməsini, konflikt vəziyyətlərin aşkar edilərək avadanlıqların qarşılıqlı əlaqə prosesinin sonrakı idarəedilməsi yerinə yetirilir. Amma Petri şəbəkələri ilə daha sadə dövrü hərəkət edən avadanlıqlarda ardıcıl prosesləri də müvəffəqiyyətlə modelləşdirmək olar. Belə ki, Petri şəbəkələri texnoloji prosesin özünü deyil, müəyyən şərtlərin yerinə yetirilməsi nəticəsində alınan ardıcılığını modelləşdirir.

Sistemin Petri şəbəkəsi şəklində təsvir edilməsi üçün *hadisələr və şərtlər* anlayışından istifadə edilir. *Hadisə* - sistemdə olan elementlərin fəaliyyətini əks etdirir. *Şərt* – sistemin vəziyyətinin məntiqi təsviridir. Sistemdə hadisələrin baş verməsi üçün uyğun şərtlər – ön şərtlər yerinə yetirilməlidir.

Aşağıdakı əməliyyatları yerinə yetirən ÇİM-in Petri şəbəkəsi ilə modelləşdirilməsinə nümunə kimi baxaq: müxtəlif ölçülü xammallar ardıcıl olaraq NS1 vasitəsi ilə G1-in işçi zonasına nəql olunur; vərəqlərin tələb olunan ölçülərinə uyğun olaraq xammal iki və ya bir neçə kiçik ölçülü təbəqələrə doğranılır; SR1 vasitəsi ilə NS2-yə yüklənir.

Petri şəbəkəsinin mövqe və keçidlərini təyin edək .

p_1 - NS1-də xammalın olması

p_2 - G1- də kəsmə əməliyyatının yerinə yetirilməsi

p_3 - G1- in boşaldılması

p_4 - NS2-yə təbəqənin ötürülməsi

p_5 - SR1-in məşğul olub olmaması haqqında məlumat

p_6 - kəsmə əməliyyatına nəzarət

p_7 - SR1-in işinə nəzarət

t_1 - kəsmə əməliyyatından sonra SR1-in təbəqəni götürməsi

t_2 - təbəqənin SR1-də fırladılması

t_3 - SR1 –in təbəqəni NS2-yə ötürdükdən sonra geri qayıtması

\mathbf{I} və \mathbf{O} – giriş və çıxış funksiyalarının çoxluğunu təyin edək.

$\mathbf{I} : P \rightarrow T^\infty, \mathbf{O} : P \rightarrow T^\infty$ burada,

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

$\mathbf{I}(p_1) = \{-\}, \quad \mathbf{O}(p_1) = \{t_1\},$

$$\begin{array}{ll}
I(p_2)=\{t_1\}, & O(p_2)=\{t_2\}, \\
I(p_3)=\{t_2\}, & O(p_3)=\{t_3\}, \\
I(p_4)=\{t_3\}, & O(p_4)=\{-\}, \\
I(p_5)=\{t_2, t_3\}, & O(p_5)=\{t_1\}, \\
I(p_6)=\{t_3\}, & O(p_6)=\{t_2\}. \\
I(p_7)=\{t_2\}, & O(p_7)=\{t_1\}. \\
I(t_1)=\{p_1, p_5, p_7\}, & O(t_1)=\{p_2\}, \\
I(t_2)=\{p_2, p_6\}, & O(t_2)=\{p_3, p_5, p_7\}, \\
I(t_3)=\{p_3\}, & O(t_3)=\{p_4, p_5, p_6\}, \\
\text{İlkin markerləşmə } M_0= (10, 0,0,0,1,1,1)
\end{array}$$

Petri şəbəkəsi ikitərəfli istiqamətlənmiş qrafdan ibarətdir: mövqelərə dairələr şəklində çəkilmiş zirvələr, keçidlərə isə qalın xətlərlə çəkilmiş zirvələr uyğun gəlir; **I** funksiyasına mövqelərdən keçidlərə, **O** funksiyasına isə keçidlərdən mövqelərə istiqamətlənmiş qövslər uyğun gəlir. Markerlərə isə dairələrin daxilində olan nöqtələr uyğun gəlir, nöqtələrin sayı 3-dən çox olduqda rəqəmlərlə göstərilir [94,s.97;95,s.71].

RAO-studio mühitində fəaliyyət göstərən proqram kompleksinin qoşmalarından istifadə etməklə Petri şəbəkəsinin imitasiya modelinin ALA-sı vasitəsi ilə imitasiyanın verilənlər, biliklər və animasiya bazalarının yaradılması aşağıdakı kimi yerinə yetirilir:

- Petri şəbəkəsinin resurslarının növünə görə ümumiləşdirilmiş bazanın və resurslar bazasının yaradılması;
- Petri şəbəkəsinin hadisələr bazasının yaradılması;
- Petri şəbəkəsinin əməliyyatlar və təsviretmə bazalarının yaradılması.

Paralel, asinxron, ierarxik diskret sistem və proseslərin sadə vasitələrlə təsviri və modelləşdirilməsi üçün Petri şəbəkələri geniş istifadə edilir. Sistemin və ya prosesin Petri şəbəkələri ilə təsvir edilmiş riyazi modelləri olduqca aydın olur və onu alqoritmləşdirmək asan olur. Petri şəbəkəsinin resurslarının növünə görə ümumiləşdirilmiş bazası RTP qoşmasında yaradılır[35,s.499].

Позиция, Переходы sabit resurslardır, bu növ resurslar modelda daim iştirak edir, onlar program yerinə yetirilən zaman nə məhv edilə bilər, nə də yenidən yaradıla bilər və resursların parametrləri haqqında məlumat verir.

\$Resource_type **Позиция** : *permanent*

\$Parameters

Маркер_вх : *integer [0..25]*

Номер : *integer [0..7]*

Маркер_вых : *integer*

Pic : *integer*

\$End

\$Resource_type **Переходы** : *permanent*

\$Parameters

Занятость : *(Занят, Свободен)*

Номер : *integer [0..3]*

\$End

Petri şəbəkəsinin resurslarının növünə görə ümumiləşdirilmiş bazanın pəncərəsi əlavə 9-da göstərilmişdir.

Resursların bütün tipləri təsvir olunduqdan sonra Petri şəbəkəsinin ayrı-ayrı resursları RSS qoşmasında yaradılır. Hər bir resurs üçün onun adı, mənsub olduğu və parametrlərinin tərkibini götürdüyü tipi, həm də resursların tipi obyektində təyin olunmamış parametrlərin qiymətləri təyin olunur. Resurslar programın (modelin) qlobal verilənlər bazasının ilkin vəziyyətini göstərir.

Petri şəbəkəsinin aşağıdakı resurslar obyektini var:

-Petri şəbəkəsinin 7 mövqeyi;

-Petri şəbəkəsinin 3 keçidi;

\$Resources

Позиция_1 : Позиция trace 10 1 0 10

Позиция_2 : Позиция trace 0 2 0 0

Позиция_3 : Позиция trace 0 3 0 0

Позиция_4 : Позиция trace 0 4 0 0

```

Позиция_5 : Позиция trace 1 5 0 1
Позиция_6 : Позиция trace 1 6 0 1
Позиция_7 : Позиция trace 1 7 0 1
Переход_1 : Переходы Свободен 1
Переход_2 : Переходы Свободен 2
Переход_3 : Переходы Свободен 3
$End

```

Yuxarıda göstərilənlərdən məlum olur ki, yaradılmış resurslardan məs.

Позиция_1 mövqeyinin ilkin qiymətləri aşağıdakı kimi olacaqdır:

```

Маркер_вх : 10
Номер : 1
Маркер_вых : 0
Pic : 10

```

Yəni, başlanğıcda I mövqedə 10 marker var.

Dəyişən parametrlərinin qiymətlərinə görə Petri şəbəkəsinin resurslar bazasının pəncərəsi əlavə 10-da göstərilmişdir.

Petri şəbəkəsinin prosesləri haqqında olan biliklər hadisələr bazasında (PAT qoşması) saxlanılır.

Срабатывание_перехода_1 əməliyyatı Petri şəbəkəsinin birinci keçidinin aktivləşməsi üçündür. 3.3.1 alt fəslində təyin olunmuş İ və O giriş və çıxış funksiyasına uyğun olaraq, birinci keçidin üç girişi, bir çıxışı var, m1 və d1 vaxtına uyğun işləyir. Bu əməliyyatın fraqmenti aşağıdakı kimidir:

```

$Pattern Срабатывание_перехода_1 : operation trace
$Relevant_resources
Вход_1 : Позиция_1 Keep NoChange
Вход_2 : Позиция_7 Keep NoChange
Вход_3 : Позиция_5 Keep NoChange
Переход : Переход_1 Keep Keep
Выход_1 : Позиция_2 NoChange Keep
$Time = время_1 (m1, d1)

```

\$Body

Вход_1

Choice from Вход_1.Маркер_вх > 0

first

Convert_begin

Маркер_вх set Вход_1.Маркер_вх - 1

Рис set Вход_1.Рис - 1

Yuxarıda göstərilən fraqmentdən məlum olur ki, I mövqedə olan markerlərin sayı yoxlanılır. Əgər 0-dan böyükdürsə, onda I keçidin aktivləşməsi üçün 1 çıxılır. Bu əməliyyat uyğun olaraq o biri mövqelər üçün də yerinə yetirilir.

Срабатывание_перехода_2 əməliyyatı Petri şəbəkəsinin ikinci keçidinin aktivləşməsi üçündür. İ və O giriş və çıxış funksiyasına uyğun olaraq, ikinci keçidin iki girişi, üç çıxışı var və m2 və d2 vaxtına uyğun aktivləşir.

\$Pattern Срабатывание_перехода_2 : operation trace

\$Relevant_resources

Вход_1 : Позиция_2 Keep NoChange

Вход_3 : Позиция_6 Keep NoChange

Переход : Переход_2 Keep Keep

Выход_1 : Позиция_3 NoChange Keep

Выход_2 : Позиция_5 NoChange Keep

Выход_3 : Позиция_7 NoChange Keep

\$Time = время_2 (m2, d2)

Срабатывание_перехода_3 əməliyyatı Petri şəbəkəsinin üçüncü keçidinin aktivləşməsi üçündür. İ və O giriş və çıxış funksiyasına uyğun olaraq, üçüncü keçidin bir girişi, üç çıxışı var və m3 və d3 vaxtına uyğun aktivləşir.

\$Pattern Срабатывание_перехода_3 : operation trace

\$Relevant_resources

Вход_1 : Позиция_3 Keep NoChange

Переход : Переход_3 Keep Keep

Выход_1 : Позиция_4 NoChange Keep

Выход_2 : Позиция_5 NoChange Keep

Выход_3 : Позиция_6 NoChange Keep

\$Time = время_3 (m3, d3)

Задержка_в_позиции əməliyyatı markerlərin mövqelərdə ləngiməsi üçündür. Bu avadanlıqda əməliyyat üçün ayrılan vaxtdan asılıdır.

\$Pattern Задержка_в_позиции : operation trace

\$Parameters

Номер_Позиции : integer [0..20]

Время_операции : real

Коэф : integer

\$Relevant_resources

Позиция : Позиция Keep Keep

\$Time = Коэф * время_4(m4, d4) + Время_операции

Petri şəbəkəsinin hadisələr bazasının pəncərəsi əlavə 11-də göstərilmişdir.

Petri şəbəkəsinin əməliyyatlar bazası OPR qoşmasında yaradılır və hərəkətlərin növbələşməsi ilə əlaqədar olan səbəb-nəticə kimi məntiqi mühakimələrin modelləşdirilməsi zamanı istifadə edilir.

\$Operations

Операция_1 : Срабатывание_перехода_1

Операция_2 : Срабатывание_перехода_2

Операция_3 : Срабатывание_перехода_3

Операция_4 : Задержка_в_позиции 1 0.0 0

Операция_5 : Задержка_в_позиции 2 15.0 1

Операция_6 : Задержка_в_позиции 3 0.0 0

Операция_7 : Задержка_в_позиции 4 0.0 0

Операция_8 : Задержка_в_позиции 5 0.0 0

Операция_9 : Задержка_в_позиции 6 0.0 0

Операция_10 : Задержка_в_позиции 7 0.0 0

\$End

Petri şəbəkəsinin imitasiya modelləşdirilməsinin yerinə yetirilməsi (proqon) SMR bazasında yaradılır.

```
Model_name = PetriNet
Resource_file = PetriNet
OprIev_file = PetriNet
Frame_file = PetriNet
Trace_file = PetriNet
{Run_StartTime = 1.0} {время начала прогона}
{Trace_StartTime= 0.5} {время начала трасировки}
{Trace_EndTime = 1.0} {время конца трасировки}
Show_mode = Animation {выбор начального режима отображения}
Frame_number = 1 {номер кадра для начального режима}
Show_rate = 10000.0 {временной масштаб отображения}
Terminate_if Позиция_4.Pic >= 10 {Условие окончания прогона}
{Break_point Точка_1 Позиция_1.Маркер_вх = 3 and Time_now >200.0}
{Break_point Точка_2 Позиция_4.Маркер_вх = 4}
{Базы генераторов последовательностей:}
время_1.Seed = 31111
время_2.Seed = 131111
время_3.Seed = 1131111
время_4.Seed = 11131113
```

Təsviretmə sisteminin ilkin verilənləri hesab olunan kadrların təsviri ayrı bir obyektə FRM qoşmasında təsvir olunur. O, fon şəklindən və tərkibi, forması, ölçüləri və vəziyyəti sistemin vəziyyəti ilə təyin olunan dəyişən elementlərdən(təsviredilmə elementlərindən və ya spraytlardan) ibarətdir, hansılar ki, kadrların baxışı zamanı dəyişə bilər.

3.3 alt fəslində qeyd edildiyi kimi mövqelərdəki markerlərin sayı əgər sayı 3-dən azdırsa, nöqtələrlə, çoxdursa rəqəmlərlə göstərilir. Bu aşağıdakı fraqmentdə öz əksini tapmışdır.

```
Show_if Позиция_1.Pic = 1
```

```

bitmap [33, 105, m1,m1m]
Show_if Позиция_1.Pic =2
bitmap [33, 105, m2,m1m]
Show_if Позиция_1.Pic = 3
bitmap [33, 105, m3,m1m]
Show_if Позиция_1.Pic > 3
text [37, 105, 30, 20, <255 255 255>, <0 0 0>, Позиция_1.Pic]

```

Əgər G1 gilyatini məşğul deyilsə, yəni ona uyğun olan Petri şəbəkəsinin 2-ci mövqeyində marker 0- a bərabərdirsə, onda o yaşıl rəngdə olur və onun vəziyyəti haqqında olan məlumat (məşğul deyil – Свободен) ekranda görünür.

```

Show_if Позиция_2.Pic = 0
text [579, 250, 150, 20, <255 255 255>, <0 255 0>, ='Свободен']
rect [596,293,14,100,<0 255 0>, <0 255 0>]

```

Əgər gilyatin məşğuldursa, yəni ona uyğun olan Petri şəbəkəsinin 2-ci mövqeyində marker 0- a bərabər deyilsə, onda o qırmızı rəngdə olur və onun bu vəziyyəti haqqında olan məlumat (məşğuldur – Занят) ekranda görünür.

```

Show_if Позиция_2.Pic <> 0
text [579, 250, 80, 20, <255 255 255>, <255 0 0>, ='Занят']
rect [596,293,14,100,< 255 0 0>, <255 0 0>]

```

Daha bir fraqmenti nəzərdən keçirək.

```

Show_if      Переход_1.Занятость=Свободен      and      Переход_2.
Занятость=Занят and Переход_3.Занятость=Свободен
bitmap [475, 232, rd, rdm1]

```

Əgər Petri şəbəkəsinin II keçidi aktivləşibsə, onda SR1 dönərək, təbəqəni fırladacaqdır.

Konstantların və funksiyaların təsviri üçün FUN qoşmasından istifadə edilmişdir.

```

$Constant
m1 : real = 2.0
d1 : real = 0.2

```

m2 : real = 1.5

d2 : real = 0.25

m3 : real = 2.0

d3 : real = 0.4

m4 : real = 1.0

d4 : real = 0.3

\$End

\$Sequence время_1 : real [0.0..10.0]

\$Type = normal

\$End

\$Sequence время_2 : real [0.0..10.0]

\$Type = normal

\$End

\$Sequence время_3 : real [0.0..10.0]

\$Type = normal

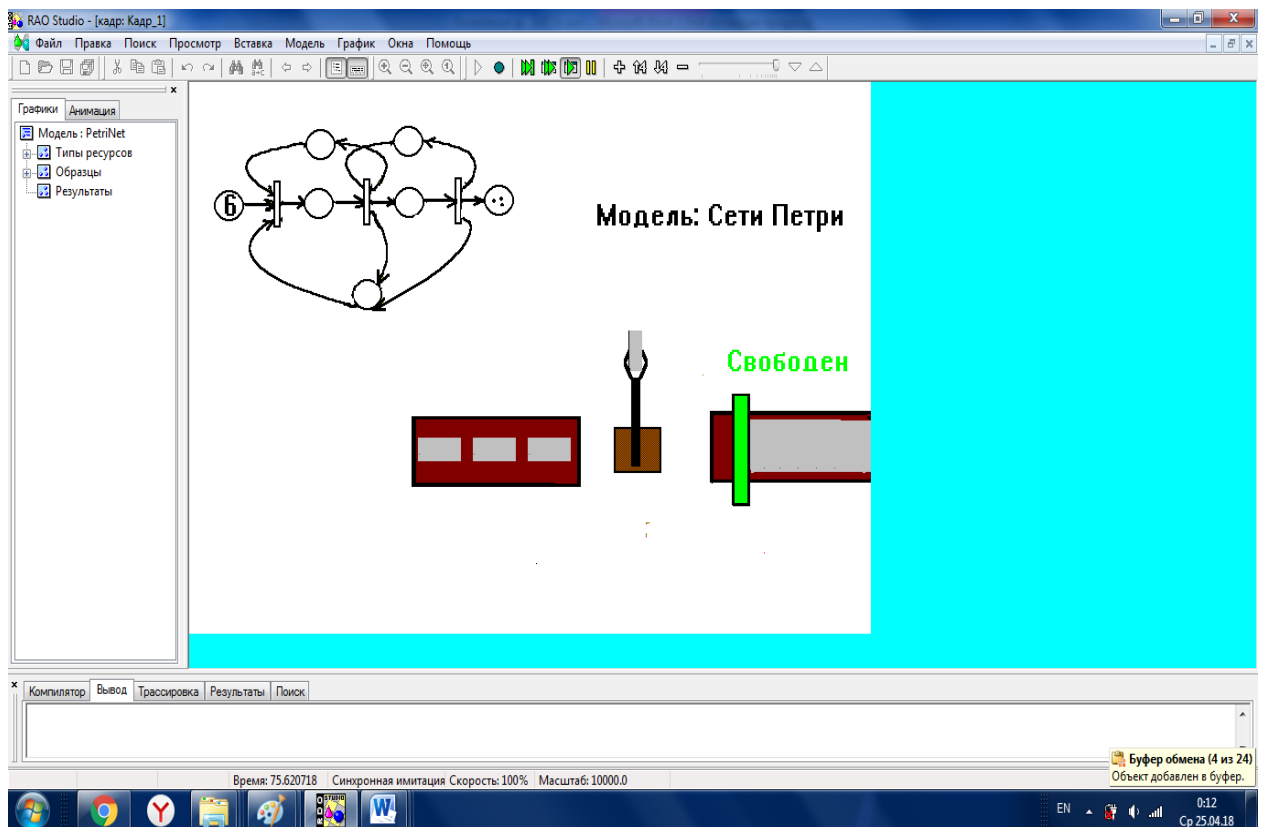
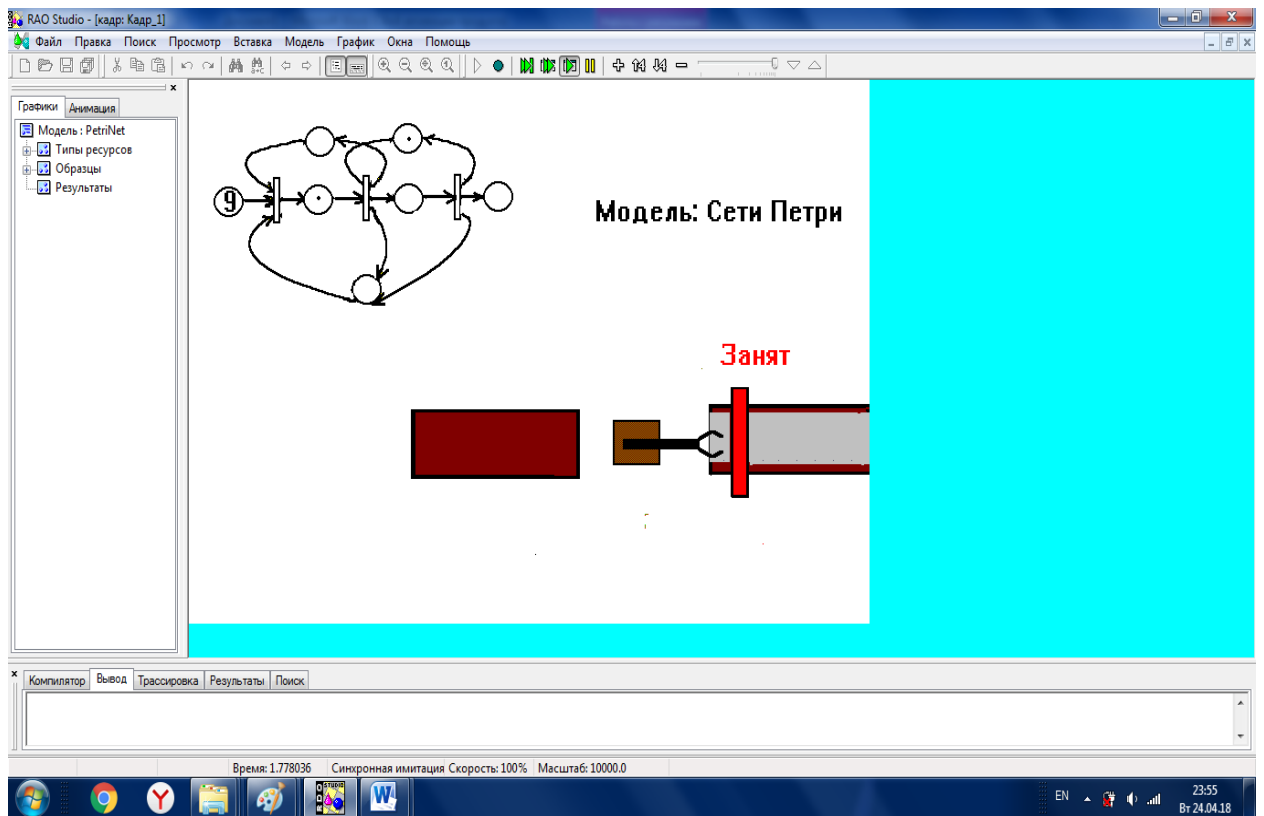
\$End

\$Sequence время_4 : real [0.0..10.0]

\$Type = normal

\$End

Модель/Запустить (F5) əmri verildikdən sonra imitasiya modelinin yerinə yetirilməsi- animasiyası baş verir və şəkil 3.5-dəki kimi təsvir olunur. Tam tsiklin fraqmentləri əlavə 12-yə daxil edilmişdir.



Şəkil 3.5. Petri şəbəkəsinin imitasiya modelinin yerinə yetirilməsi- animasiyası

III fəsildə alınmış nəticələr

1. 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.

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

3. Xammalı təbəqələrə, təbəqələri vərəqlərə doğrayan və vərəqin üz səthini təmizləyən ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsinin alqoritmi işlənmişdir.

4. ÇİS-in imitasiya modelinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə aləti vasitəsi ilə ÇİS-in resurslarının növünə görə ümumiləşdirilmiş, dəyişən parametrlərin qiymətlərinə görə resurslar, hadisələr, əməliyyatlar, imitasiya modelləşdirilməsinin yerinə yetirilməsi və imitasiya modelinin təsvir etmə bazaları yaradılmışdır.

5. ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsinin alqoritminə uyğun olaraq imitasiya modelinin komputer eksperimentləri ilə tədqiqi aparılmış, imitasiyanın nəticələri animasiya üsulları ilə təsvir olunmuşdur.

6. ÇİS-in imitasiya modelinin idarə olunmasının zaman Petri şəbəkəsi ilə təsvirini almaq üçün, imitasiya modeli Petri şəbəkəsinin elementləri ilə təsvir edilmiş və ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsinin alqoritminə uyğun ardıcılıqla komputer eksperimentləri yerinə yetirilmişdir.

IV FƏSİL. İMİTASIYA MODELƏŞDİRİLMƏSİNİN NƏTİCƏLƏRİNİN XAMMALIN TƏBƏQƏLƏRƏ, TƏBƏQƏLƏRİN VƏRƏQLƏRƏ DOĞRANMASI VƏ VƏRƏQLƏRİN ÜZ SƏTHİNİN TƏMİZLƏNMƏSİ ÇİS-in AVTOMATİK İDARƏEDİLMƏSİNƏ TƏTBİQİ

Mürəkkəb diskret sistemlərin idarəedilməsində əsasən mövqeli idarəetmə sistemlərindən (İS) istifadə edilir[13,s.50]. Mövqeli proqramla İS-li mexatron qurğuların manipulyatorlarının hərəkət trayektoriyaları mahiyyətə fasiləsizdir, ancaq manipulyatorlar fasiləsiz funksiyanın diskret qiymətlərinə uyğun yer dəyişir. Fasiləsiz hərəkət trayektoriyasının diskret qiymətləri işçi zonanın müxtəlif qovşaqlarındakı sərbəstlik dərəcələrində quraşdırılmış müxtəlif təyinatlı vəziyyət vericiləri ilə identifikasiya olunur.

