

*M.A.Əhmədov, H.M.Məhəmmədli*

**İNFORMASIYA SİSTEMLƏRİNİN  
AVTOMATLAŞDIRILMIŞ MODELƏŞDİRİLMƏSİ  
VƏ TƏDQIQI ÜSULLARI**

**SUMQAYIT – 2015**

**Məhəmməd Əhmədov**  
**Hicran Məhəmmədli**

**İNFORMASIYA SİSTEMLƏRİNİN**  
**AVTOMATLAŞDIRILMIŞ MODELLƏŞDİRİLMƏSİ**  
**VƏ TƏDQIQI ÜSULLARI**

**Ali məktəb tələbələri üçün dərs vəsaiti**

**Azərbaycan Respublikası Təhsil**  
**Nazirliyinin 04.05.2014 tarixli**  
**962 sayılı əmri ilə təsdiq edilmişdir**

**Sumqayıt – 2015**

**~ 2 ~**

Elmi redaktor: T.e.d., professor **N.M.Kazımov**

Rəyçilər: ADNA-nın “İnformasiya sistemləri və kompüter texnikası” kafedrasının müdiri, t.e.d., professor **R.Q.Məmmədov**

SDU-nun “İnformatika” kafedrasının müdiri, t.e.n., dosent **V.A.Musatafayev**

M.A.Əhmədov, H.M.Məhəmmədli. **İnformasiya sistemlərinin avtomatlaşdırılmış modelləşdirilməsi və tədqiqi üsulları**. Ali texniki məktəblər üçün dərs vəsaiti. Sumqayıt-2015

Dərs vəsaiti mürəkkəb sistemlərin layihələndirilməsinin sistemotexniki layihələndirmə mərhələsində layihələndirilən obyektlərin yaradılmasının qiymətləndirilməsi üçün müasir modelləşdirmə aparatlarının səmərəli tətbiqi sahələrinin təyini, onlardan diskret xarakterli istehsal sistemlərinin analitik və imitasiya modelləşdirilməsində istifadə olunmasının nəzəri və praktiki məsələlərinə həsr edilmişdir. Modelləşdirmə məsələlərinin həllində xüsusi əhəmiyyət kəsb edən süni intellektin tədqiqat istiqamətlərinin və informasiya emalı texnologiyalarının inkişaf mərhələlərinin müasir vəziyyətlərinin müqayisəli analizinə, eyni zamanda biliklərin təsviri və emalının modelləşdirmədə roluna baxılmışdır.

Dərs vəsaiti ali texniki məktəblərdə təhsilin müxtəlif səviyyələrində istifadə üçün nəzərdə tutulmuşdur və ondan kompüter elmləri ixtisasları üzrə doktorant və dissertantlar da bəhrələne bilərlər.

# MÜNDƏRİCAT

<b>Giriş</b> .....	7
<b>I FƏSİ. İnformasiya texnologiyalarının inkişafı mərhələləri və müasir vəziyyəti</b> .....	12
1.1. Cəmiyyətin kompüterləşdirilməsinin nəzəri və təcrübi əsasları.	12
1.2. İlk informasiya emalı texnologiyası.....	13
1.3. İstifadəçinin terminal müdaxiləsini təmin edən İET.....	17
1.4. Yeni informasiya emalı texnologiyası.....	20
1.5. Süni intellekt üzrə tədqiqatların əsas istiqamətləri.....	21
1.6. Soft Computing texnologiyalarının tətbiqi ilə intellektual interfeysin yaradılması.....	25
1.7. İnformasiya və kommunikasiya texnologiyalarının inkişafının müasir vəziyyəti və perspektivləri.....	28
1.8. İKT-in İnformasiya Cəmiyyətinin yaradılmasında əsas inkişaf istiqamətləri.....	34
1.9. Respublikada İKT-in inkişaf perspektivləri.....	36
<b>II FƏSİL. Kompüterdə biliklərin təsviri üsulları</b> .....	40
2.1. Kompüterdə verilənlərin təsvirinin inkişaf mərhələləri.....	41
2.2. Biliklərin spesifik əlamətləri.....	42
2.2.1. Semantik şəbəkələr.....	45
2.2.1.1. Biliklərin təsviri sisteminin strukturu və elementləri.....	46
2.2.2. Biliklərin Freym modelləri ilə təsviri.....	48
2.2.3. Biliklərin məntiqi modelləri.....	50
2.2.4. Biliklərin produksiyalarla təsviri .....	51
2.2.4.1. Produksiya qaydalarının dinamik sistem kimi fəaliyyəti....	52
2.3. Süni intellektin dialoq sistemləri.....	53
2.3.1. İntellektual informasiya-axtarış sistemləri.....	54
2.3.2. İntellektual tətbiqi proqram paketləri.....	56
2.3. Hesabi-məntiqi sistemlər.....	57
2.3.4. Ekspert sistemləri.....	58
2.3.5. Ekspert sistemlərinin əsas funksiyaları.....	60
2.3.6. Paylanmış ekspert sistemləri.....	62
2.3.7. Hibrid ekspert sistemləri.....	63