Mövqeli proqramla İS robotların yaradılması və tətbiqi robototexnikanın yeni inkişaf istiqamətinin - çevik robototexniki komplekslərin yaradılmasını stimullaşdırdı. Robototexnikanın bu dövrdəki inkişafı texnoloji proseslərin kompleks şəkildə tədqiqi və yeni avtomatlaşdırma vasitələrinin – proqramlı İS-li robotların, rəqəmli proqramla idarəolunan dəzgahların, müxtəlif təyinatlı xüsusişdirilmiş manipulyator və nəqliyyat sistemlərinin və s., tətbiqi ilə qismən çevik istehsal modullarının yaradılmasına səbəb oldu. Göstərilən modulların idarəolunması iki istiqamətdə aparılırdı: birinci istiqamətdə hər bir mexatron qurğu öz fəaliyyətini lokal İS vasitəsi ilə həyata keçirir və bütün kompleksin sinxronlaşdırılmış koordinasiya fəaliyyəti nisbətən yüksək funksional imkanlara malik İS-li modula həvalə olunur; ikinci istiqamətdə hər bir ayrıca götürülmüş mexatron qurğu öz fəaliyyətini lokal İS ilə həyata keçirir və bütün kompleksin sinxronlaşdırılmış koordinasiya fəaliyyəti, xüsusi təyinatlı kompüterlərdən (məs. mikroprosessorlu İS) istifadə etməklə realizə olunur [13,s.51;23,s.16;24,s.134;78,s.2]. Göstərilən hər iki istiqamətdə mexatron qurğuların lokal İS-in daxilində həssas hissetmə elementlərindən əlavə , bütün kompleksin əks əlaqə prinsipi ilə idarəedilməsi üçün tələb olunan həssas hissetmə elementlərinin də, müxtəlif təyinatlı vericilər, sensorlar və s., quraşdırılması həyata

keçirildi. Göründüyü kimi , artıq proqramla İS-də adaptiv və intellektual İS-nə xas olan prinsiplərdən, yəni həssas hissetmə elementlərindən istifadə etməklə əks əlaqə ilə İS-ri yaradıldı. Artıq robot kollektivləri şəklində yaradılan, müxtəlif situasiyalarda mexatron qurğuların məqsədyönlü davranışlarını həyata keçirən və qismən süni intellekt funksiyalarını yerinə yetirən ÇİS-lər yaradılmağa başlandı. Bu növ ÇİS-in idarəedilməsində biliklərin (xüsusən də produksiya qaydaları, şəbəkə modelləri və s.) emalı nəticəsində qərar qəbuletmə qabiliyyətinə malik olan mövqeli İS-ri yaradıldı[25,s.44;84,s.27;87,s.23].

Çoxfunksiyalı mexatron qurğularından, əlavə və əsas avadanlıqlarından, avtomatik və avtomatlaşdırılmış anbar sistemlərindən təşkil edilmiş ÇİS-in əsas çatışmayan cəhətləri onların real obyektlərdə tətbiqi zamanı meydana çıxırdı. Belə ki, çoxlu sayda ortaq işçi zonalara malik mexatron qurğularının ayrı-ayrılıqda və kompleks şəkildə idarə sistemində cüzi də olsa nəzərə alınmayan situasiyalar çox ciddi qəzalara səbəb olurdu. Bu növ çatışmamazlıqları aradan qaldırmaq üçün ÇİS-in struktur sxemlərinin və İS-in ilkin layihələndirmə mərhələsində müxtəlif modelləşdirmə üsulları ilə kompüter eksperimentləri həyata keçirilməli və layihələndirilməsinin məqsədə uyğunluğunun qiymətləndirilməsi aktualıq kəsb edir və yeni yanaşmaların işlənməsini stimullaşdırır.

Dissertasiya işinin 3-cü fəslində imitasiya modelləşdirilməsi ilə ÇİS-in strukturunun və zaman Petri şəbəkəsi ilə idarə olunmasının kompüter eksperimentləri ilə tədqiqinə baxılmış və qənaətbəxş nəticələr əldə edilmişdir.

Dördüncü fəsildə ÇİS-in real obyektə tətbiqi üçün imitasiya modelləşdirilməsinin nəticələri nəzərə alınmaqla mövqeli, biliklərin emalı prinsipinə əsasən qərar qəbuletmə qabiliyyətinə malik İS-in işlənməsinə baxılır.

4.1. Xammalın təbəqələrə, təbəqələri vərəqlərə doğrayan və vərəqin üz səthini təmizləyən ÇİS-in idarəetmə sisteminin struktur – funksional sxeminin işlənməsi

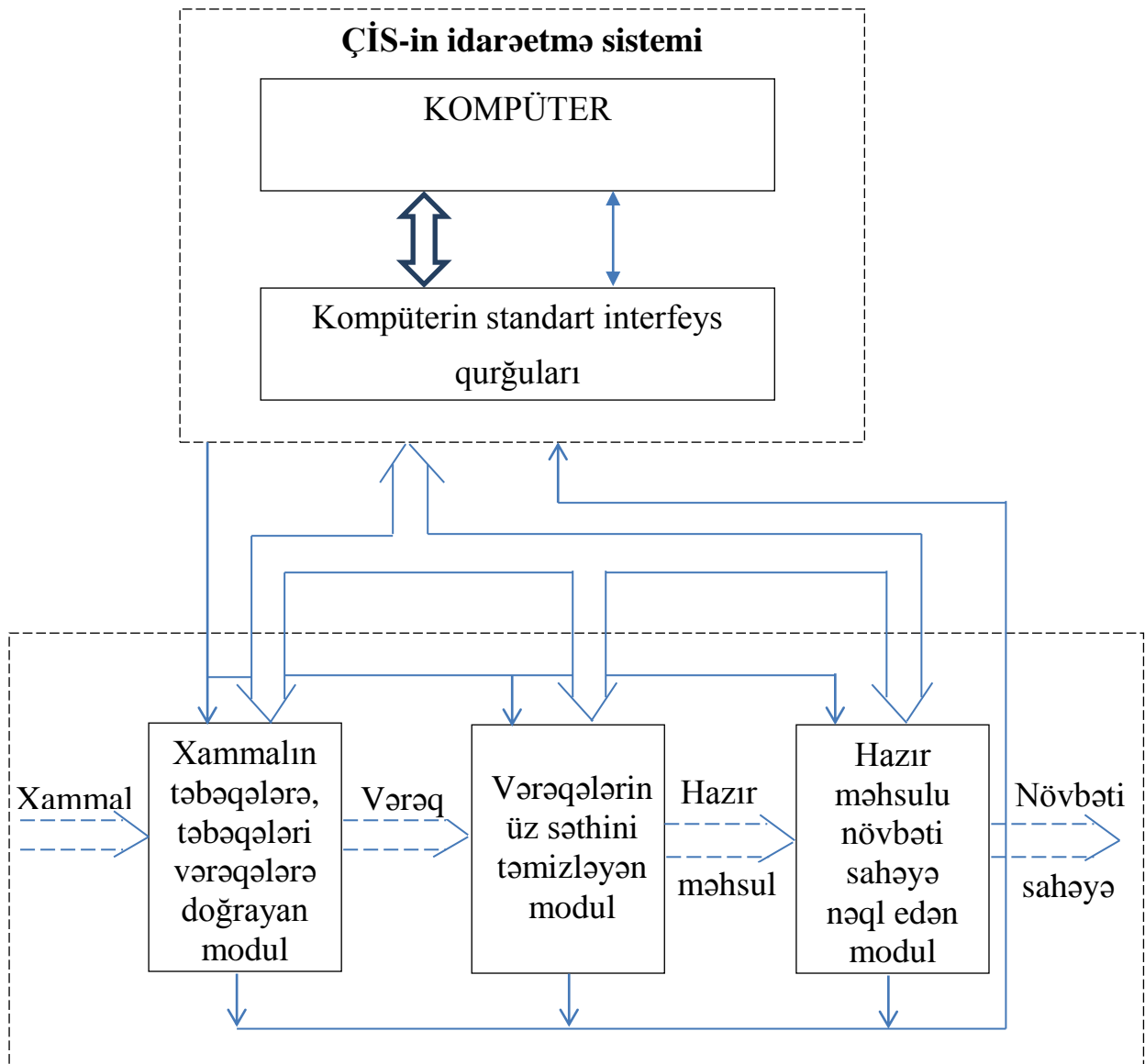
ÇİS-in struktur-funksional sxeminə şərti olaraq üç modulun – xammalın təbəqələrə, təbəqələri vərəqlərə doğrayan, vərəqin üz səthini təmizləyən və hazır məhsulu növbəti sahəyə nəql edən, qarşılıqlı əlaqədə sinxronlaşdırılmış, koordinasiyalı avtomatik rejimdə fəaliyyət göstərən mürəkkəb diskret sistem kimi baxmaq olar. ÇİS-in fəaliyyətində modullar avtonom şəkildə (asinxronluq prinsipi) və öz daxillərində isə ardıcıl-parallel rejimdə işləyirlər. Hər bir modulun fəaliyyəti özündən əvvəlki modulun fəaliyyətindən asılıdır, odur ki, bütün modulların fəaliyyətləri idarəetmə sistemi tərəfindən sinxronlaşdırılmalıdır.

ÇİS-in idarəedilməsi üçün qərar qəbuletmədə modulları təşkil edən aktiv elementlərin (mexatron qurğular) ortaq işçi zonalarda fəaliyyətləri də sinxronlaşdırılmalıdır.

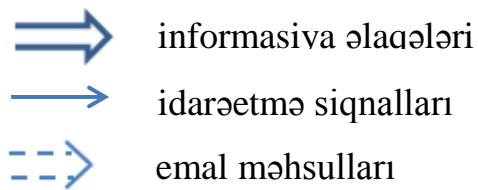
Göstərilən şərtləri ödəyən ÇİS-in struktur-funksional sxemi şəkil 4.1-də göstərildiyi kimi təklif edilmiş və işlənmişdir.

Struktur-funksional sxemdən göründüyü kimi ÇİS-in idarəetmə sisteminin əsasını standart interfeys qurğuları (analoq və diskret xarakterli çıxışlara malik sensorlardan daxil olan informasiyaları kompüterin daxili dilinə və əksinə, yəni kompüterin daxili dilində olan siqnalları mexatron qurğuların, əlavə və əsas avadanlıqların idarə siqnallarına çevirən standart interfeys qurğuları), sistem proqramları və qərar qəbuletmə alqoritmləri ilə təmin edilmiş kompüter təşkil edir.

ÇİS-in tələb olunan məhsuldarlığını təmin edən rejimdə fəaliyyəti onun idarəetmə sisteminin dolğun informasiya təminatından asılıdır. Qeyd olunduğu kimi üçüncü fəsildə zaman Petri şəbəkəsi şəklində idarəetmə alqoritmi imitasiya eksperimentləri ilə öz təsdiqini tapmışdır. Zaman Petri şəbəkəsi şəklində idarəetmə alqoritmi müxtəlif situasiyalarda fəaliyyət göstərən real obyektlərdə özünü doğrulda bilmir. Odur ki, dissertasiyada imiyasiya modelləşdirilməsinin nəticələri nəzərə alınmaqla, real obyektin qlobal verilənlər bazası əsasında produksiya qaydaları



Şəkil 4.1. ÇİS-in struktur-funksional sxemi



biliklər bazasının yaradılması və onun istifadəsi ilə idarə sisteminin qərar qəbuletmə alqoritminin işlənməsinə baxılır.

4.2. ÇİS-in idarəetmə sisteminin verilənlər və biliklər bazalarının yaradılması

İmitasiya modelləşdirilməsində idarəetmə alqoritmi kimi istifadə edilən zaman Petri şəbəkəsi real obyektlərin idarə edilməsində ona görə istifadə edilə bilinmir ki, onun strukturunda obyektə qarşıya çıxan müxtəlif situasiyaların identifikasiyası və uyğun qərarların formalaşması nəzərdə tutulmamışdır. Daha doğrusu imitasiya modelləşdirilməsində ÇİS-in imitasiya modelinə tam determinə olunan sistem kimi baxılır.

Bu alt fəsildə imitasiya modelləşdirilməsinin konseptual modelinə, əməliyyat bazasına, ÇİS-in fəaliyyətində qarşıya çıxan bilən nəzərdə tutulmayan situasiyalara və zaman Petri şəbəkəsi şəklində idarə alqoritminə əsaslanaraq, real obyektə ÇİS-in idarəetmə sisteminin qərar qəbuletmə alqoritminin verilənlər və biliklər bazalarının yaradılmasına baxılır[12,s.66;21,s.25;60,s.42].

Məlum olduğu kimi produksiya sisteminin fəaliyyətini aşağıdakı kimi ifadə etmək olar.[33,s.205;60,s.44]:

$$X(t+1) = f(x(t), u_i(x)) ,$$

burada , $X(t)$ – sistemin cari vəziyyəti ;

$x(t+1)$ – sistemə u_i produksiya qaydası tətbiq edildikdən sonrakı vəziyyət ;

U- sistemin fəaliyyətini təmin edən produksiya qaydaları çoxluğu, $u_i \in U$.

Produksiya sistemi üç əsas moduldan ibarətdir : qlobal verilənlər bazası (obyektə quraşdırılmış sensorların çıxışlarındakı informasiyalar əsasında yaradılmış və situasiyalardan asılı olaraq vəziyyətlər çoxluğunu dinamik şəkildə dəyişən VB); produksiya qaydaları çoxluğu şəklində biliklər bazası; idarə sistemi.

Göründüyü kimi produksiya sistemi dinamik sistemdir və aşağıdakı kimi fəaliyyət göstərir: VB –dən daxil olan informasiyalara uyğun olaraq produksiya idarə sistemi BB –dən o produksiya qaydasını (qaydalarını) seçir ki, onun təsiri ilə qlobal

VB $X(t)$ vəziyyətindən $X(t+1)$ vəziyyətinə keçir. Bu proses arzu edilən nəticə əldə edilənə kimi avtomatik rejimdə davam edir [21, s.26].

ÇİS –i idarə etmək üçün onun qlobal VB və BB –ni yaratmaq lazımdır.

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 lazımdır. ÇİS-in müxtəlif mövqelərində quraşdırılmış sensorlardan daxil olan informasiyaların və icra mexanizmlərinin funksional təyinatları aşağıdakı kimi təyin edilmişdir.

X_{11} - Nəqliyyat sistemi (NS1) işləyir;

X_{12} - Nəqliyyat sistemi (NS1) - in son mövqeyində təbəqənin olması;

X_{13} - Nəqliyyat sistemi (NS1)- in ilkin mövqeyində təbəqənin olması.

X_{21} - Qaldırıcı mövqələşdirici manipulyator (QMM1) aşağı vəziyyətindədir;

X_{22} - Qaldırıcı mövqələşdirici manipulyator (QMM1) yuxarı vəziyyətindədir;

X_{23} - Qaldırıcı mövqələşdirici manipulyatorun (QMM1) dayaq nöqtəsi yuxarı vəziyyətdədir;

X_{24} - Qaldırıcı mövqələşdirici manipulyatorun (QMM1) dayaq nöqtəsi qoşuludur.

X_{31} - Gilyotin qayçı (G1)-in qayçısı yuxarı vəziyyətdədir;

X_{32} - Gilyotin qayçı (G1)-in qayçısı aşağı vəziyyətdədir;

X_{33} - Qaldırıcı mövqələşdirici manipulyatorun (QMM1) dayaq nöqtəsində təbəqə var.

X_{41} - Mövqələşdirici manipulyator (MM1)- in masasında təbəqənin olması.

X_{42} - Sənaye robotu (SR1) -in qolu ilkin vəziyyətdədir;

X_{43} - Sənaye robotu (SR1) -in tutqacı açıqdır;

X_{44} - Sənaye robotu (SR1) -in tutqacı bağlıdır;

X_{45} - Sənaye robotu (SR1) -in fırlanma qurğusu ilkin vəziyyətdədir;

X_{46} - Sənaye robotu (SR1) -in fırlanma qurğusu son vəziyyətdədir ;

X_{47} - Sənaye robotu (SR1) -in qolu son vəziyyətdədir;

X_{48} - Mövqələşdirici manipulyator (MM1) aşağı vəziyyətdədir;

- X₅₁ - Nəqliyyat sistemi (NS2) işləyir;
- X₅₂ - Nəqliyyat sistemi (NS2) -in son mövqeində vərəqin olması;
- X₅₃ - Nəqliyyat sistemi (NS2) -in ilkin mövqeində vərəqin olması.
- X₅₄ - Qaldırıcı mövqeləşdirici manipulyator (QMM2) aşağı vəziyyətdədir;
- X₅₅ - Qaldırıcı mövqeləşdirici manipulyator (QMM2) yuxarı vəziyyətdədir;
- X₅₆ - Qaldırıcı mövqeləşdirici manipulyatorun (QMM2) dayaq nöqtəsi yuxarı vəziyyətdədir.
- X₆₁ - Mövqeləşdirici manipulyator (MM2)-in masasında vərəqin olması.
- X₆₂ - Sənaye robotu (SR2) -in qolu ilkin vəziyyətdədir;
- X₆₃ - Sənaye robotu (SR2) -in qolu son vəziyyətdədir;
- X₆₄ - Sənaye robotu (SR2) -in tutqacı bağlıdır;
- X₆₅ - Sənaye robotu (SR2) -in fırlanma qurğusu ilkin vəziyyətdədir;
- X₆₆ - Sənaye robotu (SR2) -in fırlanma qurğusu son vəziyyətdədir
- X₇₁ - Nəqliyyat sistemi (NS3) -ün ilkin mövqeində vərəqin olması;
- X₇₂ - Nəqliyyat sistemi (NS3) işləyir.
- X₇₃ - Təmizləyici qurğu (TQ)-in işçi zonasında vərəqin olması;
- X₇₄ - Mövqeləşdirici manipulyator (MM3)-ün masasında səthi təmizlənmiş vərəqin olması;
- X₇₅ - Mövqeləşdirici manipulyator (MM3) aşağı vəziyyətdədir.
- X₈₁ - Sənaye robotu (SR3) -ün qolunun ilkin vəziyyəti;
- X₈₂ - Sənaye robotu (SR3) -ün qolunun son vəziyyəti;
- X₈₃ - Sənaye robotu (SR3) -ün tutqacı açıqdır;
- X₈₄ - Sənaye robotu (SR3) -ün tutqacı bağlıdır;
- X₈₅ - Sənaye robotu (SR3) -ün fırlanma qurğusu ilkin vəziyyətdədir;
- X₈₆ - Sənaye robotu (SR3) -ün fırlanma qurğusu son vəziyyətdədir.
- X₉₁ - Nəqliyyat sistemi (NS4) işləyir
- X₉₂ - Nəqliyyat sistemi (NS4)-ü ilkin mövqeyində səthi təmizlənmiş vərəqin olması.
- X₉₃ - Gilyotin qayçı (G2)-in qayçısı yuxarı vəziyyətdədir;

X₉₄ - Gilyotin qayçı (G2)in qayçısı aşağı vəziyyətdədir

ÇİS-in verilənlər bazasının icra mexanizmlərinin quraşdırıldığı mövqelər və təyinatları aşağıdakı kimidir:

- U₁₁ - Nəqliyyat sisteminin (NS1) qoşulması;
- U₁₂ - Qaldırıcı mövqeləşdirici manipulyatorun (QMM1) qoşulması;
- U₁₃ - Gilyotin qayçının (G1) qoşulması;
- U₁₄ - Mövqeləşdirici manipulyatorun (MM1 qoşulması);
- U₁₅ - Qaldırıcı mövqeləşdirici manipulyatorun (QMM1) açılması;
- U₁₆ - Dayaq nöqtəsinin qoşulması;
- U₂₁ - Sənaye robotunun (SR1) qolunun qoşulması;
- U₂₂ - Sənaye robotunun (SR1) tutqacının qoşulması;
- U₂₃ - Sənaye robotunun (SR1) fırlanma qurğusunun qoşulması;
- U₂₄ - Nəqliyyat sisteminin (NS2) qoşulması;
- U₂₅ - Qaldırıcı mövqeləşdirici manipulyatorun(QMM2) qoşulması;
- U₂₆ - Gilyotin qayçının (G2) qoşulması;
- U₃₁ - Mövqeləşdirici manipulyatorun (MM2) qoşulması;
- U₃₂ - Sənaye robotunun (SR2) qolunun qoşulması;
- U₃₃ - Sənaye robotunun (SR2) tutqacının qoşulması;
- U₃₄ - Sənaye robotunun (SR2) fırlanma qurğusunun qoşulması;
- U₃₅ - Nəqliyyat sisteminin (NS3) qoşulması;
- U₃₆ - Təmizləyici qurğunun (TQ) qoşulması;
- U₃₇ - MM2-in dayaq nöqtəsinin qoşulması;
- U₄₁ - Mövqeləşdirici manipulyatorun (MM3) qoşulması;
- U₄₂ - Sənaye robotunun (SR3) qolunun qoşulması;
- U₄₃ - Sənaye robotunun (SR3) tutqacının qoşulması;

- U₄₄ - Sənaye robotunun (SR3) fırlanma qurğusunun qoşulması;
- U₄₅ - Nəqliyyat sisteminin (NS4) qoşulması.

ÇİS-in sensorlarının və icra mexanizmlərinin quraşdırıldığı mövqelərin verilənlər bazasının, VƏ, VƏ YA , İNKAR(1) məntiqi əlaqələrindən və «Əgər ...Onda » implikasiyasından istifadə etməklə produksiya qaydaları formalaşdırılır. Bu halda implikasiyanın sol tərəfində ÇİS-in vəziyyətlərini əks etdirən və qlobal VB – dən daxil olan faktlar , sağ tərəfində isə ÇİS –i yeni situasiyaya çevirən idarə siqnalları təsvir olunur.

Adi danışiq dilində produksiya qaydası aşağıdakı nümunədə göstərilən qaydada formalaşdırılır.

- ƏGƏR** NS1 – in ilkin mövqeyində müstəvi səthli təbəqə varsa;
- VƏ QMM1-in masası aşağı vəziyyətdədirsə;
- VƏ QMM1-in dayaq nöqtəsi yuxarı vəziyyətdədirsə;
- VƏ NS1- in son mövqeyində təbəqə yoxdursa;
- ONDA** NS1 –in işə qoşulması şərti ödənilir.

Kompüterin daxili dilində göstərilən produksiya qaydası aşağıdakı kimi təsvir olunur.

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

burada , P1- produksiya qaydasının nömrəsidir. Göstərilən qaydada ekspert tərəfindən təyin edilmiş bütün situasiyalar üçün produksiya qaydaları formalaşdırılır.

- ƏGƏR** QM1 aşağı vəziyyətindədirsə;
- VƏ G1-in qayçısı yuxarı vəziyyətindədirsə;
- VƏ QMM1-in dayaq nöqtəsi yuxarı vəziyyətdədirsə;
- VƏ QMM1 yuxarı vəziyyətindədirsə;
- VƏ QMM1-in dayaq nöqtəsində təbəqə varsa;
- ONDA** G1-in qoşulması şərti ödənilir;
- VƏ QMM1-in açılması şərti ödənilmir.

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

ƏGƏR QMM1-in dayaq nöqtəsi aşağı vəziyyətdədirsə;
VƏ QMM1-in dayaq nöqtəsində təbəqə yoxdursa;
VƏ G1-in qayçısı aşağı vəziyyətindədirsə;
ONDA G1 qoşulmur;
VƏ MM1 qoşulmur;
VƏ G2-in qoşulması şərti ödənilir.

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

ƏGƏR MM1-in masasında təbəqə varsa;
VƏ MM1 aşağı vəziyyətindədirsə;
ONDA MM1-in qoşulması şərti ödənilir.

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

ƏGƏR MM1 yuxarı vəziyyətindədirsə;
VƏ MM1-in masasında təbəqə varsa;
VƏ SR1-in qolu ilkin vəziyyətdədirsə;
VƏ SR1-in tutqacı aşığıdırsa;
ONDA SR1-in qolunun qoşulması şərti ödənilir.

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

ƏGƏR MM1 yuxarı vəziyyətindədirsə;
VƏ MM1-in masasında təbəqə varsa;
VƏ SR1-in qolu son vəziyyətdədirsə;
VƏ SR1-in tutqacı aşığıdırsa;

ONDA SR1-in tutqacının qoşulması şərti ödənilir.

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

ƏGƏR MM1 yuxarı vəziyyətindədirsə;

VƏ MM1-in masasında təbəqə varsa;

VƏ SR1-in qolu son vəziyyətdədirsə;

VƏ SR1-in tutqacı bağlıdırsa;

ONDA SR1-in qolu açılması şərti ödənilir;

VƏ MM1-in açılması şərti ödənilir.

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

ƏGƏR SR1-in qolu ilkin vəziyyətdədirsə;

VƏ SR1-in tutqacı bağlıdırsa;

VƏ SR1-in fırlanma qurğusu ilkin vəziyyətdədirsə;

ONDA SR1-in fırlanma qurğusunun qoşulması şərti ödənilir.

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

ƏGƏR SR1-in qolu son vəziyyətdədirsə;

VƏ SR1-in tutqacı bağlıdırsa;

VƏ SR1-in qolu ilkin vəziyyətdədirsə;

ONDA SR1-in qolunun qoşulması şərti ödənilir.

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

ƏGƏR SR1-in qolu son vəziyyətdədirsə;

VƏ SR1-in tutqacı bağlıdırsa;
VƏ SR1-in fırlanma qurğusu son vəziyyətdədirsə;
ONDA SR1-in tutqacının açılması şərti ödənilir.