<b>III FƏSİL. İstehsal sistemlərinin modelləşdirmə üsulları.....</b>	<b>64</b>
3.1. İstehsal sistemlərinin modelləşdirmə sistemlərinin evolyusiya prosesi və onların modelləşdirilməsinə qoyulan tələbatlar.....	64
3.2. Modelləşdirmə üsullarının təsnifatı.....	66
3.2.1. Diskret xarakterli istehsal sistemlərinin analitik modelləşdirmə ilə tədqiqi üsulları.....	67
3.3. Çevik istehsal modulunun sonlu avtomatlarla modelləşdirilməsi.....	69
3.4. Çevik istehsal modulunun paralel fəaliyyətli asinxron proseslərlə modelləşdirilməsi.....	71
3.5. Çevik istehsal modulunun produksiya modelləri ilə modelləşdirilməsi.....	74
3.6. Çevik istehsal modulunun şəbəkə modelləri ilə modelləşdirilməsi.....	78
3.7. Çevik istehsal sistemlərinin idarəolunmasında və modellərinin tədqiqində Petri şəbəkələrinin tətbiqinin xüsusiyyətlərinin təyini...80	80
3.8. Çevik istehsal sisteminin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasının işlənməsi.....	83
3.9. Müxtəlif təyinatlı modelləşdirmə aparatları ilə modelləşdirilən çevik istehsal modulunun təsvirinin Petri şəbəkəsinə çevrilməsi alqoritmlərinin işlənməsi.....	87
3.9.1. Çevik istehsal modulunun fəaliyyətinin sonlu avtomatlarla təsvirinin Petri şəbəkəsi modelinə çevrilməsi alqoritmı.....	87
3.9.2. Çevik istehsal modulunun paralel fəaliyyətli asinxron proseslərlə təsvirinin Petri şəbəkəsi modelinə çevrilməsi alqoritmı.....	90
3.9.3. Çevik istehsal modulunun fəaliyyətinin produksiya modelinin Petri şəbəkəsi modelinə çevrilməsi alqoritmı.....	92
3.10. Çevik istehsal modulunun fəaliyyət alqoritmının Petri şəbəkəsi ilə tədqiqi mərhələləri.....	96
3.11. İkiəlli manipulyatorun fəaliyyət alqoritmının Petri şəbəkəsi ilə tədqiqi .....	99
<b>IV FƏSİL. İstehsal sistemlərinin imitasiya modelləşdirilməsi..</b>	<b>105</b>
4.1. Diskret xarakterli mürəkkəb sistemlərin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqi üsulları.....	105

4.2. Diskret xarakterli mürəkkəb sistemlərin proseslərə oriyentasiya olunan xüsusişdirilmiş imitasiya modelləşdirilməsi dilləri ilə tədqiqi.....	109
4.3. Problem-yönümlü imitasiya modelləşdirilməsi sistemlərinin yaradılmasında süni intellekt üsullarının istifadəsi.....	113
4.4. Diskret xarakterli mürəkkəb sistemlərin kompüteriyönümlü texnologiyalarla analitik modelləşdirilməsi.....	119
4.5. İmitasiya modelləşdirilməsinin nailiyyətləri və inkişafının perspektivləri.....	121
<b>V FƏSİL. Mürəkkəb istehsal sisteminin imitasiya modelinin arxitekturası.....</b>	<b>123</b>
5.1. Mürəkkəb sistemin struktur sxemi.....	124
5.2. Diskret xarakterli mürəkkəb sistemin imitasiya modelinin arxitekturası.....	125
5.3. Mürəkkəb sistemdə baş verən proseslər haqqında.....	128
<b>Nəticə.....</b>	<b>132</b>
<b>İstifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı.....</b>	<b>133</b>

## GİRİŞ

Fiziki modelləşdirmədən fərqli olaraq riyazi modelləşdirmənin sıçrayışlı inkişafı hesablama texnikasının sənaye üsulu ilə istifadəsi ilə başlanmışdır və yeni bir elm sahəsinin süni intellektin əsasını yaratmışdır. İlkin olaraq süni intellektin bir elm sahəsi kimi formalaşması iki əsas istiqamətdə yerinə yetirilmişdir.

Süni intellektin inkişafının birinci istiqamətində əsas məqsəd insan beyninin psixofizioloji xassələrini nəzərə almaqla onun fəaliyyətinin modelləşdirilməsi olmuşdur. Son nəticədə isə həmin psixofizioloji xassələrin elektron hesablama maşınları (EHM) və ya süni intellektin texniki qurğuları vasitəsi ilə yerinə yetirilməsi nəzərdə tutulurdu. EHM-in sürətli inkişafı, onların riyazi, alqoritmik və proqram təminatlarının zənginləşdirilməsi birinci istiqamətin yeganə və əsas istiqamət olmadığı ideyasının yaranmasına səbəb oldu. Baxmayaraq ki, süni intellektin birinci inkişaf istiqamətinin reallaşdırılması nəticəsində müəyyən nailiyyətlər əldə olundu və hal-hazırda da elmin və texnikanın müxtəlif sahələrində istifadə olunur, perspektivli istiqamət kimi 2-ci yanaşma daha əsas hesab edilir.

Süni intellektin inkişafının ikinci istiqaməti özünün tədqiqatlarında insan beynin psixofizioloji fəaliyyətini demək olar ki, nəzərə almır. Bu halda EHM-ə hər hansı bir problemin həllində bir alət kimi baxılır. Süni intellektin tədqiqatçıları isə insanın yaradıcı fəaliyyətinin nəticələrini EHM vasitələri ilə təsvir və emal edən proseslərin proqram vasitələrinin yaradılması ilə məşğul olurlar.

Qeyd etmək yerinə düşər ki, süni intellektin ikinci istiqamətinin inkişafı EHM-in tətbiqinin ilkin mərhələlərində yaranmış bir sıra, əsası olmayan stereotipləri – “maşın qərar qəbul edir”, “maşın situasiyaları və ya təsvirləri qavrayır”, “maşın mürəkkəb xarakterli prosesləri idarə edir”, eyni zamanda “ağıllı”, “fikirləşən” maşınlar və s., ağılasığmayan fikirləri darmadağın etdi. Belə ki, EHM sahəsində çalışan və eyni zamanda bu sahə ilə təmasda olan mütəxəssislər çox gözəl bilirlər ki, EHM-in daxilində baş verən proseslərin əqli fəaliyyətlə heç bir əlaqəsi yoxdur. bu, onunla əlaqədardır ki, EHM-in

hər hansı bir problemin həlli məsələsinin proqramını insan tərtib edir. Yəni “maşın şahmat oynayır” dedikdə nə maşın, nə də proqram şahmat oynamır, şahmat oynayan isə şahmat oyununu formalizə edən və onun proqramını tərtib edən insandır. Məhz insan EHM-in bilikləri maşın proqramları şəklində toplamaq və lazım olan momentdə işə salmaq imkanlarından istifadə etməklə, müxtəlif təyinatlı problemləri həll etmək iqtidarındadır. Bu nöqtəyi-nəzərdən EHM-in şahmat oynaması, şahmat proqramlarını yaradan riyaziyyatçı-proqramçıların arasındakı yarışdan başqa bir şey deyildir. Beləliklə, göstərmək olar ki, EHM-in hansı problemin həllində istifadə olunmasına baxmayaraq, hər hansı bir işin arxasında insan faktoru dayanır. Göründüyü kimi, süni intellektin inkişafı kompüter texnikasının və onun riyazi, alqoritmik və proqram təminatlarının yaradılması və təkmilləşdirilməsindən, bu resurslardan qeyri proqramçı istifadəçilərin kütləvi istifadəsinin təşkilindən, yəni bu məqsədlə daha səmərəli informasiya texnologiyalarının yaradılmasından, ciddi şəkildə asılıdır.

Süni intellektin inkişaf istiqamətləri və informasiya texnologiyalarının yeniliklərlə təkmilləşdirilməsi, ümumiyyətlə modelləşdirmədə bir sıçrayışa səbəb oldu. Belə ki, artıq əksər eksperimentlər ayrıca qəbul edilmiş fiziki modellər üzərində deyil, kompüter modeli üzərində tədqiq olunmağa başlandı, yəni layihələndirilən obyekt (texnoloji proseslər, informasiya sistemləri, çevik istehsal sistemləri və s.) fiziki eksperimentlərlə tədqiq oluna bilmirsə, onda riyazi modelləşdirmə üsullarından istifadə olunur. Bu halda obyektin bəzi xassələri riyazi ifadələr (ədədlər, dəyişənlər, matrislər, çoxluqlar və s.) və onlar arasındakı münasibətlərlə təsvir olunaraq tədqiq olunur. Riyazi modelləşdirmə analitik və imitasiya modelləşdirilməsinə bölünür.

Analitik modelləşdirmə funksional əlaqələr (cəbri, integro-diferensial, sonlu fərqlər və s.) və ya məntiqi şərtlər şəklində təsvir olunur. Əksər hallarda obyektin fəaliyyətini və elementləri arasındakı qarşılıqlı əlaqəni təsvir edən analitik yazılışları almaq çətinləşir və bəzi hallarda isə hətta mümkün olmur. Bu problem obyektin



fəaliyyət dinamikasının və təsadüfi faktorların təsirləri hallarında daha da çətinləşir. Belə hallarda imitasiya modelləşdirilməsindən istifadə olunması aktualıq kəsb edir.