(P10) $(X_{47} \& X_{44} \& X_{46}) \rightarrow \lceil U_{22} ;$

ƏGƏR SR1-in qolu son vəziyyətdədirsə;
VƏ SR1-in tutqacı aşığıdırsa;
VƏ SR1-in fırlanma qurğusu son vəziyyətdədirsə;
ONDA SR1-in qolunun açılması şərti ödənilir.

(P11) $(X_{47} \& X_{43} \& X_{46}) \rightarrow \lceil U_{21} ;$

ƏGƏR SR1-in qolu ilkin vəziyyətdədirsə;
VƏ SR1-in tutqacı aşığıdırsa;
VƏ SR1-in fırlanma qurğusu son vəziyyətdədirsə;
ONDA SR1-in fırlanma qurğusunun açılması şərti ödənilir.

(P12) $(X_{42} \& X_{43} \& X_{46}) \rightarrow \lceil U_{23} ;$

ƏGƏR NS2-in ilkin mövqeyində vərəq varsa;
VƏ NS2-in son mövqeyində vərəq varsa;
VƏ QMM2 aşağı vəziyyətdədirsə;
VƏ QMM2-in dayaq nöqtəsi yuxarı vəziyyətdədirsə;
VƏ G2-in qayçısı yuxarı vəziyyətdədirsə ;
ONDA NS2-in qoşulması şərti ödənilir.

(P13) $(X_{53} \& X_{52} \& X_{54} \& X_{56} \& X_{93}) \rightarrow U_{24} ;$

ƏGƏR NS2 işləyirsə;
VƏ MM2-in masasında vərəq varsa;
VƏ QMM2 yuxarı vəziyyətdədirsə;
VƏ QMM2-in dayaq nöqtəsi yuxarı vəziyyətdədirsə;
VƏ G2-in qayçısı yuxarı vəziyyətdədirsə ;
ONDA QMM2-in qoşulması şərti ödənilir.

(P14) $(X_{51} \& X_{61} \& X_{55} \& X_{56} \& X_{93}) \rightarrow U_{25} ;$

ƏGƏR NS2 işləyirsə;
VƏ MM2-in masasında vərəq varsa;
VƏ QMM2-in dayaq nöqtəsi yuxarı vəziyyətdədirsə;
VƏ G2-in qayçısı aşağı vəziyyətdədirsə ;
ONDA QMM2-in açılması şərti ödənilir;
VƏ MM2-in açılması şərti ödənilir;
VƏ MM2-in dayaq nöqtəsi qoşulur.

(P15) $(X_{51} \& X_{61} \& X_{56} \& X_{94}) \rightarrow \neg U_{25} \& \neg U_{31} \& U_{37};$

ƏGƏR MM2-in masasında vərəq varsa;
VƏ SR2-in qolu ilkin vəziyyətdədirsə;
ONDA MM2-in qoşulması şərti ödənilir.

(P16) $(X_{61} \& X_{62}) \rightarrow U_{31} ;$

ƏGƏR MM2-in masasında vərəq varsa;

VƏ SR2-in qolu ilkin vəziyyətdədirsə;
VƏ SR2-in tutqacı bağlıdırsa;
VƏ SR2-in fırlanma qurğusu ilkin vəziyyətdədirsə;
ONDA SR2-in qolunun qoşulması şərti ödənilir.

(P17) $(X_{61} \& X_{62} \& X_{64} \& X_{66}) \rightarrow U_{32} ;$

ƏGƏR M2-in masasında vərəq varsa;
VƏ SR2-in qolu son vəziyyətdədirsə;
VƏ SR2-in tutqacı bağlıdırsa;
ONDA SR2-in qolunun açılması şərti ödənilir.

(P18) $(X_{61} \& X_{63} \& X_{64}) \rightarrow \neg U_{32} ;$

ƏGƏR SR2-in qolu son vəziyyətdədirsə;
VƏ SR2-in qolu ilkin vəziyyətdədirsə ;
VƏ SR2-in tutqacı bağlıdırsa ;
VƏ SR2-in fırlanma qurğusu ilkin vəziyyətdədirsə;
ONDA SR2-in fırlanma qurğusunun qoşulması şərti ödənilir.

(P19) $(X_{63} \& X_{62} \& X_{64} \& X_{65}) \rightarrow U_{34} ;$

ƏGƏR SR2-in qolu ilkin vəziyyətdədirsə ;
VƏ SR2-in tutqacı bağlıdırsa ;
VƏ SR2-in fırlanma qurğusu son vəziyyətdədirsə;
ONDA SR2-in qolunun qoşulması şərti ödənilir.

(P20) $(X_{62} \& X_{64} \& X_{66}) \rightarrow U_{32} ;$

ƏGƏR SR2-in fırlanma qurğusu son vəziyyətdədirsə;;

VƏ SR2-in qolu son vəziyyətdədirsə;
VƏ SR2-in tutqacı bağlıdırsa ;
ONDA SR2-in tutqacının açılması şərti ödənilir.

(P21) $(X_{67} \& X_{63} \& X_{64}) \rightarrow \lceil U_{33} ;$

ƏGƏR SR2-in fırlanma qurğusu son vəziyyətdədirsə;
VƏ SR2-in qolu son vəziyyətdədirsə;;
VƏ SR2-in tutqacı bağlıdırsa;
ONDA SR2-in tutqacının açılması şərti ödənilir.

(P22) $(X_{67} \& X_{63} \& X_{64}) \rightarrow \lceil U_{33} ;$

ƏGƏR SR2-in fırlanma qurğusu son vəziyyətdədirsə;
VƏ SR2-in qolu son vəziyyətdədirsə;;
VƏ SR2-in tutqacı bağlıdırsa ;
ONDA SR2-in fırlanma qurğusunun açılması şərti ödənilir.

(P23) $(X_{67} \& X_{63} \& X_{64}) \rightarrow \lceil U_{34} ;$

ƏGƏR NS3-in ilkin mövqeyində vərəq varsa;
VƏ NS3 işləyirsə ;
VƏ TQ-in işçi zonasında vərəq varsa;
ONDA NS3-in açılması şərti ödənilir.

(P24) $(X_{71} \& X_{72} \& X_{73}) \rightarrow \lceil U_{35} ;$

ƏGƏR MM3-in masasında səthi təmizlənmiş vərəq olarsa;
VƏ MM3 aşağı vəziyyətdədirsə;

VƏ SR3-ün qolu ilkin vəziyyətdədirsə;
ONDA MM3-ün açılması şərti ödənilir.

(P25) $(X_{74} \& X_{75} \& X_{81}) \rightarrow \neg U_{41} ;$

ƏGƏR SR3-ün qolu ilkin vəziyyətdədirsə;
VƏ SR3-ün tutqacı açıqdırsa;
VƏ SR3-in fırlanma qurğusu ilkin vəziyyətdədirsə;
ONDA SR3-in qolunun qoşulması şərti ödənilir.

(P26) $(X_{81} \& X_{83} \& X_{85}) \rightarrow U_{42} ;$

ƏGƏR SR3-in qolu son vəziyyətdədirsə;
VƏ SR3-ün tutqacı açıqdırsa ;
VƏ SR3-in fırlanma qurğusu ilkin vəziyyətdədirsə;
ONDA SR3-ün tutqacının qoşulması şərti ödənilir.

(P27) $(X_{82} \& X_{83} \& X_{85}) \rightarrow U_{43} ;$

ƏGƏR SR3-in qolu son vəziyyətdədirsə;
VƏ SR3-ün tutqacı bağlıdırsa ;
VƏ SR3-in fırlanma qurğusu ilkin vəziyyətdədirsə;
ONDA SR3-in qolunun açılması şərti ödənilir.

(P28) $(X_{82} \& X_{84} \& X_{85}) \rightarrow \neg U_{42} ;$

ƏGƏR SR3-ün qolu ilkin vəziyyətdədirsə;
VƏ SR3-ün tutqacı bağlıdırsa ;
VƏ SR3-in fırlanma qurğusu ilkin vəziyyətdədirsə;

ONDA SR3-ün tutqacının qoşulması şərti ödənilir.

(P29) $(X_{81} \& X_{84} \& X_{85}) \rightarrow U_{43} ;$

ƏGƏR SR3-in fırlanma qurğusu son vəziyyətdədirsə;

VƏ SR3-ün qolu ilkin vəziyyətdədirsə;

VƏ SR3-ün tutqacı bağlıdırsa ;

ONDA SR3-ün tutqacının açılması şərti ödənilir.

(P30) $(X_{86} \& X_{81} \& X_{84}) \rightarrow \neg U_{43} ;$

ƏGƏR SR3-in fırlanma qurğusu son vəziyyətdədirsə;

VƏ SR3-ün tutqacı bağlıdırsa ;

VƏ SR3-ün tutqacı açıqdırsa ;

ONDA SR3-ün fırlanma qurğusu açılması şərti ödənilir.

(P31) $(X_{86} \& X_{84} \& X_{83}) \rightarrow \neg U_{44} ;$

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 asinxonluq və paralellik prinsipləri şərtləri ödənilir.

Beləliklə, 31 produksiya qaydaları və onların kompüterdə emalı nəticəsində 24 idarə mexanizmini situasiyalardan asılı olaraq aktivləşdirən, ÇİS-in idarəetmə alqoritmi formalaşdırılır.

ÇİS-in produksiya qaydaları şəklində idarəetmə alqoritmi aşağıdakı kimi onun real vaxt rejimində fəaliyyətini təmin edir: ardıcıl olaraq ÇİS-in müxtəlif mövqelərində 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 aktivləşərək uyğun icra mexanizmlərini aktivləşdirir və qlobal verilənlər bazası yeni situasiyalar çoxluğu vəziyyətinə keçir. Proses ardıcıl olaraq müəyyən vaxt intervalında avtomatik rejimdə ÇİS-in məqsədinə nail olmaqla tsiklik şəkildə davam edir.

4.2.1. ÇİS-in Petri şəbəkəsi ilə idarəedilməsinin qraf-sxeminin işlənməsi

Qeyd etdiyimiz kimi, Petri şəbəkəsi $\langle P, T, I, O, M_0 \rangle$ beşliyi ilə təyin olunur, burada, P və T – mövqe və keçidlərin sonlu çoxluğu ($P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, $n > 0$ -sonlu mövqelər çoxluğu, $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$, $m > 0$ - sonlu keçidlər çoxluğu), I və O – giriş və çıxış funksiyalarının çoxluğudur ($I : P \times T \rightarrow (0, 1, \dots)$, $O : T \times P \rightarrow (0, 1, \dots)$). $M_0 : P \rightarrow \{0, 1, \dots\}$ – başlanğıc markerləşmədir. Tədqiqat obyektini kimi seçilmiş ÇİS-in Petri şəbəkəsi ilə idarəedilməsi üçün 18 mövqe və 13 keçid müəyyən edilmişdir [33,s.299]:

Mövqelər:

P1 - NS1-in işə salınması

P2- G1 gilyatinin işinin nizamlanması

P3- G1- də kəsmə əməliyyatına nəzarət (upor) – yəni 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) – yəni 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 vasitəsilə 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

ÇİS-in Petri şəbəkəsinin giriş və çıxış şərtləri aşağıdakı kimi təyin olunur.

| Sistemin vəziyyəti | Giriş şərtləri | Çıxış şərtləri |
|---|--|--|
| t ₁ texnoloji əməliyyatın əvvəli | P ₁ , P ₂ , P ₃ | P ₄ , P ₂ |
| t ₂ texnoloji əməliyyatın sonu | P ₄ | P ₅ |
| t ₃ texnoloji əməliyyatın əvvəli | P ₂ , P ₅ | P ₂ , P ₃ , P ₆ |

| | | |
|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| t_4 texnoloji əməliyyatın sonu | P_2, P_6 | P_8, P_7 |
| t_5 texnoloji əməliyyatın əvvəli | P_8, P_7, P_{10} | P_7, P_9 |
| t_6 texnoloji əməliyyatın sonu | P_9 | P_{11} |
| t_7 texnoloji əməliyyatın əvvəli | P_{11}, P_7 | P_7, P_{12}, P_{10} |
| t_8 texnoloji əməliyyatın sonu | P_7 | P_2 |
| t_9 texnoloji əməliyyatın əvvəli | P_7, P_{12} | P_{13}, P_{18} |
| t_{10} texnoloji əməliyyatın sonu | P_{13}, P_{10}, P_{15} | P_{14}, P_{18} |
| t_{11} texnoloji əməliyyatın əvvəli | P_{14} | P_{16} |
| t_{12} texnoloji əməliyyatın sonu | P_{16}, P_{18} | P_{17}, P_{15}, P_{18} |

ÇİS-in Petri şəbəkəsinin \mathbf{I} və \mathbf{O} – giriş və çıxış funksiyalarının çoxluğunu təyin edək.

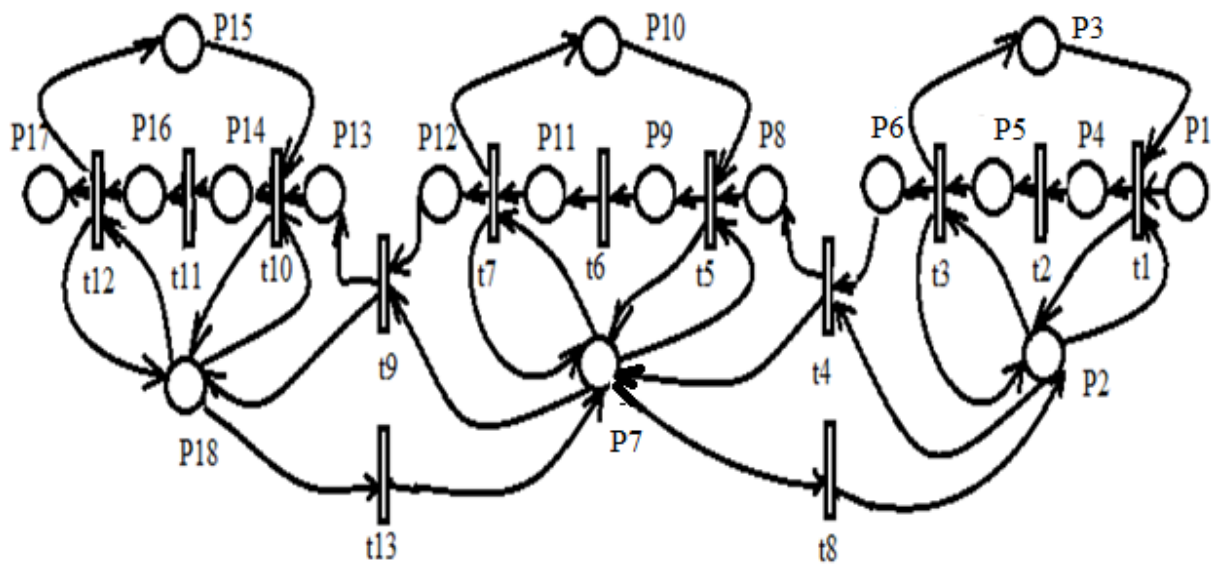
$\mathbf{I} : P \rightarrow T^\infty, \mathbf{O} : P \rightarrow T^\infty$ burada,

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

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

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

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



Şəkil 4.2. ÇİS-in Petri şəbəkəsi ilə idarəedilməsinin qraf-sxemi

IV fəsildə alınmış nəticələr

1. Göstərilmişdir ki, ÇİS-in imitasiya modelləşdirilməsində imitasiya modelinin idarəedilməsi və nəticələrin zaman Petri şəbəkəsi ilə imitasiyasında idarə siqnallarının formalaşdırılması diskret zaman intervallarında baş verir və idarə olunan obyektə idarə sistemi arasındakı əlaqə müxtəlif situasiyaları nəzərə almadan yerinə yetirilir. Odur ki, ÇİS-in real obyektə zaman Petri şəbəkəsi şəklində idarə alqoritmi tətbiq oluna bilmir.

2. ÇİS-in real istehsalda tətbiqi üçün onun real vaxt rejimində fəaliyyətini təmin edən, əks əlaqə hissiyyat elementləri və iş prosesində müxtəlif situasiyaları identifikasiya edən sensorlarla təmin edilmiş mövqeli idarəetmə sistemi yaradılmışdır.

3. 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 bazası yaradılmışdır.

4. Verilənlər bazası əsasında obyektin müxtəlif situasiyalarını nəzərə alan vəziyyətlər çoxluqlarına uyğun produksiya qaydaları şəklində biliklər bazası yaradılmışdır.

5. Dinamiki produksiya sisteminin fəaliyyət prinsipi əsasında qlobal verilənlər bazasından daxil olan informasiyalara uyğun olaraq biliklər bazasından şərtləri ödənilən və bir-birini inkar etməyən idarə siqnallarını formalaşdıran idarəetmə alqoritmi işlənmiş, eyni zamanda idarə alqoritminin Petri şəbəkəsinin elementləri ilə realizasiyasına da baxılmışdır.

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 məqsədə uyğunluğu 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 alqoritminə uyğun olaraq imitasiya modelinin kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi aparılmış, imitasiyanın nəticələri animasiya üsulları ilə təsvir olunmuşdur.

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 global verilənlər və produksiya qaydaları şəklində biliklər bazaları yaradılmış və ÇİS-in real obyektə idarəetmə alqoritmi işlənmişdir.

İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

Azərbaycan dilində

1. 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.Nö 4 , -s.64-71.
2. Əhmədov, M.A. ÇİS-in avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alərinin arxitekturasına qoyulan tələbatların təyini/ M.A.Əhmədov, H.M.Məhəmmədli// SDU-nun Elmi xəbərləri, Təbiət və texniki elmlər bölməsi, -Sumqayıt:- 2010.Nö 4 , -s.46-48.
3. Əhmədov,M.A. İnformasiya sistemlərinin avtomatlaşdırılmış modelləşdirilməsi və tədqiqi üsulları. Dərs vəsaiti/M.A.Əhmədov, H.M.Məhəmmədli - Sumqayıt: -2015.- s.137.
4. 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.
5. Əhmədov,M.A. Çevik istehsalat sistemlərinin fəaliyyətinin sonlu avtomatlar şəklində təsvirinin Petri şəbəkələrinə avtomatlaşdırılmış çevrilməsi alqoritmi/ M.A.Əhmədov,Z.Ə Sadıqov, S.M. Əhmədova // SDU-nun Elmi xəbərləri, Təbiət və texniki elmlər bölməsi,- Sumqayıt: -2004.Nö2, - s.65-70.
6. 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.
7. 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.

8. Əhmədova, S.M., Məhəmmədli, H.M., Nəsirova, E.Ə., Əliyev E.İ. ÇİS-in struktur modelinin animasiya avtomatlaşdırmış 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.

9. Əhmədov,M.A. Mürəkkəb sistemlərin kompüter modelləşdirilməsi ilə tədqiqinin müasir vəziyyətinin təhlili / M.A.Əhmədov,S.M.Əhmədova, H.M.Məhəmmədli [və b.] // SDU-nun Elmi xəbərləri, Təbiət və texniki elmlər bölməsi, -Sumqayıt: -2012. №4, - s.88-95.

10. 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.

11. Əhmədov,M.A. Çevik istehsal sistemlərinin imitasiya modelləşdirilməsində süni intellekt üsullarının tətbiqinin müqayisəli analizi / M.A.Əhmədov,S.M.Əhmədova, H.M.Məhəmmədli,[və b.] // SDU-nun Elmi xəbərləri, Təbiət və texniki elmlər bölməsi, -Sumqayıt: - 2013.№ 2 ,- s. 65-72.

12. Əhmədova, S.M., Məhəmmədli, H.M. Xammalın tələb olunan ölçülərdə vərəqlərə doğranılması çevik istehsal 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.

13. Əhmədov,M.A. Robotların və onların əsasında çevik istehsalların idarəetmə sistemlərinin analizi və tədqiq sahələrinin təyini/ M.A.Əhmədov, A.Ə. Dövlətzadə // SDU-nun Elmi xəbərləri, Təbiət və texniki elmlər bölməsi, -Sumqayıt: -2016.№ 3, - s. 50-58.

14. Əhmədov, M.A., Əhmədova, S.M., Süni intellekt üsulları ilə çevik istehsal sistemlərinin kompüter modelləşdirilməsi // İqtisadiyyatın davamlı inkişafı

problemlər, perspektivlər, Beynəlxalq elmi konfransının materialları,- Sumqayıt: -27 aprel - 28 aprel ,- 2016,- s.167-169.

15. 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.

16. 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.

17. Əhmədova, S.M., Çevik istehsal modulunun RAO-studio program 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.

18. Əhmədova, S.M. İmitasiya modelləşdirilməsi alqoritminin işlənməsi və onun çevik istehsal sisteminin tədqiqinə tətbiqi //- Sumqayıt: SDU-nun Elmi xəbərləri, Texniki elmlər bölməsi, - 2019. № 3,- s. 64-71.

19. Heydərov, X.M., Əhmədova, S.M. Diskret sistemlərdə intellektual analiz və qərar qəbulu məsələsi// Mikroelektron çeviricilər və onların əsasında hazırlanan cihazlar V elmi-texniki beynəlxalq konfransının materialları,-Sumqayıt-2007, s. 219-220.

20. Məmmədov, C.F. Çevik istehsal modulunun kompüter layihələndirilməsi üçün intellektual informasiya təminatının yaradılması / C.F.Məmmədov, T.A.Tağıyeva, S.M.Əhmədova [və b.]// Azərbaycan respublikası Təhsil Cəmiyyəti “Bilgi” dərgisi, Fizika-riyaziyyat, yer elmləri, -Bakı: -2002.№3, -s.37-43.

21. Məhəmmədli, H.M. Biliklər bazası produksiya modelləri ilə təsvir olunmuş çevik istehsal sisteminin idarə alqoritmi // -Bakı: İnformasiya Texnologiyaları Problemləri, -2011.№ 1(1), - s. 24-28.

22. Məhəmmədli, H.M. Nasos-kompressor boruları çevik istehsal sisteminin idarə olunmasının avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsi modellərinin tədqiqi, alqoritmlərinin işlənməsi: / texnika üzrə fəlsəfə doktoru dissertasiyanın avtoreferatı)/ - Bakı, 2012.-24 s.

Rus dilində

23. Алиев, Р.А. Микропроцессорная система управления автоматизированным участком в производстве испарителей / Р.А.Алиев, Н.М.Кязимов, М.А.Ахмедов // Механизация и автоматизация производства, - Москва: -1987. №1, - с.16-17.

24. Алиев, Р.А. Модели описания поведения активных элементов ГАУ образования канала в алюминиевых испарителях / Р.А.Алиев, Н.М.Кязимов, М.А.Ахмедов [и др.] // Известия Академии наук Азербайджанской ССР, серия физико-технических и математических наук, -Баку:,- 1987. №5,- с.134-143.

25. Алиев, Р.А. Автоматизация моделирования гибких автоматизированных участков с применением сети Петри / Р.А.Алиев, Н.М.Кязимов, М.А.Ахмедов [и др.] // Гибкие автоматизированные системы и робототехника,- Москва: -1991. №5,- с.43-47.

26. Алексеев, С.И. CALS технологии: инструментарий имитационно-анимационного моделирования // Сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации, - Москва:-25 ноября - 2 декабря -2018,- с. 16-18.

27. Андриюшкевич, С.К. Разработка системы мониторинга с использованием имитационного моделирования / С.К.Андриюшкевич, С.С. Журавлев, Е.П. Золотухин // Проблемы информатики,-Новосибирск:- 2010.№4, -стр.65-75.

28. Автоматизация проектирования гибких производственных систем / Р. И. Сольницев, А. Е. Кононюк, Ф. М. Кулаков. – Ленинград: Машиностроение, -1990. – 415 с.

29. Аксенов, К.А., Антонова, А.С., Ростунцева, А.Г, Ростунцев, С.Д., Айзатуллов, А.М., Разработка модели электросталеплавильного цеха в системах имитационного моделирования RAO-STUDIO и автоматизированной системе выпуска металлургической продукции// Седьмая всероссийская научно-практическая конференция «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД-2015,- Москва: - 21 октября -23 октября,-2015,- с.3-8.

30. 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.

31. 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.

32. Ахмедова, С.М., Магомедли, Х.М. Разработка алгоритма управления на основе производственных правил ГПИМ 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.

33. 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 Химика 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.

34. 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.

35. 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: -4 апреля – 5 апреля, -2019,- с. 493-503.

36. 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.

37. Бабина, О.И. Анализ современного состояния и перспектив развития имитационного моделирования// - Москва: Статистика и Экономика,- 2014. № 6,-с.205-210.

38. Барабанов, Г. П. Повышение эффективности автоматизированного производства на основе имитационного моделирования / Г.П.Барабанов, Д.С.Парыгин // Известия Волгоградского государственного технического университета,- Волгоград: - 2008. №4,- с.59-63.

39. Баранов, А. А.Подсистема имитационного моделирования работы производственных линий / А. А.Баранов, А. Р.Денисов , М. Г. Левин // Управление большими системами,- Москва :-2008. №21,- с.173-185.

40. Баландина, Е.А. Обзор и анализ средств моделирования / Е.А. Баландина, С.В.Тимошенко // Современные проблемы науки и образования,- - Москва :- 2014. №3,- с.691-699.

41. Большаков, А. С. Моделирование в менеджменте/ А.С.Большаков, - Москва: Филинь,- 2000.- 464 с.