Prinsip etibarını ilə imitasiya modelləşdirilməsi fiziki modelləşdirmə ilə eksperimentlərə oxşayır. Fərqi ondadır ki, imitasiya eksperimentləri fiziki model üzərində deyil, kompüter modeli üzərində həyata keçirilir. Yəni imitasiya modelləşdirilməsində modeldə ilkin göstəriciləri dəyişdirməklə eksperimentin nəticələri analiz olunaraq qərarlar qəbul olunur. İmitasiya modelləşdirilməsi proqramlaşdırma dilləri vasitəsi ilə kompüterdə realizə olunur. Bu məqsədlə Pascal, C++, Delphi və s. kimi universal dillərdən istifadə etməklə obyektin imitasiya modeli işlənir, obyektin fəaliyyəti tənliklər ardıcılıqları şəklində təsvir olunur, proqram dillərində kodlaşdırılaraq kompüterə daxil edilir. Təbiidir ki, belə proqramların yaradılması texnologiya üzrə mütəxəssislərin, riyaziyyatçı və proqramlaşdırıcıların birgə əməyi nəticəsində uzun müddətli vaxt intervalında yerinə yetirilir (bir neçə aylar, hətta illərlə). Bu tip modellər çox böyük həcmli olur, onların sazlanması, səhvlərinin düzəldilməsi, çətinliklərlə müşayiət olunur. Bəzi hallarda modelin işlənməsi obyektin inkişaf səviyyəsindən geri qalır və model öz əhəmiyyətini itirir.

Alternativ istiqamət kimi xüsusişdirilmiş dillər və imitasiya modelləşdirilməsi sistemlərinə əsaslanan metodlardan istifadə olunur. Xüsusişdirilmiş dillərdə yazılmış ayrı-ayrı dinamik modellərin vəziyyətlərinin dəyişməsi ilə sistemin fəaliyyəti imitasiya olunur. Göründüyü kimi, proses tənliklər sistemi ilə deyil, ayrı-ayrı dinamik modellərin müəyyən vaxtla və fəzada qarşılıqlı əlaqələri ilə təsvir olunur. Bu zaman obyektin fəaliyyəti bir vəziyyətdən digər vəziyyətə keçidlərlə, yəni əməliyyatların başlanğıcı və sonu ilə ardıcıl olaraq təsvir edilir.

İmitasiya modelləşdirilməsinin əsas çatışmayan cəhəti odur ki, modelləşdirmənin nəticələri eksperimenti aparan mütəxəssisə aşkar şəkildə çatdırılmır və onları interpretasiya etmək tələb olunur. Odur ki, imitasiya modelləşdirilməsinin xüsusişdirilmiş dilləri kompüter

animasiyası proqramları ilə birlikdə istifadə edilir. Kompüter animasiyası prosesin dinamikasını imitasiya modelinin işinə uyğun olaraq ekranda təsvir edir və nəticələri monitorun ekranına çıxarır.

Dərs vəsaiti kompüter elmləri və informasiya texnologiyaları və sistemləri mühəndisliyi ixtisasları üzrə bakalavriatura və magistraturada təhsil alan tələbələr üçün nəzərdə tutulur.

Dərs vəsaitinin birinci fəslində süni intellektin klassik inkişaf istiqamətləri və müasir texnika və texnologiyalara əsaslanan perspektiv inkişaf istiqamətlərinə əsaslanan konsepsiyalara baxılır. İnformasiya texnologiyalarının inkişafının mərhələləri, yeni informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının mövcud vəziyyəti və inkişafının perspektivləri məsələləri araşdırılır.

İkinci fəsilə süni intellektin inkişafının əsas komponentlərindən biri hesab olunan biliklərin kompüterdə təsviri üsulları, verilənlər və biliklər bazalarının, onların idarəetmə sistemlərinin yaradılması və inkişafı mərhələləri, eyni zamanda süni intellektin dialoq sistemlərinin əsaslarına baxılmışdır.

Dərs vəsaitinin üçüncü fəslində istehsal sistemlərinin evolyusiya prosesi və onların modelləşdirilməsinə qoyulan tələbatlar göstərilmiş, modelləşdirmə üsullarının təsnifatına əsasən diskret xarakterli istehsal sistemlərinin analitik modelləşdirmə ilə tədqiqi üsullarına baxılmışdır. Bu məqsədlə tədqiqat obyektini kimi qəbul olunmuş çevik istehsal sistemlərinin misalında diskret proseslərinin modelləşdirilməsində geniş tətbiq olunan modelləşdirmə alətləri – sonlu avtomatlar, paralel fəaliyyətli asinxron proseslər, produksiya sistemləri və Petri şəbəkələri müqayisəli analiz edilmiş, hər birinin üstün və çatışmayan cəhətləri təyin olunaraq səmərəli tətbiq sahələri göstərilmişdir. Diskret xarakterli istehsal sahələrinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasına baxılmışdır.

Arxitekturaya uyğun olaraq müxtəlif təyinatlı modelləşdirmə aparatlarından – sonlu avtomatlar, paralel fəaliyyətli asinxron proseslər, produksiya qaydaları modellərindən Petri şəbəkəsi modelinə çevirmə alqoritmləri göstərilmişdir.

Dördüncü fəsildə diskret xarakterli mürəkkəb sistemlərin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqi üsullarına baxılmış, bu məqsədlə mövcud imitasiya modelləşdirilməsi dillərinin müqayisəli analizi və səmərəli tətbiq sahələri göstərilmişdir. İmitasiya modelləşdirilməsinin inkişaf mərhələlərinə baxılmışdır: universal dillər (Fortran, Pascal, Modula, Ada və s.) vasitəsi ilə yaradılan imitasiya modelləri; xüsusişdirilmiş imitasiya modelləşdirilməsi dilləri (GPSS-in müxtəlif versiyaları, SİMULA və s.) vasitəsi ilə yaradılmış imitasiya modelləri; obyekt yönümlü imitasiya modelləşdirilməsi dilləri (SİMULA 67, C<sup>++</sup> və s.) vasitəsi ilə yaradılan imitasiya modelləri.