42. Брюханов, В.Н. От проектирования участков и цехов к построению гибких производственных систем // Вестник МГТУ «Станкин», - 2010.№2(10) , - с.56-61.
43. Брюханов, В.Н. Принципы создания интеллектуальной технологии / В.Н. Брюханов, М.Г.Косов, С.П.Протопопов // Вестник машиностроения, - Москва, -1991.№8,- с.39-41.
44. Вендров, А. М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем /А.М.Вендров.-Москва: Финансы и статистика, -1998. - с. 98.
45. Волчков,С.А. Бизнес-моделирование для совершенствования деятельности промышленного предприятия/ Волчков С.А, Балахонова И.В. // ЦИТ «Платон» "КомпьютерПресс", - Москва:- 2001. №11, -с.4-11.
46. Воевода,А.А. Моделирование сетей Петри в CPN Tools / А.А.Воевода, Д.О.Романников // Сборник научных трудов НГТУ, - Новосибирск: - 2008. № 3(53),- с.49-54.
47. Воевода, А.А. Временные сети и диаграммы UML / А.А.Воевода, Д.О.Романников//Сборник научных трудов НГТУ,-Новосибирск:-2010.№ 1(59), -с.79-84.
48. Возный, А. М. Имитационное моделирование ИТ - проектов на основе сетей Петри / А. М. Возный, К. В.Кошкин, Н. Р. Кнырик // Вісник НТУ «ХПІ». Сер. Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Харків: -2015. № 1 (1110),-с. 24–28.
49. Горбатов, В.А. Проектирование и исследование динамических моделей горных машин на основе скриптов трёхмерных графических редакторов / В.А.Горбатов, Н.В.Фёдоров., А.О.Аристов// Горный информационно-аналитический бюллетень. –Москва : - 2010. №6,- с. 199-205.
50. Емельянов, В.В. Введение в интеллектуальное имитационное моделирование сложных дискретных систем и процессов. Язык РДО. / В.В.Емельянов, С.И. Ясиновский – Москва : Анвик, -1998.- 426 с.

51. Емельянов, В.В. Система планирования транспортных перевозок в условиях города / В.В.Емельянов, А.В.Урусов, О.Б.Соболь // Перспективные информационные технологии и интеллектуальные системы, - Москва: - 2002. №10. - с.37-42.
52. Емельянов, В.В. RAO-studio для разработки имитационных моделей / В.В. Емельянов, А.В.Урусов, П.А.Захаров [и др.] // Известия ЮФУ. Технические науки, - Таганрог: 2004. - Москва: ,№3.с.157-162.
53. Емельянов,В.В. RAO-studio: инструментарий для интеллектуального имитационного моделирования / В.В. Емельянов, А.В. Барс, П.А .Захаров [и др.] // Научная сессия МИФИ, - Москва: - 2005.№ 3, - с.49-50.
54. Емельянов, В.В. RDO-studio: инструментарий для интеллектуального имитационного моделирования / В.В. Емельянов, А.В. Барс, П.А .Захаров [и др.] //Программные продукты и системы, -Тверь: -2006.№ 2 , - с.2-5.
55. Емельянов, В.В. Имитационное моделирование системы/ В.В.Емельянов, С.И.Ясиновский. - Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, -2009,- 584 с.
56. Жуломанова, М.М. Настройка анимации имитационной модели в среде Agena //-Омск:Вестник современных исследований,- 2018. № 1.1 (16) ,- с. 108-111.
57. Зеленский,В.А. Имитационное моделирование производственных процессов с помощью сетей Петри. / В.А.Зеленский, В.П.Коннов , А.И. Щодро //Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение,-Самара: 2014.№.7(38), с.137-142.
58. Ивутин, А.Н. Теория сетей Петри и ее расширения / А.Н.Ивутин, Е.И.Дараган // Известия ТулГУ,Технические науки., -Тула: 2012.№10, - с.211-221.
59. Исследование операций / Под ред. Дж..Моудера, С.Элмаграби .[в 2 томах].- Москва: Мир, -т.1. -1981. - 712 с.

60. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологий- / Г.С. Поспелов. - Москва: Наука, -1988.- 280 с.
61. Карпов, Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5/ Ю.Г. Карпов. - Санкт-Петербург, БХВ-Петербург,-2006.- 400 с.
62. Кульга, К.С., Китаев, А.А. Совершенствование проектирования компоновок ГПС на основе создания программного обеспечения компьютерного моделирования.// В сборнике: Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. Оренбургский государственный университет.- Оренбург: - 2017. - с. 449-453.
63. Котов, В.Е. Сети Петри / В.Е. Котов. - Москва: Наука,-1984.- 160 с.
64. Колосов, Д.М., Аксенов,К.А. Сравнительный анализ систем имитационного моделирования RDO И VPsim2// III Всероссийская научно-практическая конференция «Имитационное моделирование. Теория и практика», - Санкт-Петербург: -2007,-с.271-275.
65. Лескин,А. А. Сети Петри в моделировании и управлении / А. А. Лескин, П. А. Мальцев, А. М. Спиридонов - Ленинград: Наука, -1989, 133 с.
66. Лорьер, Ж.Л. Системы искусственного интеллекта. / Ж.Л. Лорьер . Пер. с франц. - Москва: Мир, -1991, -568. с.
67. Луговская,Л.П. Многоверсионное имитационное моделирование гибких производственных систем /Л.П.Луговская, Н.А. Скаткова, В.И.Пономаренко //Вісник СевНТУ. Вип. 101: Інформатика, електроніка, зв'язок: зб. наук. пр. -Севастополь: СевНТУ, -2010, -с.10-15
68. Лысенко,И.В. Типология и структура высокотехнологичных гибких систем и модулей для дискретного производства // -Тольятти: Вестник Волжского Университета им. В.Н. Татищева,- 2010. №15, -с.5-8.
69. Максимей, И. В. Имитационное моделирование на ЭВМ: Монография / И. В.Максимей.- Москва:Радио и связь, -1988.-232с.

70. Максимов, А.И. Построение имитационных моделей в инструментальных средах AnyLogic и Rao-Studio / А.И. Максимов // Естественные и технические науки, - 2007.№6, с. 24-27.

71. Мамедов, Дж.Ф. Разработка программного обеспечения автоматизированного проектирования компоновочной структуры ГПС/ Дж.Ф.Мамедов, С.М.Ахмедова., Н.М.Керимова // Азербайджанский Технический Университет, Ученые записки, -Баку : -2006.№ 4, -с.39-41.

72. 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.

73. Марка, Д. А., МакГоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования. – Москва: МетаТехнология, 1993, 240 с.

74. Мартынов, В. Г., Масыгин В. Б. Применение сетей Петри при моделировании управления технологическими процессами сборочного производства / В. Г. Мартынов, В.Б.Масыгин // Омский Научный Вестник,- Омск:- 2014. №1 (127),- с.134-137.

75. Мартынов, В.Г. Математическое моделирование процессов в ГПС// -Омск: Россия молодая: передовые технологии – в промышленность!, - 2013. № 1, - с. 080-081.

76. Манжай, И.С., Урусов, А.В.,Использование лингвистических переменных при описании образцов операций в РДО-моделях// III Всероссийская научно-практическая конференция «Имитационное моделирование. Теория и практика», - Санкт-Петербург: -2007, -с.177-181.

77. Михайлишин ,А.Ю. Разработка научно-методического обеспечения для имитационного моделирования функционирования сложных систем // - Томск: Открытое и дистанционное образование, -2002.№ 4(8), - с.34-35

78. Микропроцессорные системы управления в робототехнике / Под ред. И.М.Макарова, Д.Е.Охоцилеского, Е.П.Попова. - Москва :Наука,- 1984, -176 с.
79. Питерсон,Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: Пер. с англ. /Дж. Питерсон. – Москва: Мир, -1984, -264 с.
80. Полетаев, В.А. Создание концепции имитационного моделирования автоматизированных производственных систем / В.А. Полетаев, В.В. Зиновьев, А.Н. Стародубов // Вестник КузГТУ. - 2010. №5. - с. 113-118.
81. Полетаев, В.А. Анимационное представление автоматизированных производственных систем / В.А. Полетаев, В.В. Зиновьев, А.Н. Стародубов // Вестник КузГТУ. - 2010. №6. - с. 102-104.
82. Прицкер, А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМ II. / А. Прицкер.- Москва: Мир,-1987.- 645 с.
83. Халимон,В.И. Программный комплекс имитационного моделирования объектов управления с помощью сетей Петри / В. И. Халимон, В. Н. Федоров , О. В. Проститенко [и др.] // Информационные системы и технологии. - Санкт-Петербург: – 2012. № 3(71), -с. 46-50.
84. Поспелов, Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления/ Д.А. Поспелов,- Москва: Энергоатомиздат,-1981.-232 с.
85. Рапопорт, Б. М. Инжиниринг и моделирование бизнеса/ Б. М. Рапопорт – Москва: Тандем, -2001.- 240 с.
86. Рудометов, С.В. Визуально-интерактивная система имитационного моделирования технологических систем // - Новосибирск: Вестник Сиб ГУТИ, - 2011. №3,- с.14-26.
87. Системы очувствления и адаптивные промышленные роботы / В.Б.Брюшин, Ю.Г.Войлов, Ю.Д.Жаботинский [и др.].: Под общ.ред.Е.П.Попова и В.В.Клюева.- Москва:Машиновведение,-1986,-56 с.
88. Советов, Б.Я. Моделирование систем: учебник для вузов. / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. . - Москва: Высшая школа,- 2001. - 343 с.

89. Сочнев, А.Н. Некоторые вопросы формирования имитационных моделей дискретного производства на основе сетей Петри.// -Воронеж: Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии,- 2013.№.2, с.112-117.
90. Сочнев,А.Н. Сетевые модели в системах управления производством/ А.Н. Сочнев.– Красноярск : Сиб. федер. ун-т, -2013,-160 с.
91. Сочнев, А. Н., Модификация механизма срабатывания переходов сетей Петри.// - Красноярск: Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies -2013. №.8, с.911-919.
92. Сорока, Р.И., Бережной, В.В., Алексеев, С.И. Унификация имитационно-анимационных средств программирования для поддержки принятия управленческих решений // Материалы международной научно-практической конференции. Ценности и интересы современного общества,- Москва:-25 сентября-29 сентября 2015. с. 154-158.
93. Справочник по САПР/ А.П. Будя, А.Е. Кононюк, К.П. Куценко [и др.]; Под ред. В.И. Скурихина. - Киев: Техника, 1988. - 375 с.
94. Слепцов, А.И. Автоматизация проектирования управляющих систем ГАП./ А.И.Слепцов, А.А. Юрасов - Москва: Техника, -1986. - 159 с.
95. Степаненко,В.Е. Метод имитационного моделирования организации производственных процессов с использованием расширенных сетей Петри / В. Е Степаненко, Д.Н. Фролов, Б.Н. Марьин// - Комсомольск-на-Амуре: Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета «Науки о природе и технике» - 2011. № III - 1(7) . - с.71-78.
96. Стеценко, И.В. Теоретические основы Петри-объектного моделирования систем.// -Киев: Математичні машини і системи, -2011. № 4,- с.136-148
97. Технология имитационного моделирования систем управления промышленных предприятий / А. И. Якимов. – Могилев : Белорусско-Российский университет, -2010. - 304 с.

98. Урусов, А.В. Развитие интегрированной интеллектуальной среды РДО в МГТУ им.Н.Э.Баумана: итоги и перспективы// Международная научно-техническая конференция, посвященная 65-летию со дня рождения В.В.Емельянова «Интеллектуальные системы и компьютерно-интегрированные производства», - Москва, 27 января – 29 января,- 2014.

99. Умаралиев, Р.Ш. Имитационное моделирование технологических процессов термической обработки в среде RDO/ М.И.Исмоилов, Ф.С.Пиров. Р.Ш.Умаралиев // - Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки, –Орел: - 2011.№ 3 (41) , - с. 54-60.

100. Федотова, Д.Э. CASE-технологии / Д. Э. Федотова, Ю. Д.Семенов, К. Н. Чижик– Москва: Горячая линия – Телеком, - 2005, -160 с.

101. Шеннон, Р. Ю. Имитационное моделирование систем / Р.Ю. Шеннон.- Москва: Мир, -1978,-420 с.

102. Шестаков, А. М. Моделирование программы таксономии технологий изготовления деталей машиностроительного профиля с помощью сетей Петри // - Тверь: Программные продукты и системы,- 2014. №2 (106), -с.161-164.

103. Шебеко, Ю. А. Имитационное моделирование и ситуационный анализ бизнес-процессов принятия управленческих решений / Ю. А. Шебеко– Москва: Диаграмма,- 1999,-235с.

104. Шрайбер, Т.Д. Моделирование на GPSS/ Т.Д.Шрайбер - Москва: Машиностроение,-1980, -592 с.

105. Якимов, И.М.Моделирование сложных систем в имитационной среде AnyLogic / И.М. Якимов., А.П.Кирпичников , В.В.Мокшин //Вестник Казанского Технологического Университета,-2014. № 13 , -с. 352-357.

İngilis dilində

106. Akhmedova,S.M. Research of a flexible production system by methods of imitating modeling at a stage of sistemotechnical design//-Moscow, Software systems and computational methods-2019. № 4,- c. 77-86.

107. Henriksen, J.O. Windows-Based Animation with Proof // Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Piscataway, New Jersey,USA , -1998 , p. 241–248.

108. Mamedov,J., Akhmedova,S., Mirzoeva,I., Zulfiqarov,R. Agent technology of computer design of flexible manufacturing system // Baku State University,Vinnytsia National Texnical university,St.Cyril and St.Methodius university of Veliko Turnovo,PROCEEDINGS of the International Conference, Baku : -2004,- p. 587-590.

109. 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.

110. Pedgen, D.S.Introduction to Simulation Using SIMAN 2nd./ D.S. Pedgen, R.P. Sadowski, R.E.Shannon- New York, USA:McGraw-Hill, Inc., -1995, - 546 p.

111. G2 Reference Manual. Version 3.0 // Gersym Corp. Cambridge, MA, USA,-1993

İnternet resursları

112. GPSS World. - 03.03.2011.-URL: <http://www.minutemansoftware.com/simulation.htm>

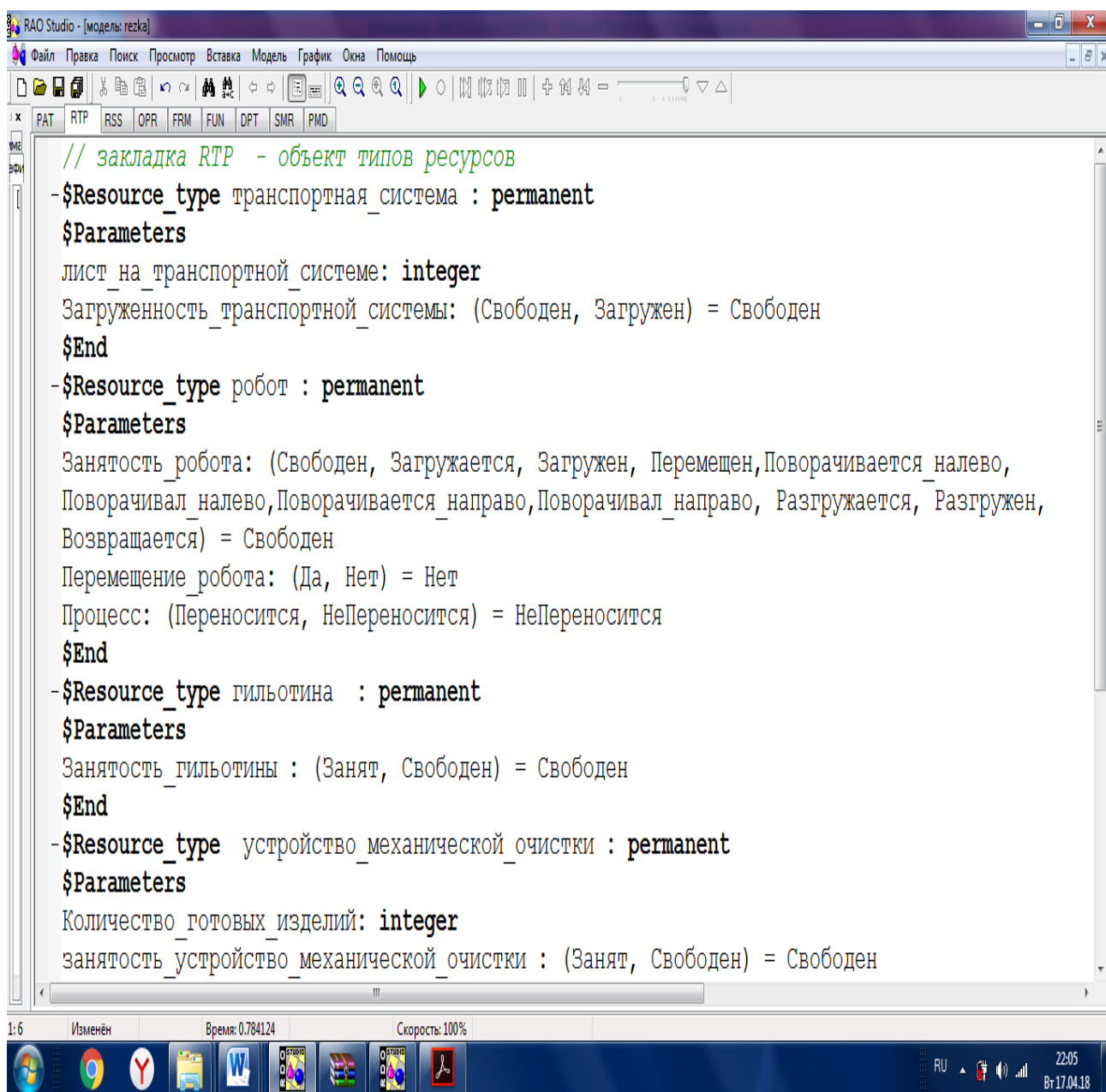
113. <https://sourceforge.net/projects/visual-petri/>

114. Матющенко, А. А. Обзор программных средств моделирования сетей Петри. Автоматизация технологических і бизнес-процесів Volume 7, Issue 3 - 2015. <http://oaji.net/articles/2017/1004-1484520217.pdf>

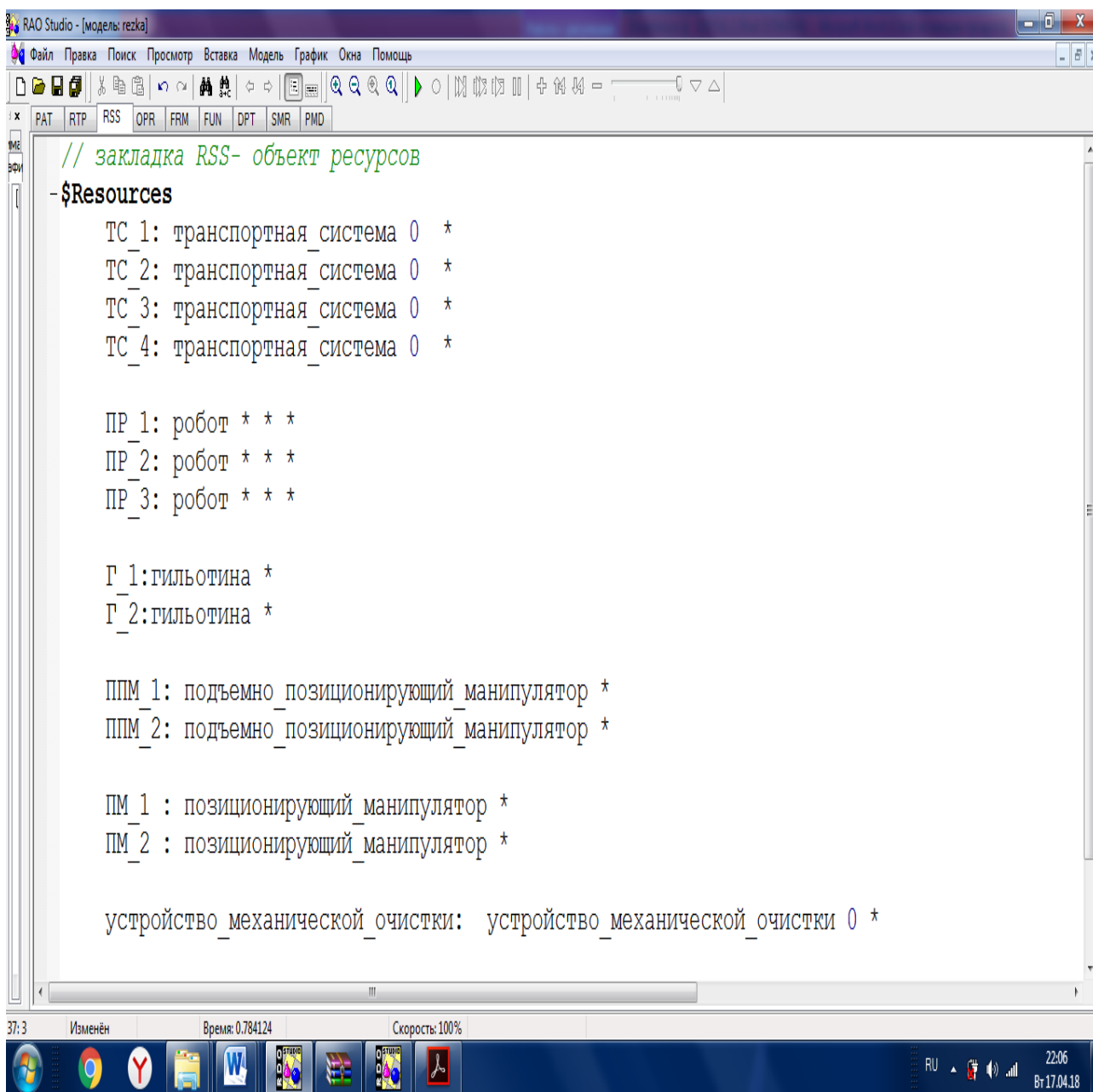
115. Mammadov, J.F., Tagiyeva, T.A., Akhmedova, S.M., Aliyeva, A.Q. Interface for Intelligence Computing Design and Option of Technical Systems . Intelligent Control and Automation, 2015, 6, 289-294. Published Online November 2015 in SciRes. <http://www.scirp.org/journal/ica>, <http://dx.doi.org/10.4236/ica.2015.64026>
116. Окаи, Джордж Эссах Яо, Богатиков, В.Н., Ключин, Ю., Моделирование технологических процессов производства твердых лекарственных форм на основе сети Петри // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». Том 7, -2015. №2, <https://naukovedenie.ru/PDF/63TVN215.pdf>
117. Пуховский, С.С., Поддубный, К.С. Тактика имитационного моделирования гибких производственных систем http://www.rusnauka.com/12_KPSN_2010/Tecnic/63070.doc.htm
118. Ростунцева, А.Г., Антонова, А.С. Аксенов, К.А. [и др.] / Моделирование организационных процессов совершенствования металлургического производства Электронный научный журнал Современные проблемы науки и образования. – 2015. № 1 (часть 1) <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18782>
119. Сочнев, А. Н., Оптимизация загрузки гибкого производственного комплекса на основе управляемой генетическим алгоритмом раскрашенной сети Петри / Информационно-управляющие системы. 2012. №6 (61). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-zagruzki-gibkogo-proizvodstvennogo-kompleksa-na-osnove-upravlyaemoy-geneticheskim-algoritmom-raskrashennoy-seti-petri>
120. RAO-studio. Руководство пользователя <https://docs.google.com/document/d/1ZXs5Z2WHvjhttps-TbaottjsF27MaJdfnn-ztv5R5gI/edit>
121. rdo.rk9.bmstu.ru.
122. <http://www.daimi.au.dk/CPNTools/>.
123. <http://rdostudio.raox.ru/>
124. <http://simulation.su/static/ru-soft.html>

ՊԼԱՎՈՒԹՅԱՆ

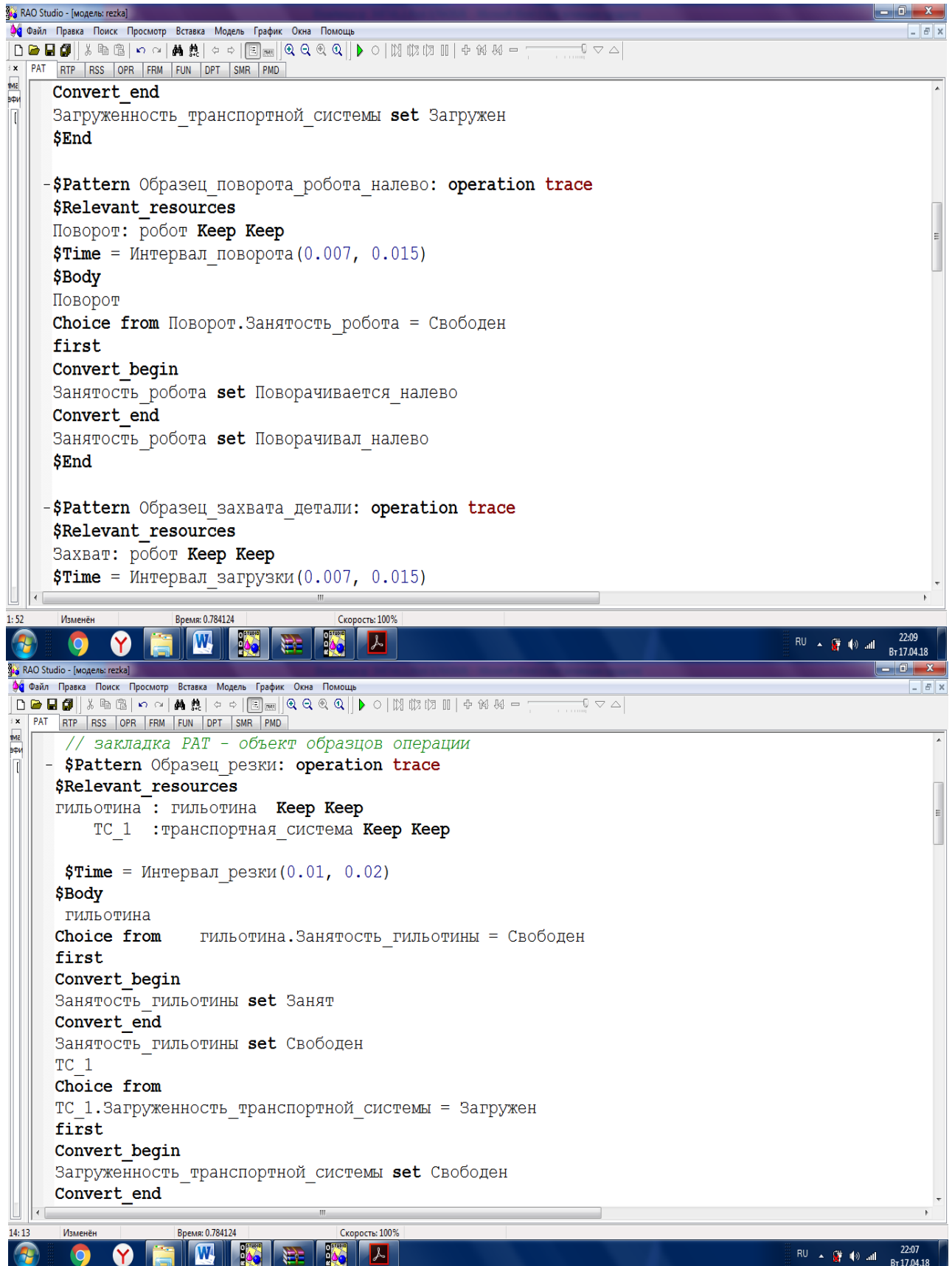
Ümumiləşdirilmiş bazaların yaradılması pəncərəsi