Beşinci fəsil mürəkkəb istehsal sisteminin imitasiya modelinin arxitekturasının işlənməsinə həsr olunmuşdur. Bu məqsədlə mürəkkəb sistemin struktur sxeminə baxılaraq onun imitasiya modelinin arxitekturasına qoyulan tələbatlar göstərilmiş, diskret xarakterli mürəkkəb sistemin imitasiya modelinin formal yazılışı verilmiş və arxitekturasına baxılmışdır.

# I FƏSİL

## İNFÖRMASİYA TEXNOLOGİYALARININ İNKİŞAFI MƏRHƏLƏLƏRİ VƏ MÜASİR VƏZİYYƏTİ

### 1.1. Cəmiyyətin kompüterləşdirilməsinin nəzəri və təcrübə əsasları

Ötən əsrin ortalarından başlayaraq elm və texnikanın müxtəlif sahələrində mexanizasiya və avtomatlaşdırmanın geniş tətbiqi, yeni istehsal texnologiyalarının işlənməsi və istifadəsi, istehsal sferasında çalışan işçilərin fiziki əməklərini yüngülləşdirməklə onların əqli fəaliyyətlərinin yüksəldilməsi istiqamətində də yeni yanaşmaları aktuallaşdırdı. Belə ki, yeni istehsal texnologiyaları idarəetmənin informasiya sferasında məşğul olan işçilərin sayının artırılmasını tələb etdiyindən, göstərilən boşluğun təmin olunması məhz istehsal sferasında işləyən işçilərin intellektual səviyyələrinin artırılması hesabına səmərəli olardı [1].

İnformasiya sferasında əmək predmeti kimi müxtəlif növ informasiyalar, istehsal vasitələri kimi isə kompüterlərin bütün sinifləri, əlaqə vasitələri, kağızsız informasiya daşıyıcıları və s. qəbul edilir. Odur ki, cəmiyyətin, elm və texnikanın bütün sahələrinin kompüterləşdirilməsi obyektiv tələbat kimi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Təcrübə göstərir ki, cəmiyyətin kompüterləşdirilməsi, hesablama texnikasının sıçrayışlı inkişafına səbəb olmaqla, onların qiymətlərinin də kəskin şəkildə ucuzlaşmasına gətirib çıxartdı. Bunların əksinə proqram təminatının qiyməti əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldi və hal-hazırda da artmaqdadır. Məs., 90-cı illərin statistikasına görə ABŞ-da yeni proqram təminatının yaradılmasına və istifadəsinin təminatına 80 % resurs tələb olunsay da, kompüterin aparaturasının istehsalına 20 %-dən də az resurs tələb olunurdu. Hal-hazırda da bu nisbət 2-cinin xeyrinə olaraq azalmağa davam edir.

Göründüyü kimi, cəmiyyətin kompüterləşdirilməsi yeni bir elmi sahəsinin informatikanın yaranmasına səbəb olmaqla, tərkibində öz texniki bazası – kompüterlər, əlaqə vasitələri və digər resursları

olan informasiyaların emalı sənayesinin formalaşmasını həyata keçirmişdir. Informatikanın problemləri çox genişdir – kompüterlərin arxitekturasının layihələndirilməsinin və element bazasının nəzəri əsaslarından başlayaraq, layihələndirmədə, planlaşdırmada və idarəetmədə və verilənlərin emalında hesablama texnikasının hərtərəfli tətbiqi məsələlərindən yerinə yetirilməsinə kimi olan tədbirlər çoxluğu. Təbiidir ki, verilənlərin emalı riyazi modelləşdirmə, optimallaşdırma, əməliyyatların tədqiqi, sistemli analiz və s. məsələlərin həlli ilə sıx əlaqədardır.

Qeyd olunduğu kimi kompüterləşdirmə hesablama texnikasının kütləvi olaraq elm və texnikanın müxtəlif sahələrində geniş istifadəsini nəzərdə tutur. Təbiidir ki, bu konsepsiyanın həyata keçirilməsi çoxlu sayda peşəkar proqramçılar ordusunun olmasını tələb edirdi. Məlum olduğu kimi kompüterləşdirmənin ilkin dövründə yüksək ixtisaslı proqramçılar məhdud sayda idi. Bu problemin müvəffəqiyyətli həlli üçün hesablama texnikasının yarandığı ilk dövrlərdən öz sahələrinin peşəkar mütəxəssisləri olan, ancaq proqramçı olmayan insanların kompüterdən istifadə etmələri üçün müxtəlif informasiya texnologiyaları tətbiq edilmişdir və hal-hazırda da bu tendensiya davam etdirilməkdədir. Növbəti alt fəsildə həmin informasiya emalı texnologiyalarının inkişaf mərhələlərinə baxılır.

## **1.2. İlkin informasiya emalı texnologiyası**

Ənənəvi informasiya emalı texnologiyalarında (İET) məsələnin kompüterdə həlli prosesində, sifarişçi (kompüter istifadəçisi) ilə kompüter arasında bir neçə vasitəçi fəaliyyət göstərir. Şəkil 1.1-də ilkin İET-in struktur sxemi ilə informasiya emalının mərhələləri göstərilmişdir.

Sifarişçi – predmet sahəsinin mütəxəssisi, öz peşə dilində kompüterdə həlli tələb olunan məsələni formalaşdırır və ilkin yazılışı analitiklə razılaşdıraraq, ona təqdim edir.

Tətbiqi riyaziyyatçı sifarişçinin məsələsinin ilkin riyazi

modelini və həlli alqoritmini formalaşdırır.

Proqramçı məsələnin ilkin riyazi modelinin kompüterdə emalı və sazlanması üçün proqramını alqoritmik dillərin hər hansı birində tərtib edir.

Tərtib edilmiş proqram operator tərəfindən informasiya daşıyıcılarından hər hansı birinə (perfolent, perfokart, maqnit lenti və s.) translyasiya edilir və xüsusi oxuyucu qurğularla avtomatik şəkildə oxunulan informasiya kompüterin yaddaş qurğularından birinə yazılır.

Məsələnin həlli proqramı proqramçı tərəfindən tam şəkildə saxlandıqdan sonra test verilənləri ilə sınaqdan keçirilir və bundan sonra sifarişçinin ilkin verilənləri daxil edilərək onun məsələsi həll olunur və tələb olunan formada alınan nəticələr sifarişçiyə təqdim edilir.

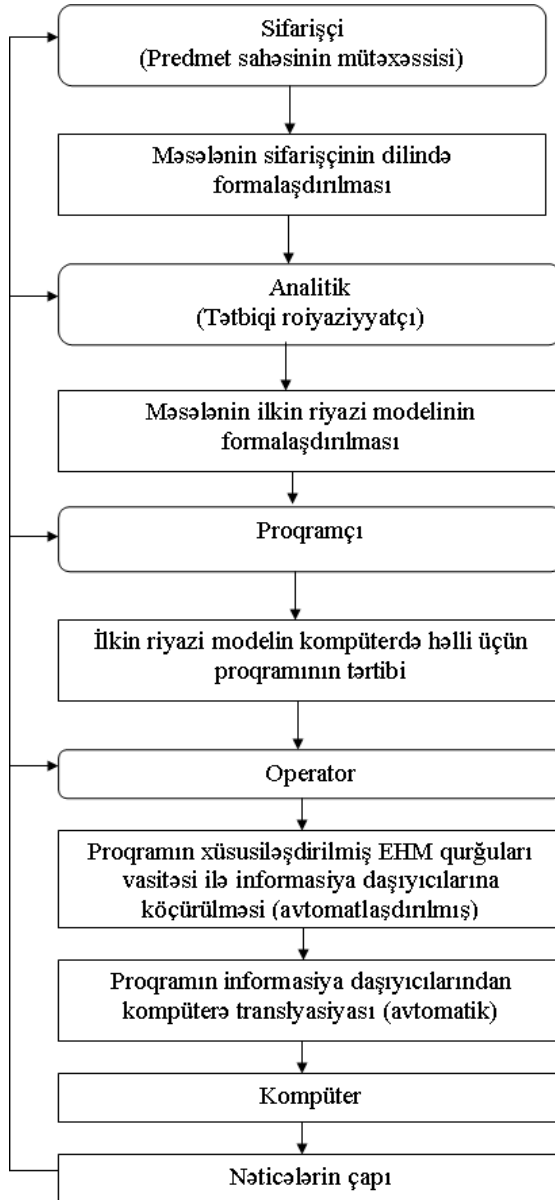
İlkin İET-in analizi nəticəsində aşağıdakıları göstərmək olar:

- Sifarişçi, yəni predmet sahəsinin mütəxəssisi kompüterdən tam şəkildə təcrid edilmişdir;

- kompüterin daxilində baş verən proseslərdən başqa bütün əməliyyatlar kağız üzərində yerinə yetirilir (sifarişçi tərəfindən məsələnin qoyuluşu, analitik tərəfindən riyazi modelin və həll alqoritminin işlənməsi, proqramçı tərəfindən proqramın tərtibi, operator tərəfindən proqramın kağız perfolent və perfokartlara köçürülməsi və nəhayət nəticələrin şap qurğusu vasitəsi ilə kağız daşıyıcılara həkk edilməsi);

- məsələnin həlli üçün məsələnin qoyuluşu, riyazi modelin yaradılması və həll alqoritminin işlənməsi, proqramın tərtibi və kompüterdə emalı və sazlanması iterasiyalı prosesdir. Belə ki, hər bir mərhələdə yol verilən nəzəri, praktiki və mexaniki səhvlər növbəti mərhələlərə tiraj olunur, əgər aşkarlanmasa ancaq son mərhələdə, yəni nəticələrdə özünü göstərir və proqramın sazlanması mərhələsi səhvlər düzəlmə qədər təkrarlanır.