ÇİS-in resurslar bazasının yaradılması pəncərəsi



Hadisələr bazasını yaradan pəncərələr




```
RAO Studio - [модель: rezka]
Файл Правка Поиск Просмотр Вставка Модель График Окна Помощь
PAT RTP RSS OPR FRM FUN DPT SMR PMD
$End
-$Pattern Образец поворота_детали_направо: operation trace
$Relevant_resources
Поворот: робот Keep Keep
$Time = Интервал поворота(0.007, 0.015)
$Body
Поворот
Choice from Поворот.Занятость_робота = Перемещен
first
Convert_begin
Занятость_робота set Поворачивается_направо
Convert_end
Занятость_робота set Поворачивал_направо
$End
-$Pattern Образец выгрузки_детали: operation trace
$Relevant_resources
Выгрузка: робот Keep Keep
$Time = Интервал выгрузки(0.007, 0.015)
$Body
Выгрузка
1:95 Изменён Время: 0.784124 Скорость: 100%
RU 22:11 Br 17.04.18
```

```
RAO Studio - [модель: rezka]
Файл Правка Поиск Просмотр Вставка Модель График Окна Помощь
PAT RTP RSS OPR FRM FUN DPT SMR PMD
Choice from Захват.Занятость_робота = Поворачивал_налево
first
Convert_begin
Занятость_робота set Загружается
Convert_end
Занятость_робота set Загружен
$End
-$Pattern Образец переноса_детали: operation trace
$Relevant_resources
Перенос: робот Keep Keep
$Time = Интервал перемещения(0.009, 0.017)
$Body
Перенос
Choice from Перенос.Занятость_робота = Загружен
and Перенос.Перемещение_робота = Нет
first
Convert_begin
Перемещение_робота set Да
Convert_end
Занятость_робота set Перемещен
Перемещение_робота set Нет
1:65 Изменён Время: 0.784124 Скорость: 100%
RU 22:09 Br 17.04.18
```

```
RAO Studio - [модель: rezka]
Файл Правка Поиск Просмотр Вставка Модель График Окна Помощь
PAT RTP RSS OPR FRM FUN DPT SMR PMD
Choice from Выгрузка.Занятость_робота= Поворачивал_направо
first
Convert_begin
Занятость_робота set Разгружается
Convert_end
Занятость_робота set Разгружен
$End

-$Pattern Образец_возврата_робота: operation trace
$Relevant_resources
Возврат: робот Keep Keep
$Time = Интервал_выгрузки(0.009, 0.017)
$Body
Возврат
Choice from Возврат.Занятость_робота = Разгружен
first
Convert_begin
Занятость_робота set Возвращается
Convert_end
Занятость_робота set Свободен
$End

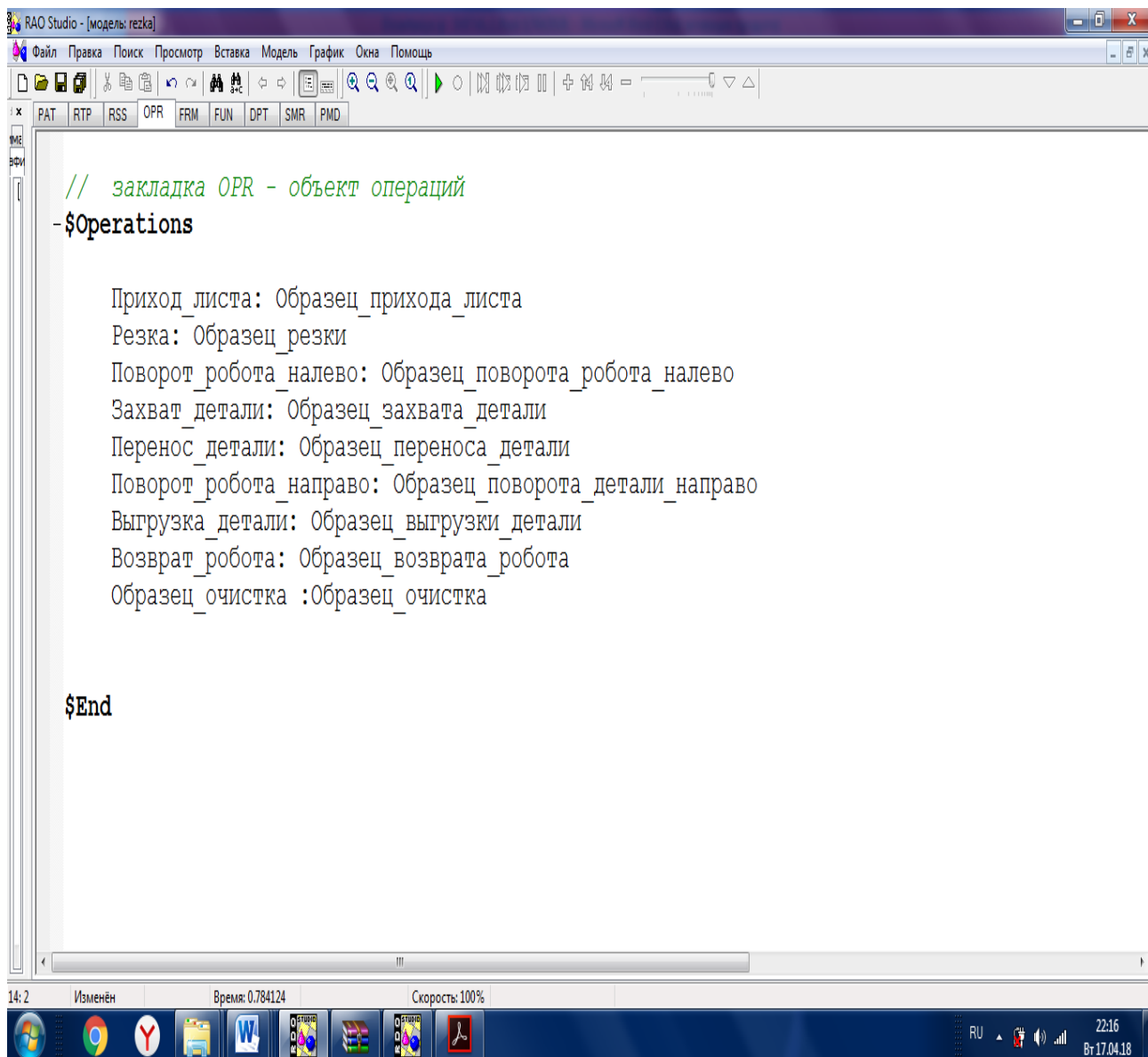
1:108 Изменён Время: 0.784124 Скорость: 100%
RU 22:12
Br:17.04.18
```

```
RAO Studio - [модель: rezka]
Файл Правка Поиск Просмотр Вставка Модель График Окна Помощь
PAT RTP RSS OPR FRM FUN DPT SMR PMD
first
Convert_begin
Занятость_робота set Возвращается
Convert_end
Занятость_робота set Свободен
$End

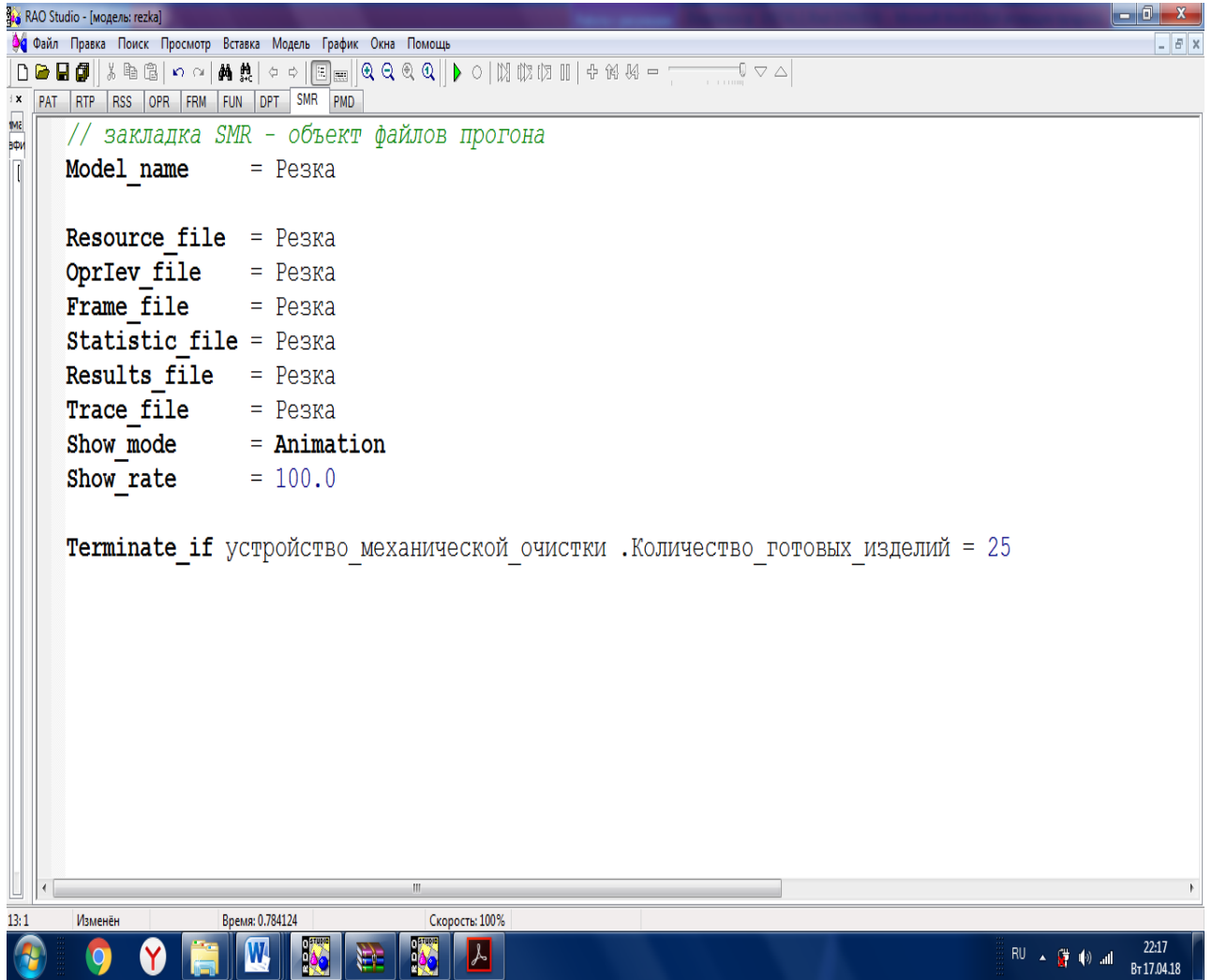
-$Pattern Образец_очистка: operation trace
$Relevant_resources
Очистка: устройство механической_очистки Keep Keep
$Time = Интервал_загрузки(0.007, 0.015)
$Body
Очистка
Choice from Очистка.занятость_устройство_механической_очистки = Свободен
first
Convert_begin
занятость_устройство_механической_очистки set Занят
Convert_end
занятость_устройство_механической_очистки set Свободен
$End

1:108 Изменён Время: 0.784124 Скорость: 100%
RU 22:12
Br:17.04.18
```

Әмәлиyyatлар базasını yaradan рәncәрә.



Yerinə yetirilmə (proqon) SMR qoşmasının pəncərəsi



ÇIS-in imitasiya modelinin təsviretmə bazasının yaradılmasının pəncərələri

```

RAO Studio - [модель: rezka]
Файл Правка Поиск Просмотр Вставка Модель График Окна Помощь
PAT RTP RSS OPR FRM FUN DPT SMR PMD
// закладка FRM - Объект кадров анимации
- $Frame Кадр_1

$Back_picture = <255 255 0> fon11

Show_if Г_1.Занятость_гильотины = Занят |
  rect [730,133,15, 92, <255 0 0>, <255 0 0>]
text [709, 234, 80, 18, <255 0 0>, <0 0 0>, ='Занят']

Show_if Г_1.Занятость_гильотины = Свободен
  rect [730,133,15, 92, <0 225 0>, <0 225 0 >]
  text [709, 234, 80, 18, <0 255 0>, <0 0 0>, ='Свободен']

Show_if ТС_1.лист_на_транспортной_системе > 0
  rect [750,153,36, 46, <180 180 180>, <180 180 180>]

Show_if ПР_1.Занятость_робота = Свободен
  bitmap[560, 47, vverh, vverhm]

Show_if ПР_1.Занятость_робота = Поворачивается_налево
  bitmap[560, 47, vverh, vverhm]
  rect [704,153,18, 46, <180 180 180>, <180 180 180>]

43:6 Изменён Время: 0.784124 Скорость: 100%

```

```

RAO Studio - [модель: rezka]
Файл Правка Поиск Просмотр Вставка Модель График Окна Помощь
PAT RTP RSS OPR FRM FUN DPT SMR PMD

Show_if ПР_1.Занятость_робота = Поворачивал_налево
  bitmap[560, 147, vverh1, vverhm1]
  rect [704,153,18, 46, <180 180 180>, <180 180 180>]

Show_if ПР_1.Занятость_робота = Загружается
  bitmap[560, 147, vverh1, vverhm1]
  rect [704,153,18, 46, <180 180 180>, <180 180 180>]

Show_if ПР_1.Занятость_робота = Загружен
  bitmap[560, 147, vverhs1, vverhsm1]
  rect [704,153,18, 46, <180 180 180>, <180 180 180>]

Show_if ПР_1.Занятость_робота = Загружен and ПР_1.Перемещение_робота = Нет
  bitmap[560, 147, vverhs1, vverhsm1]

Show_if ПР_1.Занятость_робота = Поворачивается_направо
  bitmap[560, 47, vverhs2, vverhsm2]

Show_if ПР_1.Занятость_робота = Поворачивал_направо
  bitmap[560, 47, vverhs2, vverhsm2]
  rect [704,153,18, 46, <180 180 180>, <180 180 180>]

32:44 Изменён Время: 0.784124 Скорость: 100%

```

```
RAO Studio - [модель: rezka]
Файл Правка Поиск Просмотр Вставка Модель График Окна Помощь
PAT RTP RSS OPR FRM FUN DPT SMR PMD
Show_if ПР_1.Занятость_робота = Разгружается
bitmap[454, 147, vverhs3, vverhsm3]
rect [704,153,18, 46, <180 180 180>, <180 180 180>]

Show_if ПР_1.Занятость_робота = Разгружен
bitmap[454, 147, vlevo, vlevom]
rect [704,153,18, 46, <180 180 180>, <180 180 180>]

Show_if ПР_1.Занятость_робота = Возвращается
bitmap[454, 147, vlevo, vlevom]
rect [704,153,18, 46, <180 180 180>, <180 180 180>]

Show_if ТС_1.Загруженность_транспортной_системы = Загружен
bitmap[440, 156, gotizdlk, gotizdmlk]

Show_if устройство_механической_очистки.Количество_готовых_изделий <> 0
bitmap[392, 156, gotizdlk, gotizdmlk]

Show_if устройство_механической_очистки.Количество_готовых_изделий > 1
bitmap[343, 156, gotizdlk, gotizdmlk]
Show_if устройство_механической_очистки.Количество_готовых_изделий = 2

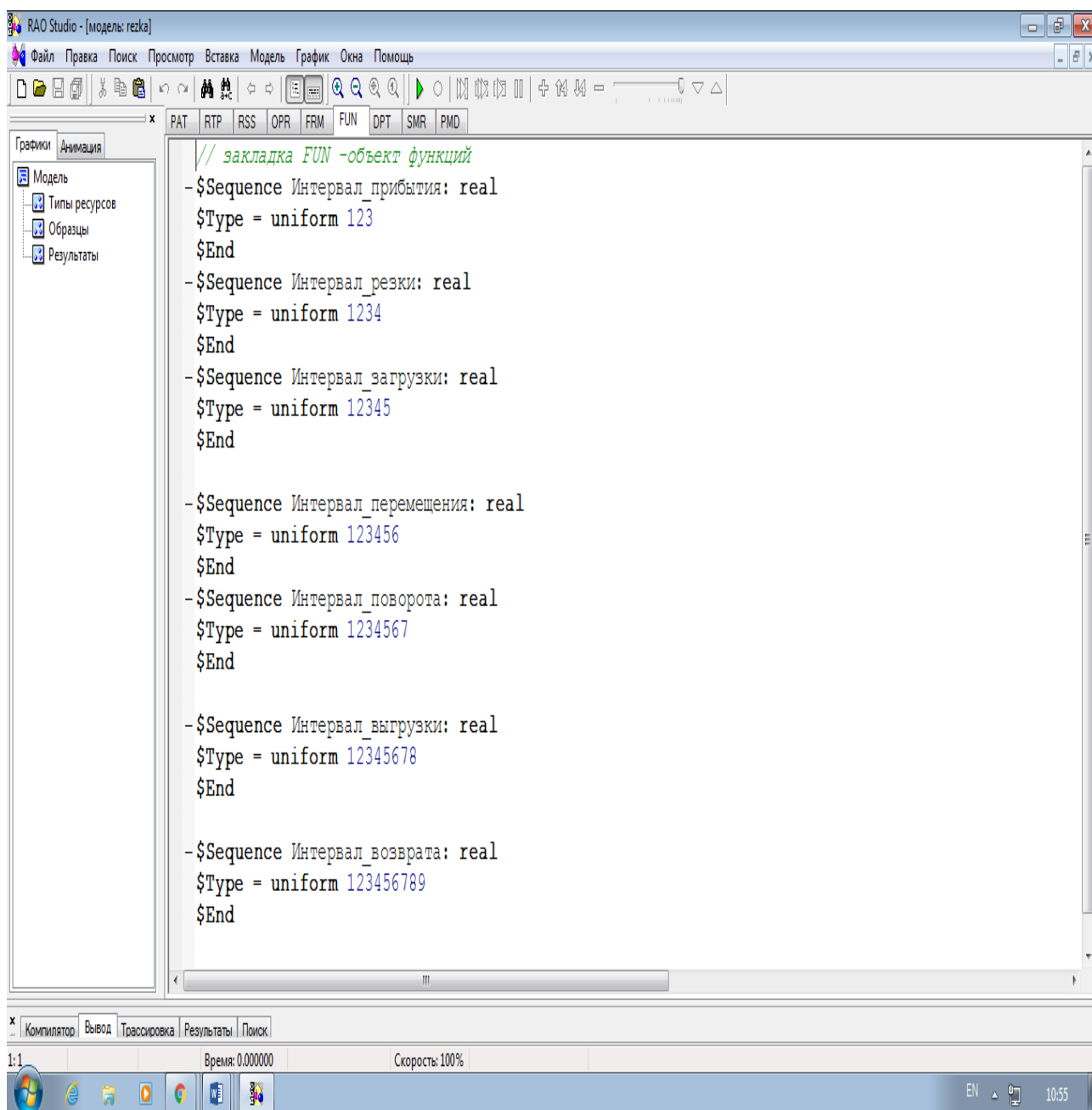
33:48 Изменён Время: 0.784124 Скорость: 100%
RU 22:31
Br:17.04.18
```

```
RAO Studio - [модель: rezka]
Файл Правка Поиск Просмотр Вставка Модель График Окна Помощь
PAT RTP RSS OPR FRM FUN DPT SMR PMD
and устройство_механической_очистки.занятость_устройство_механической_очистки = Занят
bitmap[52, 156, gotizdlkoc, gotizdmlk]
Show_if устройство_механической_очистки.Количество_готовых_изделий > 9
and устройство_механической_очистки.занятость_устройство_механической_очистки = Занят
bitmap[52, 156, gotizdlkoc, gotizdmlk]
Show_if устройство_механической_очистки.Количество_готовых_изделий > 10
and устройство_механической_очистки.занятость_устройство_механической_очистки = Занят
bitmap[52, 156, gotizdlkoc, gotizdmlk]

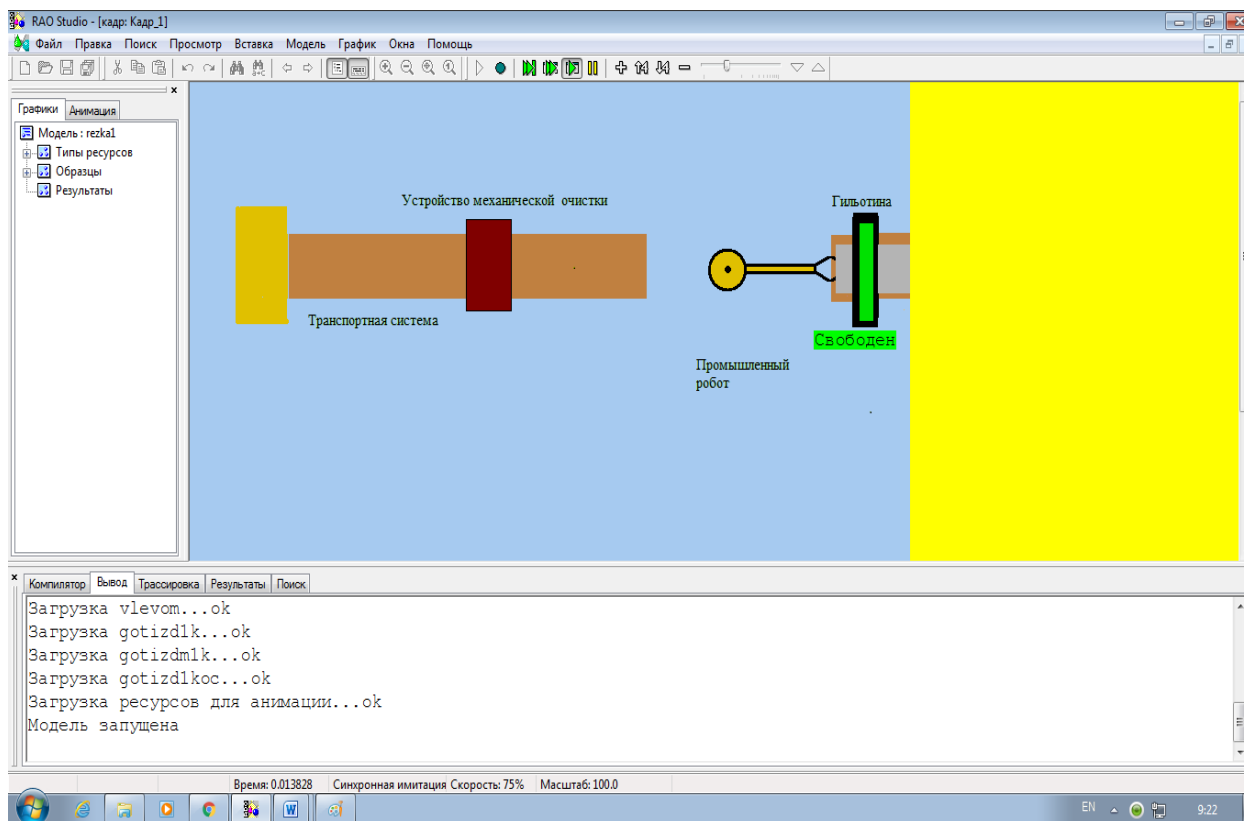
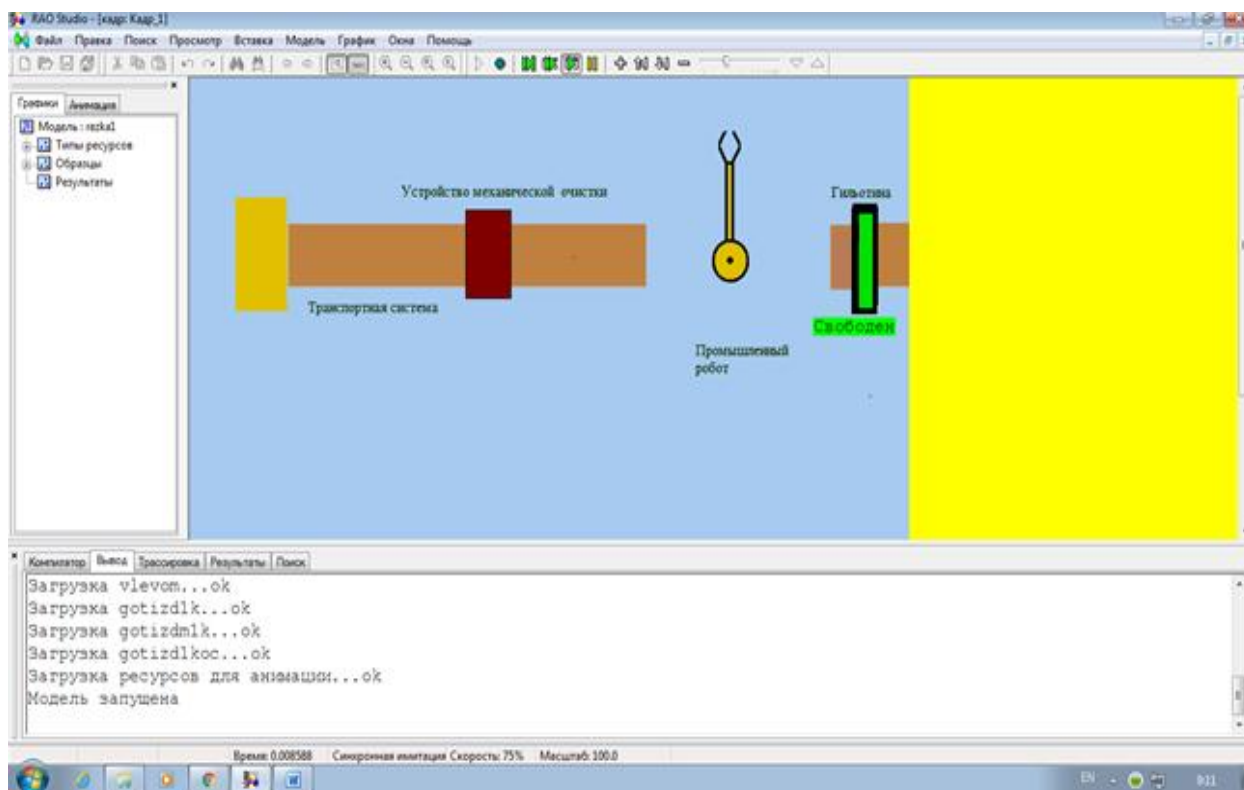
$End

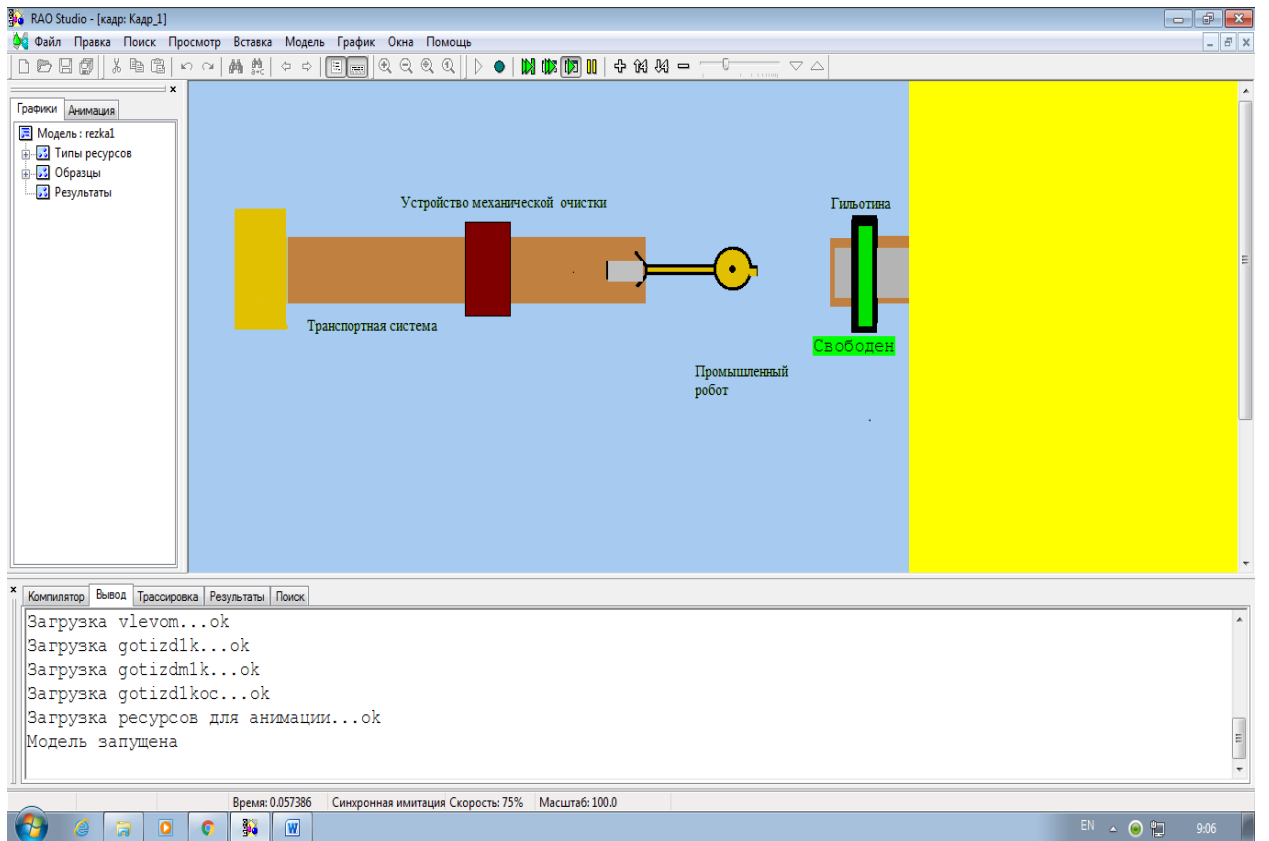
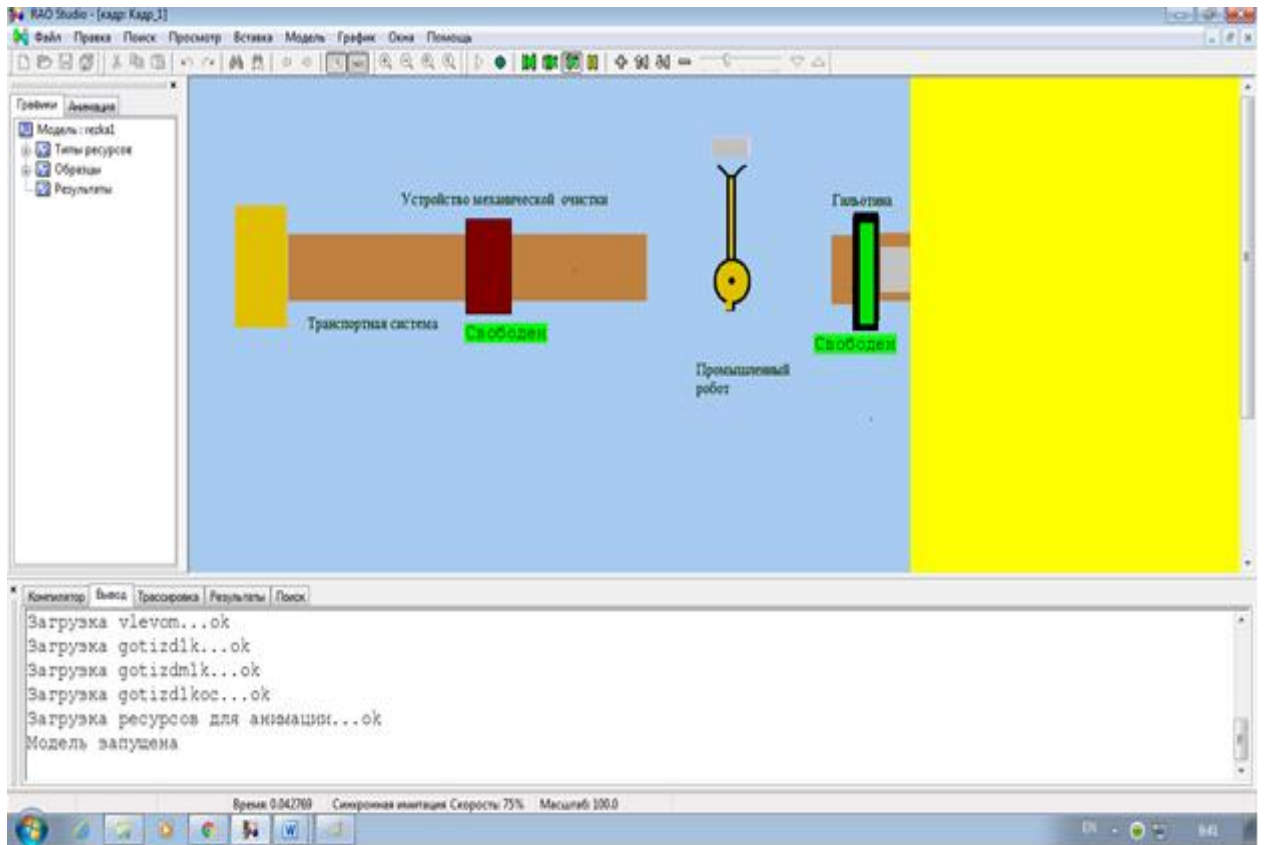
1:116 Изменён Время: 0.784124 Скорость: 100%
RU 22:35
Br:17.04.18
```