Göründüyü kimi, ilkin İET-də məsələnin həlli üçün proqramın sazlanması avtomatlaşdırılmış şəkildə, yəni operator və ya proqramçının müdaxiləsi ilə, ilkin verilənlər daxil edildikdən sonra



Şəkil 1.1. İlkin İET-in strukturu

kompyuterdə məsələnin informasiyalarının emalı və nəticələrin çapı (avtomatik şəkildə) istisna olmaqla, bütün digər mərhələlər kompyuterdən kənarında, kağız daşıyıcıları üzərində yerinə yetirilir.

Proqram tam hazır olduqdan sonra sifarişçi məsələsinin həlli üçün tələb olunan giriş informasiyalarını (gün, həftə, yarım aylıq, aylıq və s. təqvim günləri

üçün) informasiya hesablama mərkəzinə (İHM) təqdim edir, ilkin informasiya kompyuterin operatoru tərəfindən uyğun informasiya daşıyıcılarına translyasiya olunaraq kompyutərə daxil edilir, məsələnin həllinə aid proqramdan istifadə edilərək verilənlər emal olunur və uyğun nəticələr çap olunaraq sifarişçiyə təqdim edilir.

Prosesin çoxmərhələli və əmək tutumlu olmasına baxmayaraq ilkin İET-in aşağıdakı müsbət xüsusiyyətlərini qeyd etmək olar:

-EHM-dən istifadənin üstünlüklərini ayrı-ayrı sifarişçilərlə əlaqədə maarifləndirmə işlərinin təşkili, EHM kollektivləri tərəfindən aparılmasına baxmayaraq, öz sahəsinin peşəkar mütəxəssisləri çox həvəssiz şəkildə ondan istifadə etmək istəyirdilər. Odur ki, bu stereotipi aradan qaldırmaq üçün EHM-in işçiləri ayrı-ayrı sifarişçilərə üz tutaraq, əsas məsələlərin həllini öz üzərinə götürməklə kompyuterin üstünlüklərini təbliğ etdilər və sifarişçilərin EHM-ə üz döndərmələrinə nail oldular. Yəni bu üstünlüklərə şahidlik edən sifarişçilər artıq başqa xarakterli məsələlərin də EHM-də həllinə təşəbbüs göstərməyə başladılar;

- ayrıca seçilmiş hər hansı bir müəssisənin daxilində eyni növ məsələlərin ayrı-ayrı bölmələrdə yerinə yetirilməsinin kompyuterdə bir universal proqramla həllinin təşkili, EHM-in istifadəsinin səmərəlilik meyarını yüksəltdiyindən sifarişçilərin EHM-ə olan münasibətləri daha da artırdı;

- EHM-in istifadəsi təcrübəsi yüksəldikcə bir qrup mütəxəssislərin, xüsusən də elmi-tədqiqat işləri ilə məşğul olan tədqiqatçıların öz üzərində işləyərək biliklərini artırmağa və bəzi vasitəçilərin funksiyalarını yerinə yetirməsinə şərait və maraq yaradır. Bu iş sifarişçilərlə vasitəçilər arasında sıx əlaqəni daha da genişləndirir. Belə ki, artıq sifarişçi və vasitəçilərdən fərqli universal



funksiyalara malik olan bir qrup mütəxəssislər yaranır ki, onlarda öz məsələlərinin qismən də olsa EHM-də sərbəst şəkildə həll etmək imkanına malik olurlar.

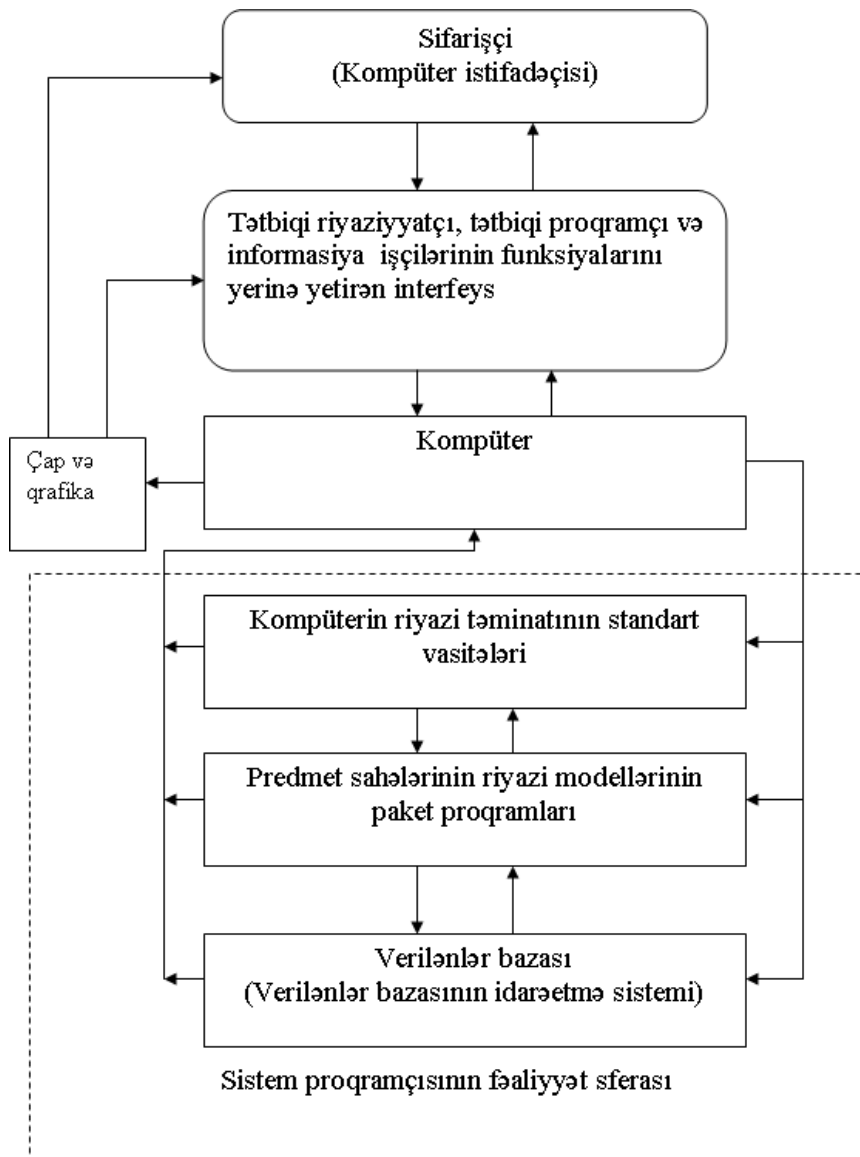
Göstərilənlər EHM-in texniki, proqram təminatları və istismarı ilə məşğul olan mütəxəssislərini daha səmərəli İET-in yaradılması istiqamətində işlərin yerinə yetirilməsini aktuallaşdırır.