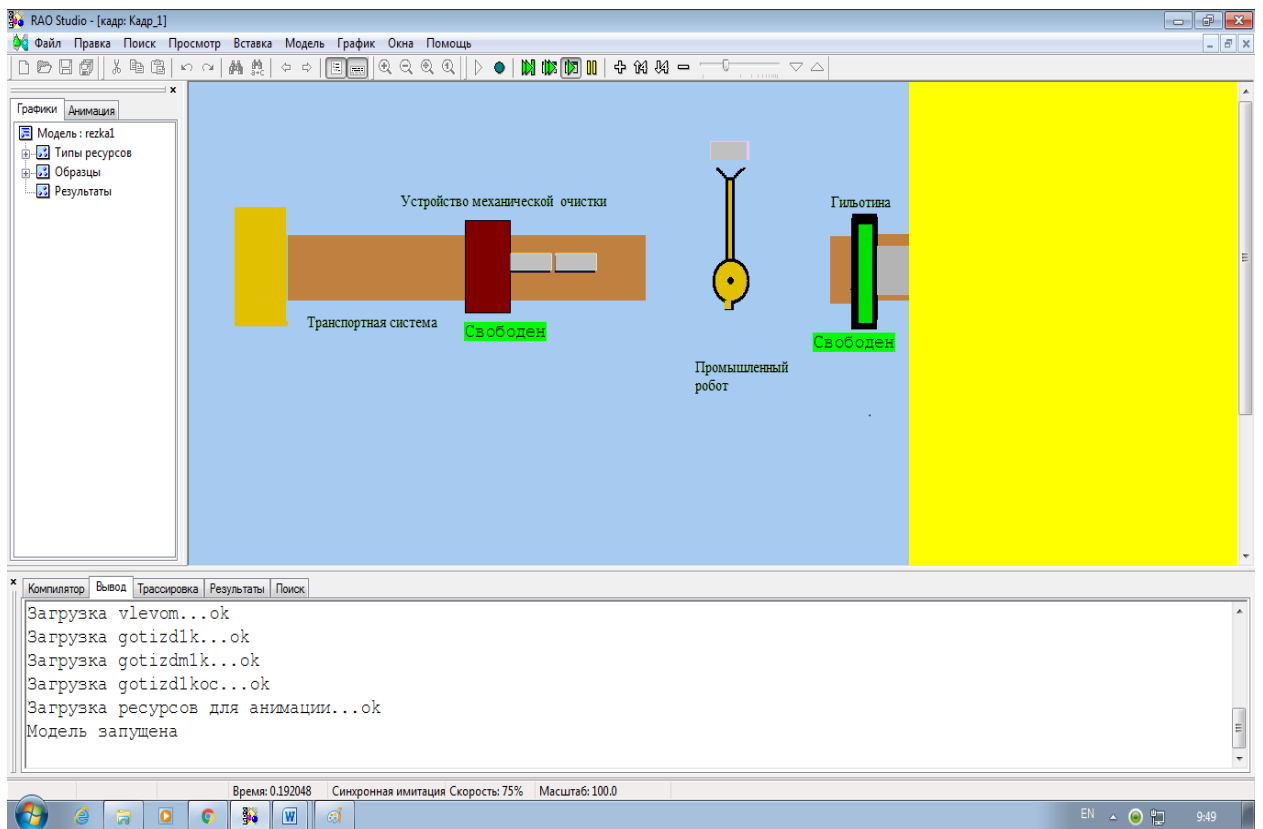
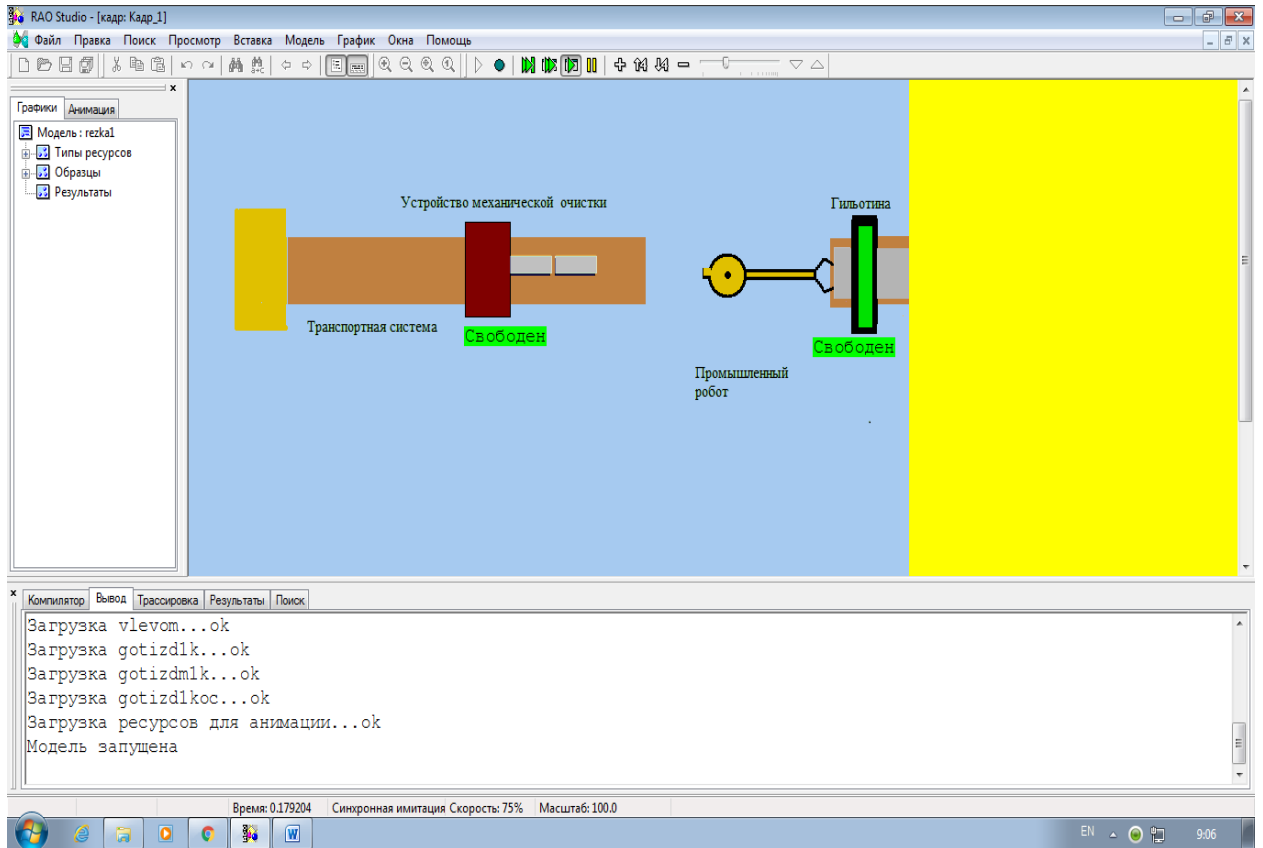
FUN qoşmasının pəncərəsi

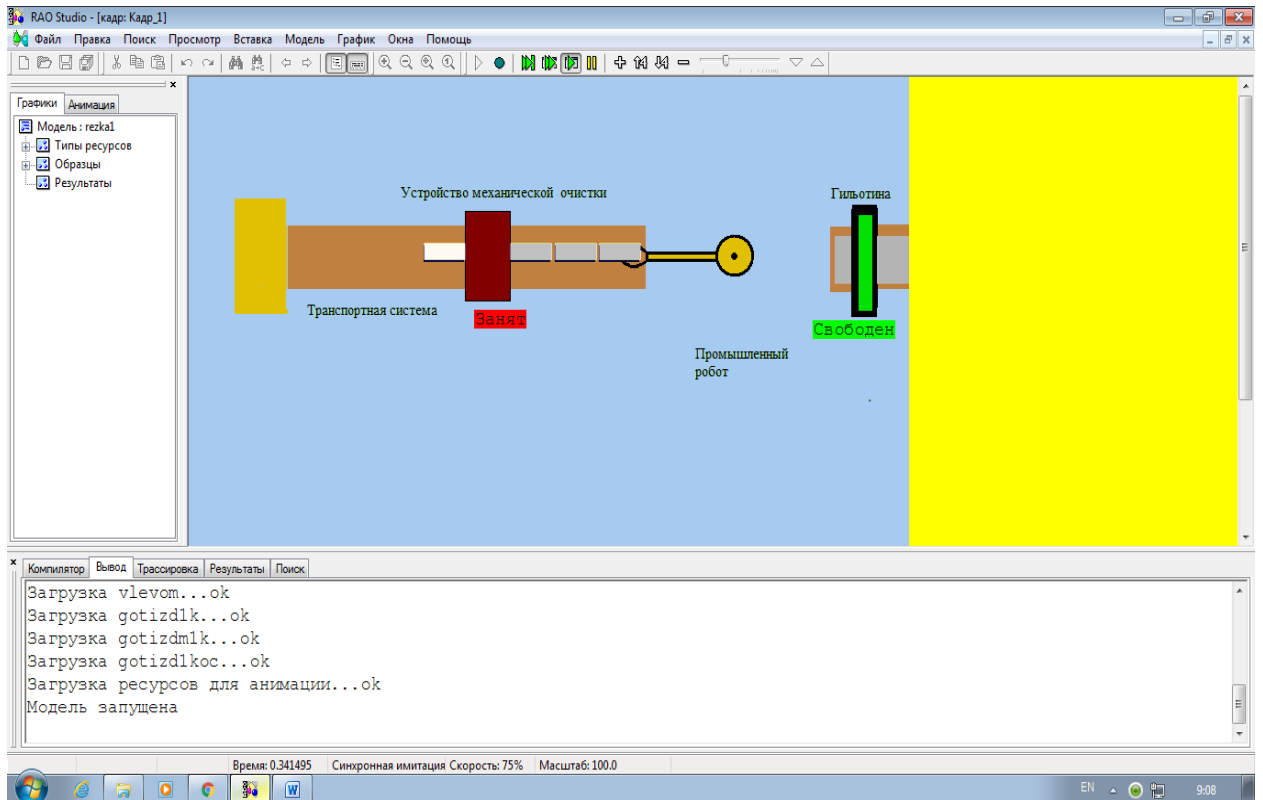
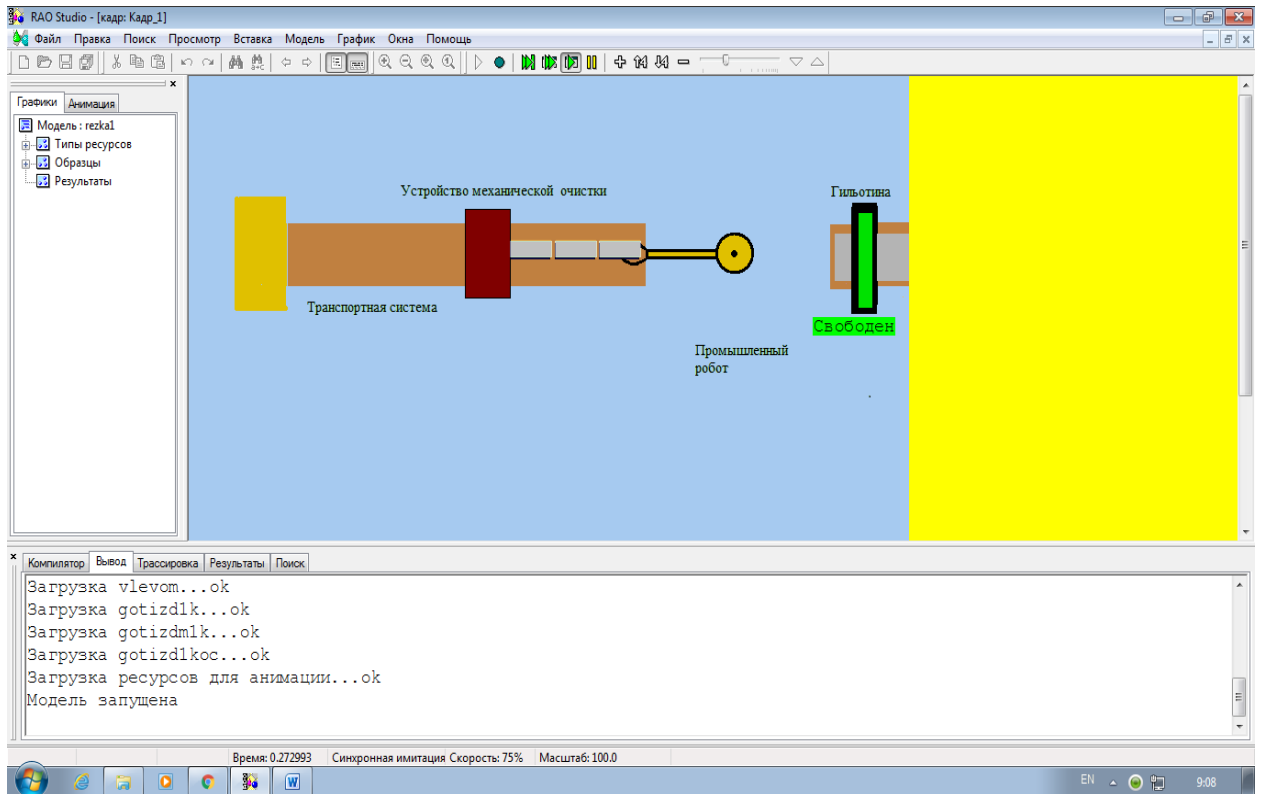


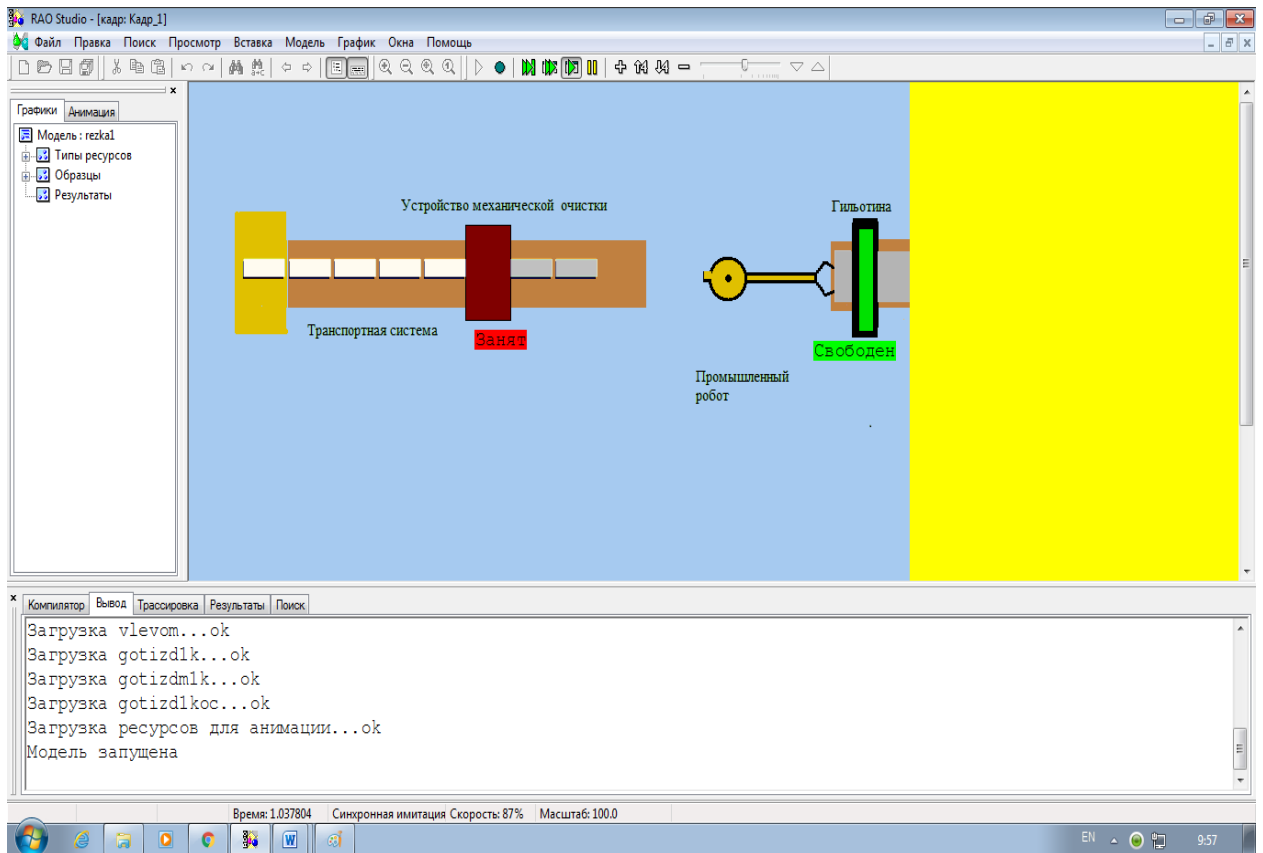
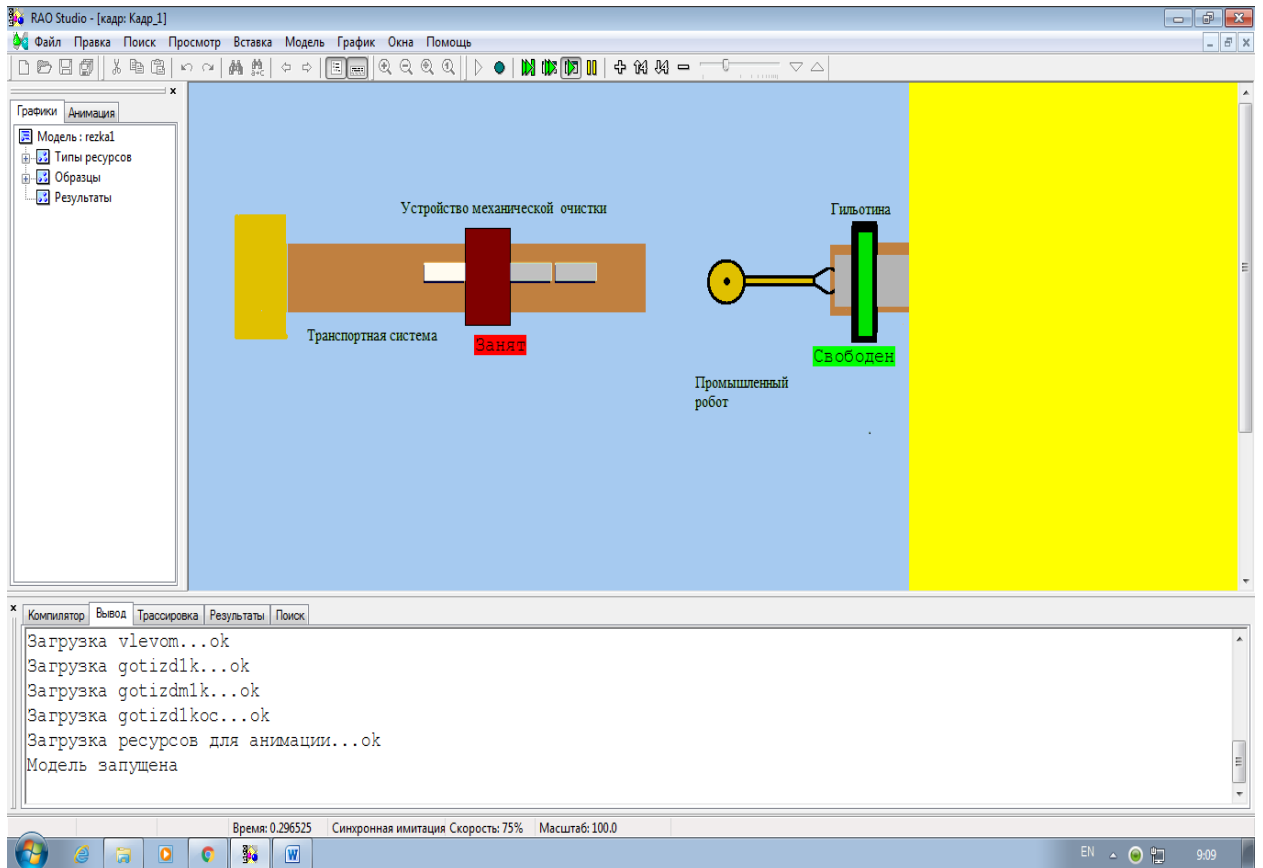
ÇİS-in imitasiya modelinin yerinə yetirilməsi- animasiya

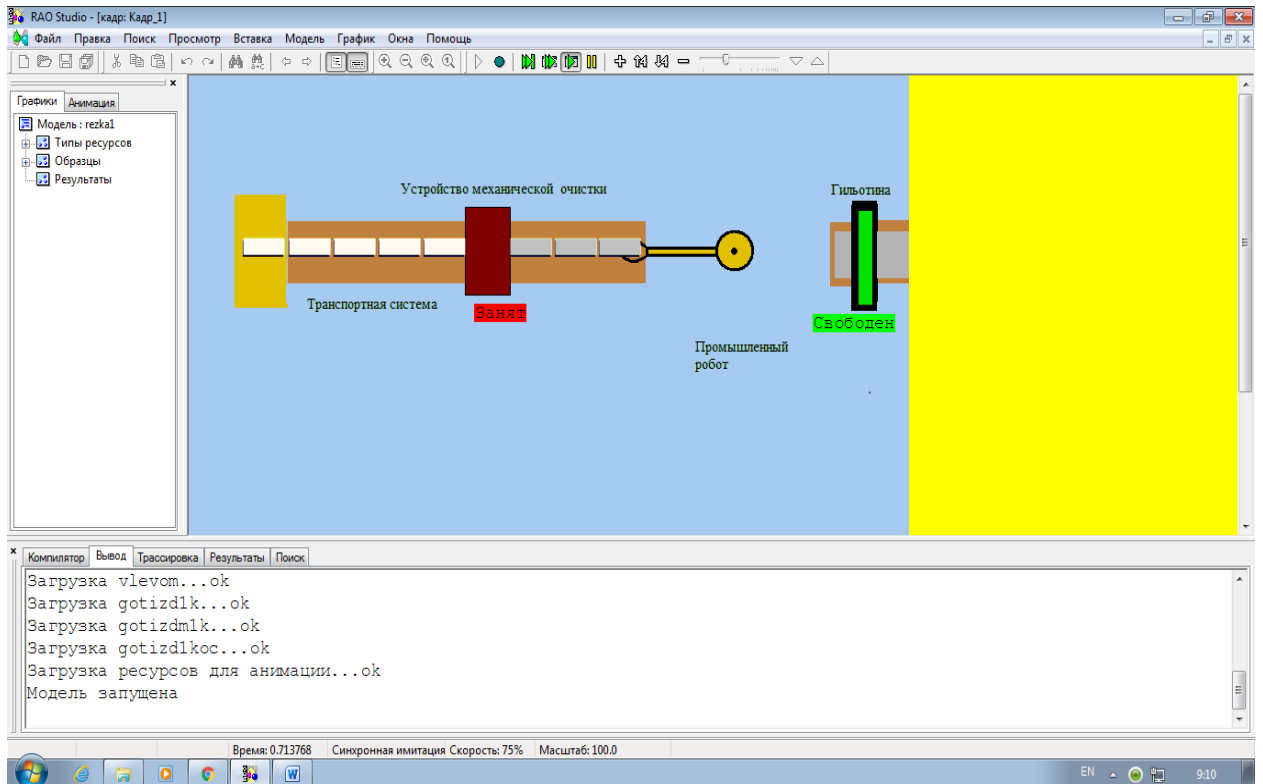
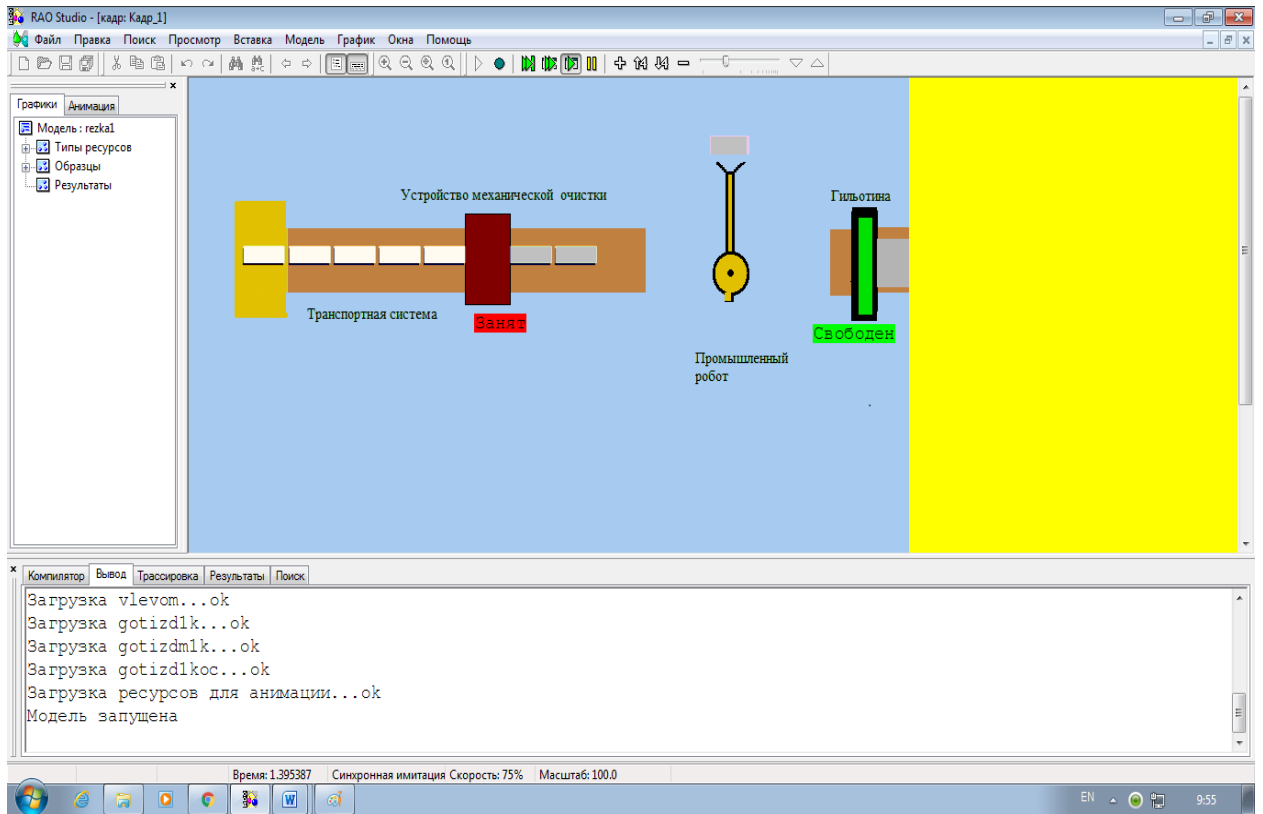




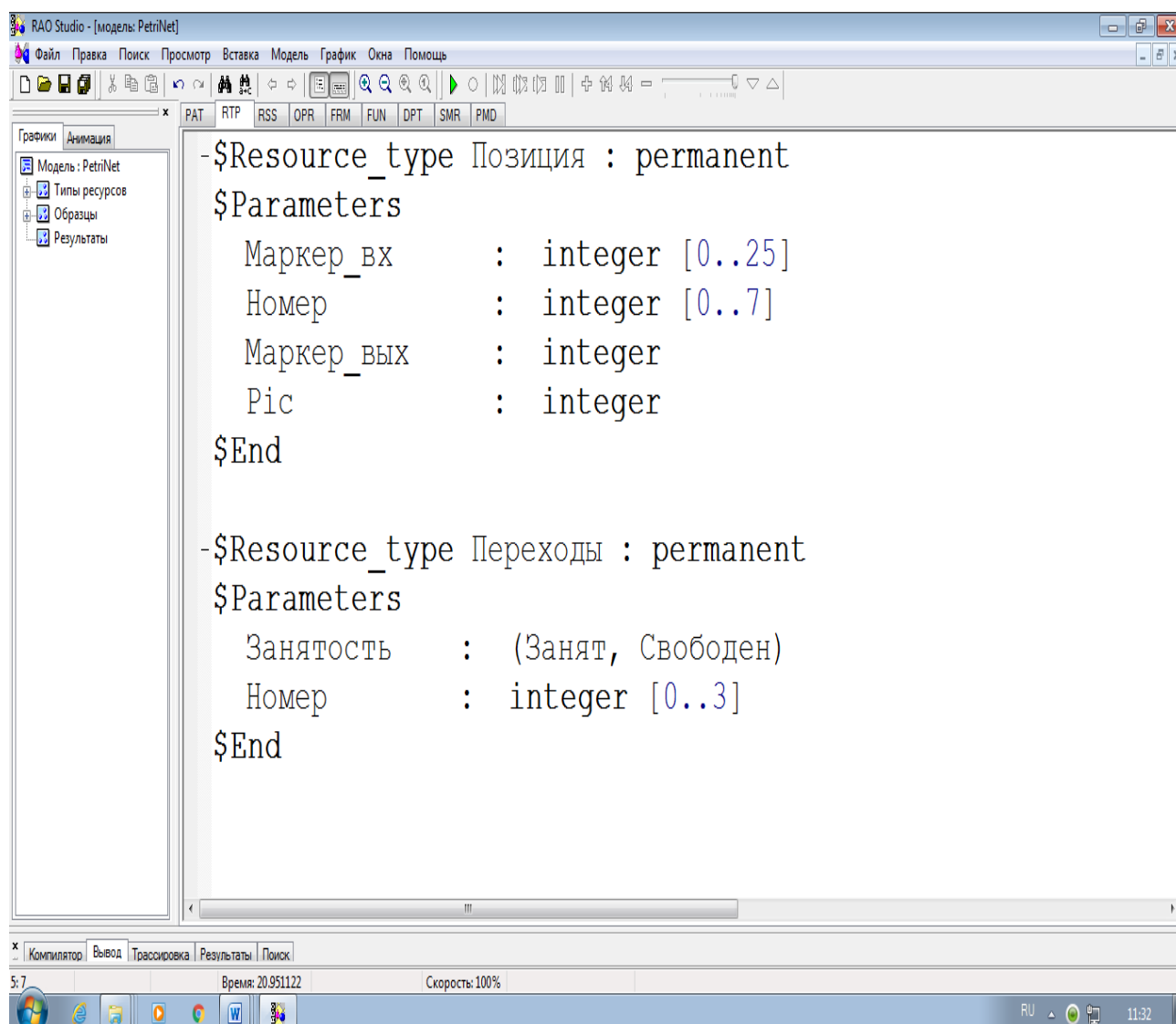




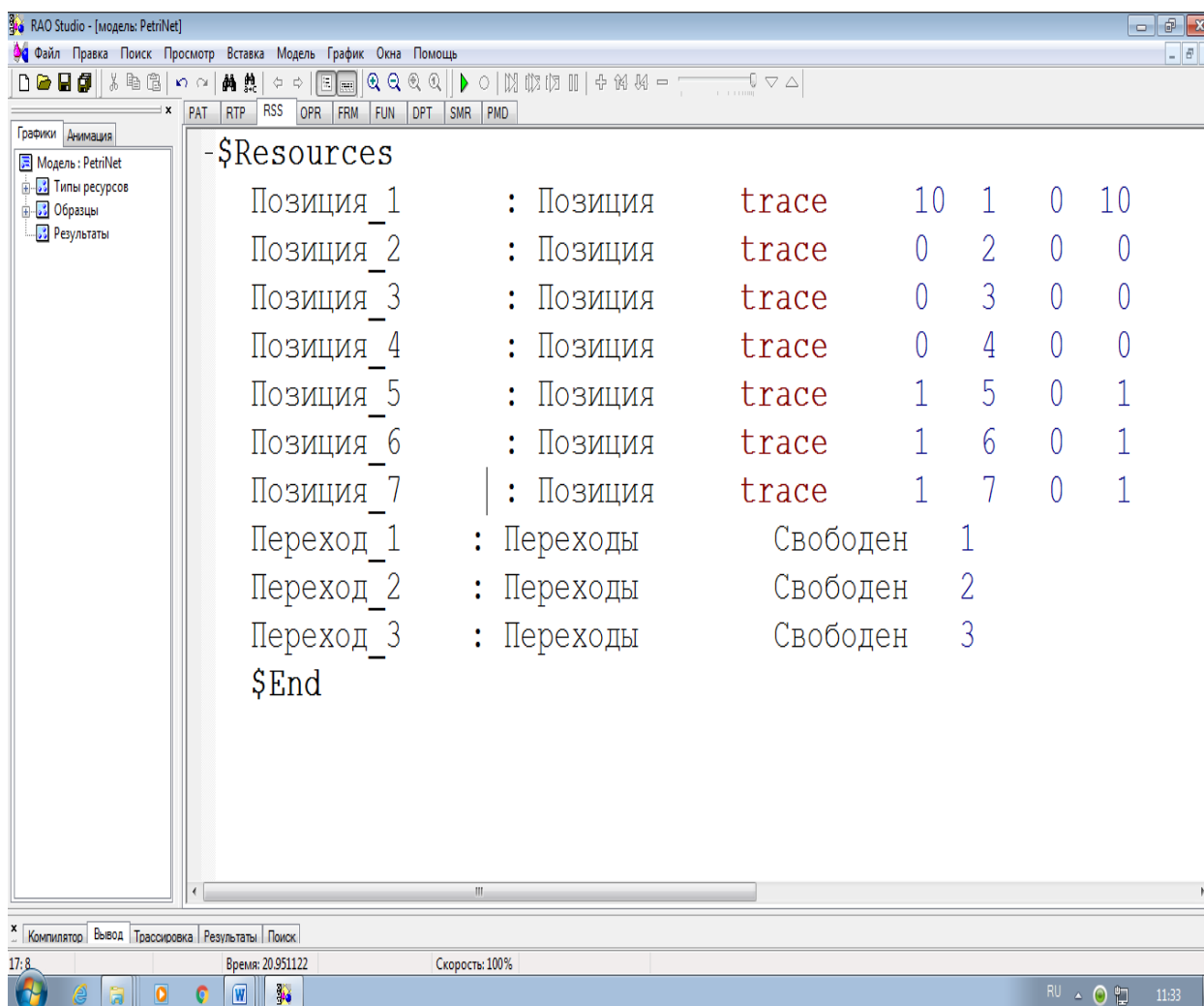




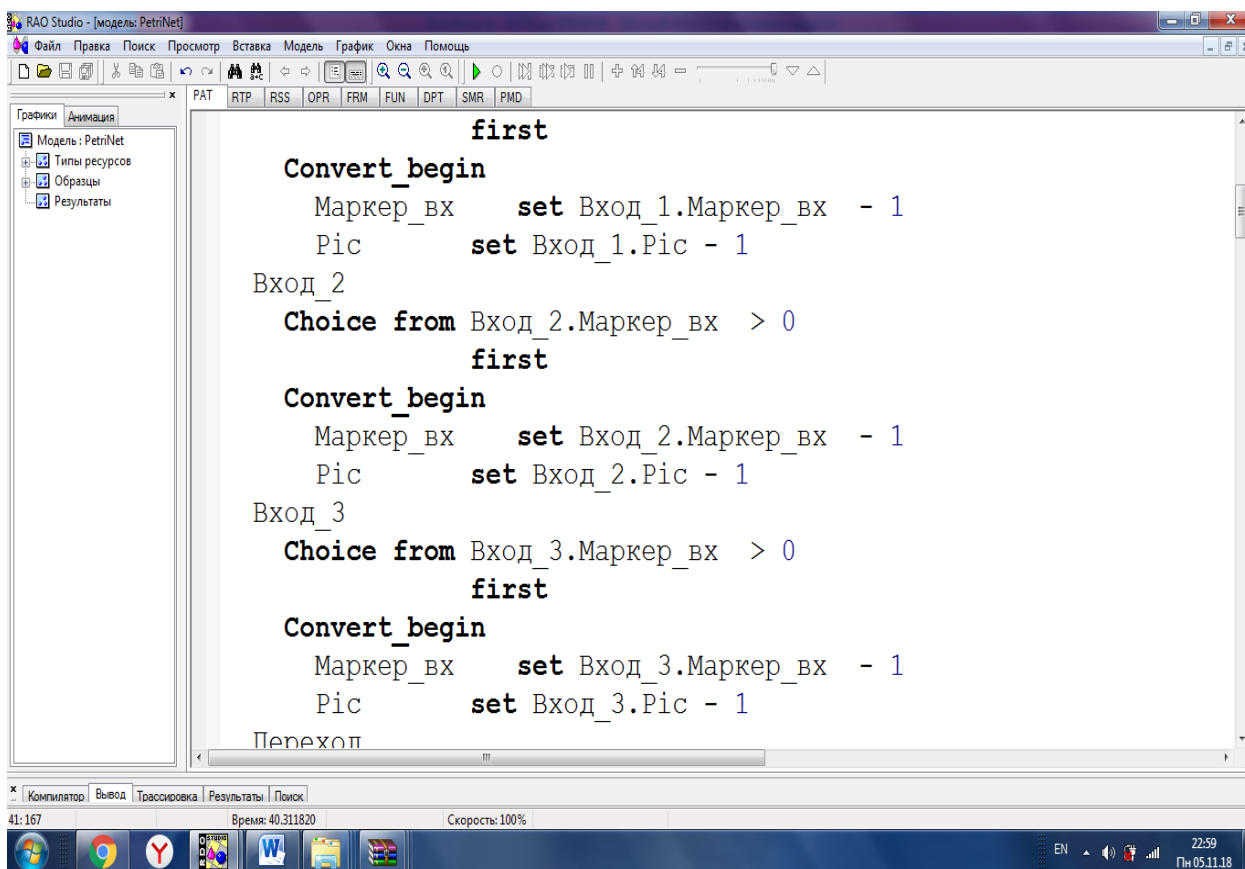
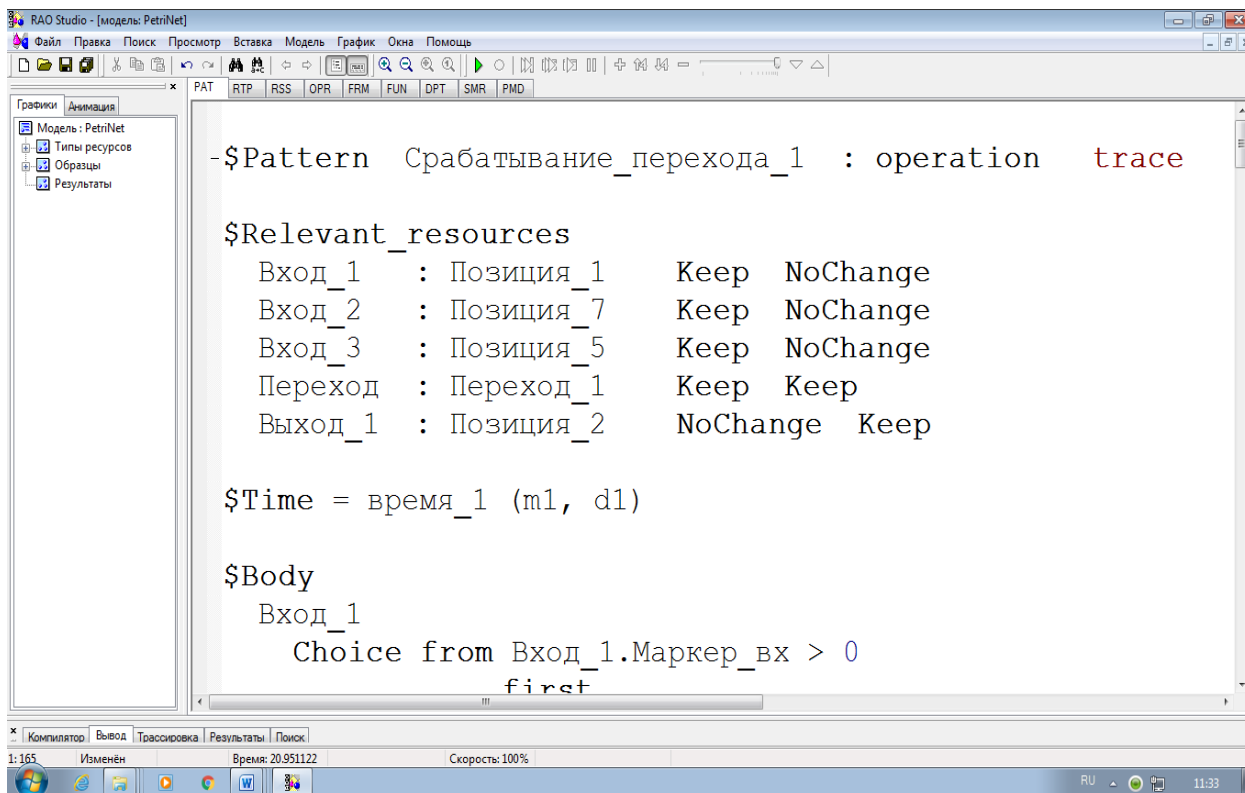
Petri şəbəkəsinin resursların növünə görə ümumiləşdirilmiş bazanın yaradılması pəncərəsi

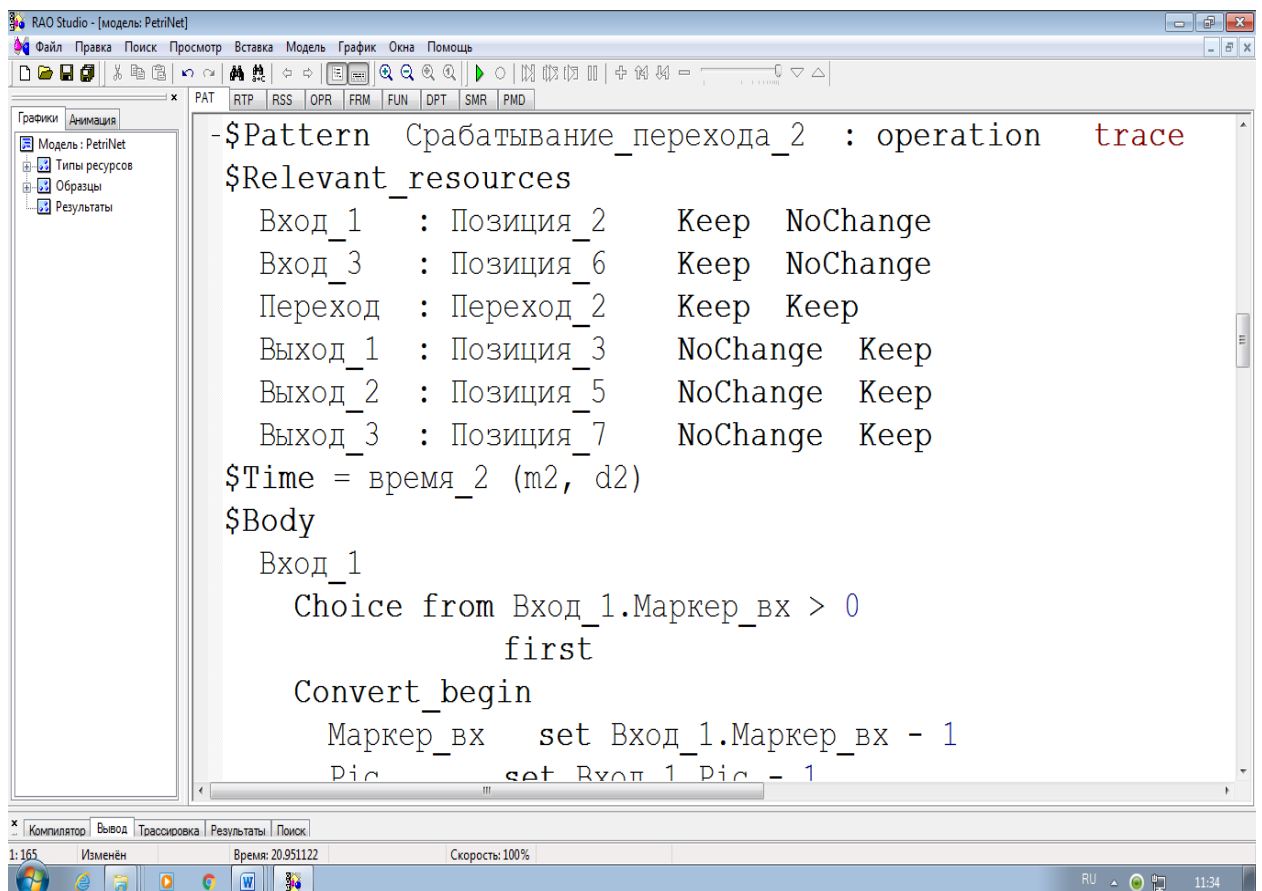
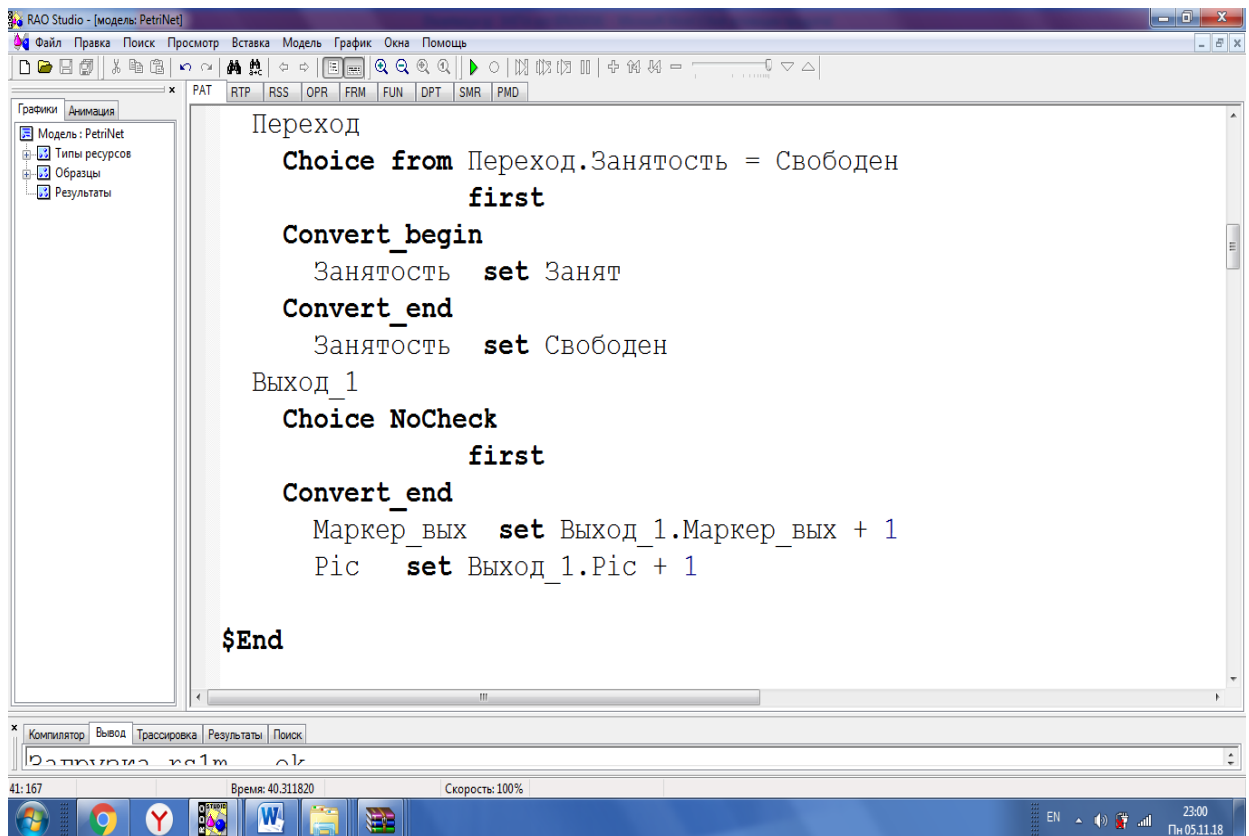


Petri şəbəkəsinin resurslar bazasının pəncərəsi



Petri şəbəkəsinin hadisələr bazasının pəncərəsi





The screenshot shows the RAO Studio interface with the PetriNet code editor. The code defines transitions ВХОД_3 and ПЕРЕХОД. ВХОД_3 has a choice from 'Вход_3.Маркер_вх > 0' and a 'first' choice. Its 'Convert_begin' block sets 'Маркер_вх' to 'Вход_3.Маркер_вх - 1' and 'Pic' to 'Вход_3.Pic - 1'. ПЕРЕХОД has a choice from 'Переход.Занятость = Свободен' and a 'first' choice. Its 'Convert_begin' block sets 'Занятость' to 'Занят', and its 'Convert_end' block sets 'Занятость' to 'Свободен'. The code also includes 'ВЫХОД_1' with a 'Choice NoCheck' and 'first' choice, and a 'Convert_end' block.

```
Вход_3
  Choice from Вход_3.Маркер_вх > 0
    first
  Convert_begin
    Маркер_вх set Вход_3.Маркер_вх - 1
    Pic set Вход_3.Pic - 1
Переход
  Choice from Переход.Занятость = Свободен
    first
  Convert_begin
    Занятость set Занят
  Convert_end
    Занятость set Свободен
ВЫХОД_1
  Choice NoCheck
    first
  Convert_end
```

The screenshot shows the RAO Studio interface with the PetriNet code editor. The code defines transitions МАРКЕР_ВЫХ, ВЫХОД_2, and ВЫХОД_3. МАРКЕР_ВЫХ has a 'set' block that sets 'Маркер_вых' to 'Выход_1.Маркер_вых + 1' and 'Pic' to 'Выход_1.Pic + 1'. ВЫХОД_2 has a 'Choice NoCheck' and 'first' choice, and a 'Convert_end' block that sets 'Маркер_вых' to 'Выход_2.Маркер_вых + 1' and 'Pic' to 'Выход_2.Pic + 1'. ВЫХОД_3 has a 'Choice NoCheck' and 'first' choice, and a 'Convert_end' block that sets 'Маркер_вых' to 'Выход_3.Маркер_вых + 1' and 'Pic' to 'Выход_3.Pic + 1'. The code ends with '\$End'.

```
Маркер_вых set Выход_1.Маркер_вых + 1
Pic set Выход_1.Pic + 1
ВЫХОД_2
  Choice NoCheck
    first
  Convert_end
    Маркер_вых set Выход_2.Маркер_вых + 1
    Pic set Выход_2.Pic + 1
ВЫХОД_3
  Choice NoCheck
    first
  Convert_end
    Маркер_вых set Выход_3.Маркер_вых + 1
    Pic set Выход_3.Pic + 1
$End
```

RAO Studio - [модель: PetriNet]

Файл Правка Поиск Просмотр Вставка Модель График Окна Помощь

Графики Анимация

Модель: PetriNet

- Типы ресурсов
- Образцы
- Результаты

```

-$Pattern Срабатывание_перехода_3 : operation trace
$Relevant_resources
    Вход_1 : Позиция_3      Keep NoChange
    Переход : Переход_3     Keep Keep
    Выход_1 : Позиция_4     NoChange Keep
    Выход_2 : Позиция_5     NoChange Keep
    Выход_3 : Позиция_6     NoChange Keep
$Time = время_3 (m3, d3)
$Body
    Вход_1
        Choice from Вход_1.Маркер_вх > 0
            first
        Convert_begin
            Маркер_вх set Вход_1.Маркер_вх - 1
            Pic      set Вход_1.Pic - 1
    Переход

```

Компилятор Вывод Трассировка Результаты Поиск

1:165 Изменён Время: 20.951122 Скорость: 100%

RU 11:34

RAO Studio - [модель: PetriNet]

Файл Правка Поиск Просмотр Вставка Модель График Окна Помощь

Графики Анимация

Модель: PetriNet

- Типы ресурсов
- Образцы
- Результаты

```

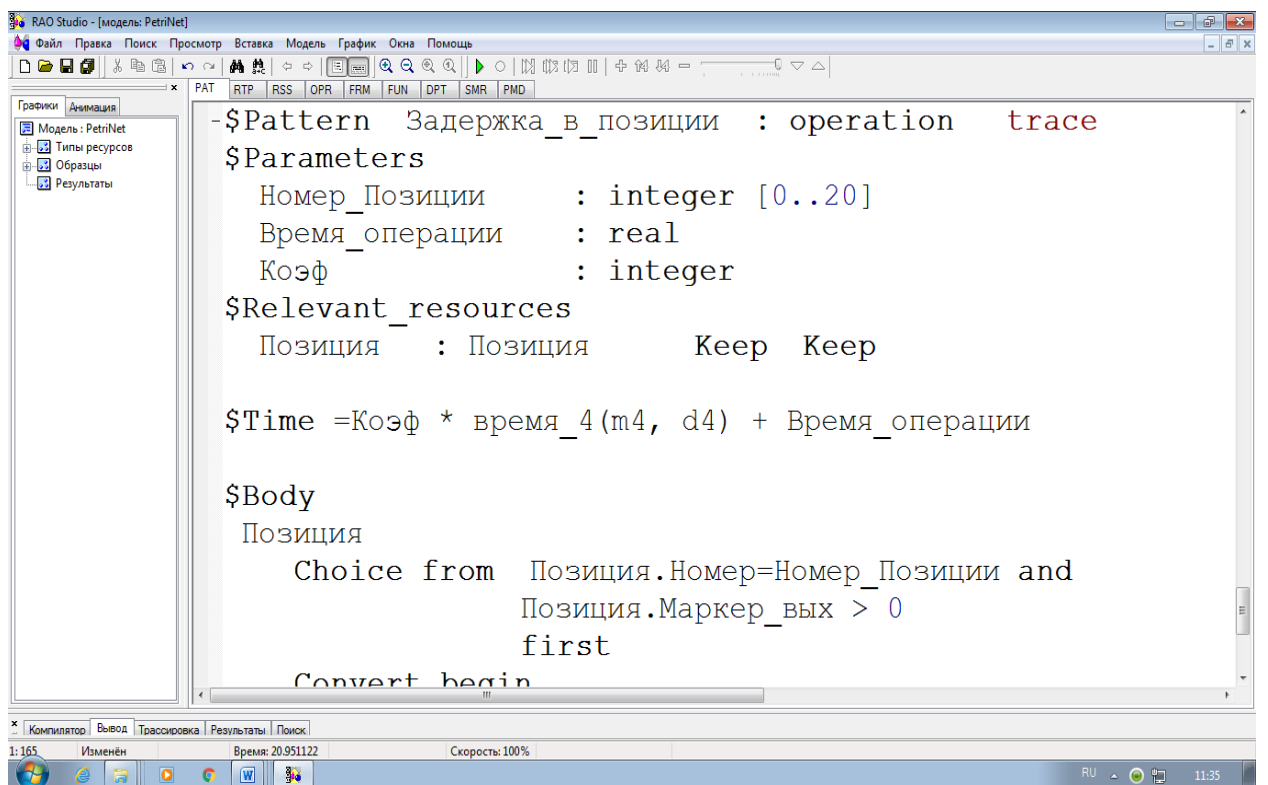
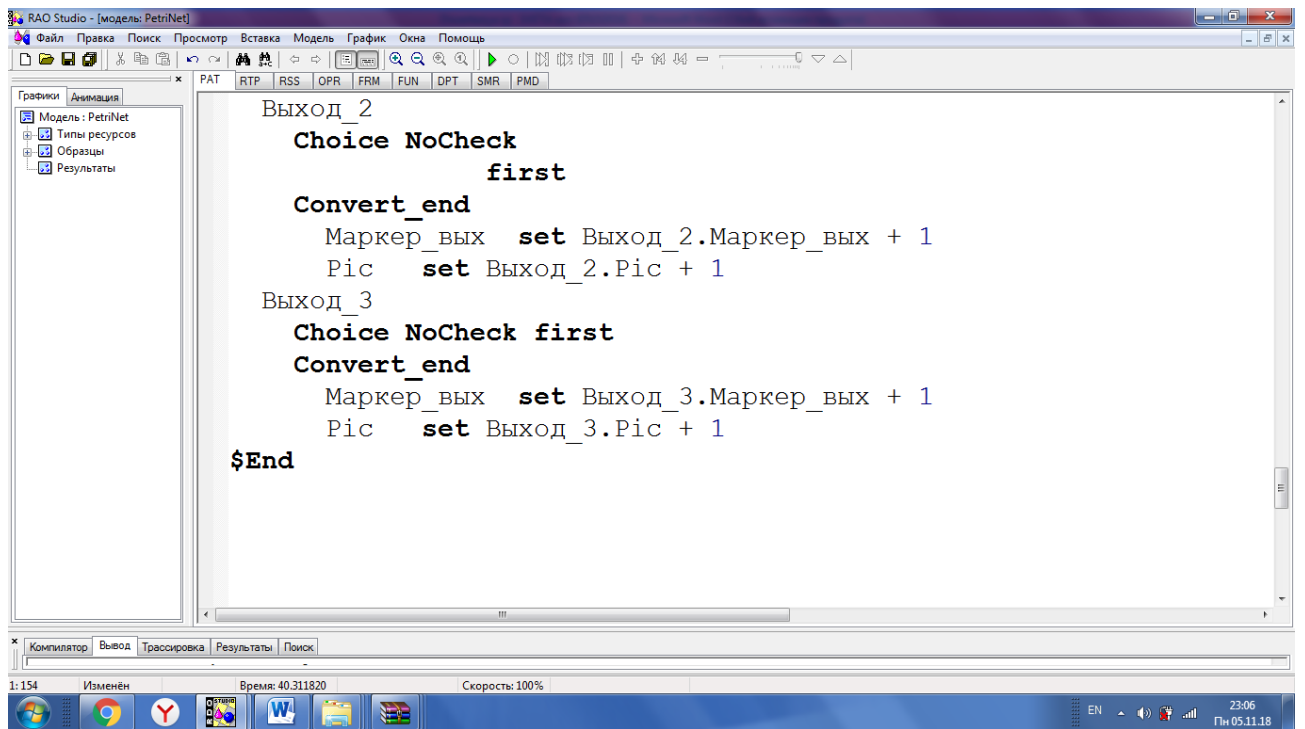
Переход
    Choice from Переход.Занятость = Свободен
        first
    Convert_begin
        Занятость set Занят
    Convert_end
        Занятость set Свободен
Выход_1
    Choice NoCheck
        first
    Convert_end
        Маркер_вых set Выход_1.Маркер_вых + 1
        Pic      set Выход_1.Pic + 1
Выход_2
    Choice NoCheck
        first

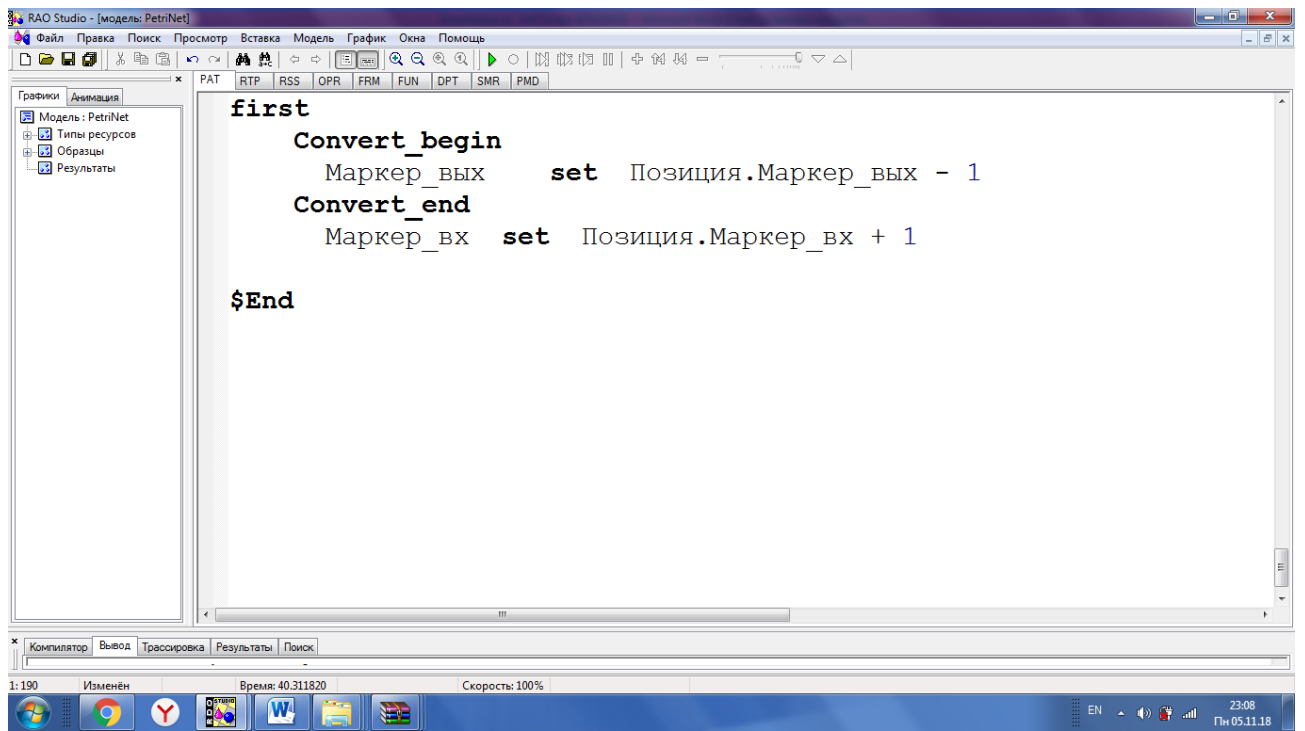
```

Компилятор Вывод Трассировка Результаты Поиск

41:167 Время: 40.311820 Скорость: 100%

EN 23:05 Пн 05.11.18





Petri şəbəkəsinin imitasiya modelinin yerinə yetirilməsi- animasiya

Model: Сети Петри

Занят

```

Компилятор  Вывод  Трассировка  Результаты  Поиск
Загрузка rd...ok
Загрузка rdml...ok
Загрузка rsl...ok
Загрузка rslm...ok
Загрузка ресурсов для анимации...ok
Модель запущена
    
```

Время: 1.778036 Синхронная имитация Скорость: 100% Масштаб: 10000.0

Model: Сети Петри

Свободен

```

Компилятор  Вывод  Трассировка  Результаты  Поиск
Загрузка rd...ok
Загрузка rdml...ok
Загрузка rsl...ok
Загрузка rslm...ok
Загрузка ресурсов для анимации...ok
Модель запущена
    
```

Время: 17.641629 Синхронная имитация Скорость: 94% Масштаб: 10000.0

RAO Studio - [кадр_1]

Файл Правка Поиск Просмотр Вставка Модель График Окна Помощь

Графики Анимация

- Модель: PetriNet
- Типы ресурсов
- Образцы
- Результаты

Модель: Сети Петри

Свободен

Компилятор Вывод Трассировка Результаты Поиск

```

Загрузка rd...ok
Загрузка rdm1...ok
Загрузка rsl...ok
Загрузка rslm...ok
Загрузка ресурсов для анимации...ok
Модель запущена

```

Время: 20.839999 Синхронная имитация Скорость: 93% Масштаб: 10000.0

EN 10:08

RAO Studio - [кадр_1]

Файл Правка Поиск Просмотр Вставка Модель График Окна Помощь

Графики Анимация

- Модель: PetriNet
- Типы ресурсов
- Образцы
- Результаты

Модель: Сети Петри

Занят

Компилятор Вывод Трассировка Результаты Поиск

```

Загрузка rd...ok
Загрузка rdm1...ok
Загрузка rsl...ok
Загрузка rslm...ok
Загрузка ресурсов для анимации...ok
Модель запущена

```

Время: 20.951122 Синхронная имитация Скорость: 100% Масштаб: 10000.0

EN 10:09

RAO Studio - [кадр: Кадр_1]

Файл Правка Поиск Просмотр Вставка Модель График Окна Помощь

Графики Анимация

- Модель: PetriNet
- Типы ресурсов
- Образцы
- Результаты

Модель: Сети Петри

Свободен

Компилятор Вывод Трассировка Результаты Поиск

```

Загрузка rd...ok
Загрузка rdm1...ok
Загрузка rsl...ok
Загрузка rslm...ok
Загрузка ресурсов для анимации...ok
Модель запущена

```

Время: 36.727678 Синхронная имитация Скорость: 100% Масштаб: 10000.0

RAO Studio - [кадр: Кадр_1]

Файл Правка Поиск Просмотр Вставка Модель График Окна Помощь

Графики Анимация

- Модель: PetriNet
- Типы ресурсов
- Образцы
- Результаты

Модель: Сети Петри

Занят

Компилятор Вывод Трассировка Результаты Поиск

```

Загрузка rd...ok
Загрузка rdm1...ok
Загрузка rsl...ok
Загрузка rslm...ok
Загрузка ресурсов для анимации...ok
Модель запущена

```

Время: 40.311820 Синхронная имитация Скорость: 100% Масштаб: 10000.0

RAO Studio - [кадр: Кадр_1]

Файл Правка Поиск Просмотр Вставка Модель График Окна Помощь

Графики Анимация

- Модель: PetriNet
- Типы ресурсов
- Образцы
- Результаты

Модель: Сети Петри

Свободен

Компилятор Вывод Трассировка Результаты Поиск

```

Загрузка rd...ok
Загрузка rdm1...ok
Загрузка rs1...ok
Загрузка rslm...ok
Загрузка ресурсов для анимации...ok
Модель запущена

```

Время: 135.511435 Синхронная имитация Скорость: 100% Масштаб: 10000.0

EN 10:11

RAO Studio - [кадр: Кадр_1]

Файл Правка Поиск Просмотр Вставка Модель График Окна Помощь

Графики Анимация

- Модель: PetriNet
- Типы ресурсов
- Образцы
- Результаты

Модель: Сети Петри

Свободен

Компилятор Вывод Трассировка Результаты Поиск

```

Загрузка rd...ok
Загрузка rdm1...ok
Загрузка rs1...ok
Загрузка rslm...ok
Загрузка ресурсов для анимации...ok
Модель запущена

```

Время: 175.265398 Синхронная имитация Скорость: 100% Масштаб: 10000.0

EN 10:12

İXTİSARLARIN SİYAHISI

| | |
|-------|--|
| ALA | Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə aləti |
| ALS | Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemləri |
| BB | Biliklər bazası |
| VB | Verilənlər bazası |
| CASE | Computer Aided System Engencering |
| ÇİS | Çevik istehsal sistemi |
| ÇİM | Çevik istehsal modulu |
| G | Gilotin qayçı |
| İM | İmitasiya modelləşdirilməsi |
| İS | istehsal sistemləri |
| QMM | Qaldırıcı mövqeləşdirici manipulyator |
| QM | Qaldırıcı manipulyator |
| MM | Mövqeləşdirici manipulyator |
| MQ | Mexatron qurğu |
| NS | Nəqliyyat sistemi |
| PAS | Planlaşdırmanın avtomatlaşdırılmış sistemləri |
| SR | Sənaye robotu |
| STAS | Statistik tədqiqatların avtomatlaşdırılmış sistemləri |
| TQ | Təmizləyici qurğu |
| TPAİS | Texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri |
| РДО | Ресурсы-Действия-Операции (Resurslar-Fəaliyyətlər-Əməliyyatlar) |