### **1.3. İstifadəçinin terminal müdaxiləsini təmin edən İET**

Kompüter texnikasının element bazasının sıçrayışlı inkişafı, onların əsasında daha yüksək funksional imkanlara və sürətə malik texniki təminatların, eyni zamanda yeni alqoritmik dillərin əsasında müxtəlif təyinatlı tətbiqi paket proqramların işlənməsi, yeni İET-in yaradılması zərurətini aktuallaşdırdı. Bu istiqamətdə ilk addım kimi sifarişçi ilə kompüter arasındakı vasitəçilərin sayının minimuma endirilməsi və müəyyən müddətdən sonra isə tamamilə aradan qaldırılması məsələsi qarşıya məqsəd kimi qoyuldu.

Göstərilən problemi həll etmək üçün yaradılan istifadəçinin terminal müdaxiləsini təmin edən İET-in struktur sxemi şəkil 1.2-də verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi sifarişçi ilə kompüter arasındakı ilkin İET-dəki vasitəçiləri, onların funksiyalarını özündə cəmləşdirən EHM-in interfeysi yerinə yetirir. EHM-in interfeysi aşağıdakı proqram məhsullarından təşkil olunur: yüksək səviyyəli alqoritmik dillər; biliklər bazasına (BB) sorğu dilləri; tətbiqi proqram generatoru, hesabatlar generatoru və s.

İstifadəçinin kompüterə terminal müdaxiləsini təmin edən İET-da yeni bir fəaliyyət sferası sistem proqramçısı funksiyasını yerinə yetirən proqramçılar qrupu yaradılır. Sistem proqramçısının əsas funksiyası kompüterin interfeysinin proqram məhsullarının, kompüterin riyazi təminatının standart vasitələrinin, predmet sahələrinin riyazi modellərinin paket proqramlarının, VB-nin və VB-nin idarəetmə sisteminin (VBİS) və b. xidmət sistemlərinin yaradılması və istismarının təşkilidir.



Şəkil 1.2. İstifadəçinin terminal müdaxiləsini təmin edən İET-nin strukturu

Terminal müdaxiləsi İET-də digər üstünlük ondan ibarətdir ki, sifarişçi ilə sistem arasında çap və ya qrafika qurğusu vasitəsi ilə birbaşa əlaqə olduğundan proqramın sazlanmasında, eyni zamanda məsələnin həllində operativ olaraq optimal variantların seçilməsini təmin etmək olur. Bu imkanlardan, yəni tətbiqi paket proqramlarından, güclü verilənlər bazalarından istifadə etməklə, sifarişçi nisbətən mürəkkəb məsələləri hesablama komplekslərində həll edə bilər. Artıq ondan əlavə biliklər mənimsəməsi o qədər də tələb edilmir. Yəni kompüterin daxili və xarici intellektləşdirilməsi nəticəsində sifarişçinin ondan istifadə etməsinin kütləviliyi nisbətən yüksəlir.

Göstərilən halda məsələnin həlli üçün tələb olunan verilənlər VB-də, ayrı-ayrı məsələlərin həlli üçün proqramlar xüsusi kitabxanalarda toplandığından sifarişçi terminal müdaxiləsi vasitəsi ilə blokların ardıcılığını yaratmaqla öz məsələsini həll edən proqramı formalaşdırır. Qeyd edək ki, terminal müdaxiləli İET-də sifarişçi kompüterlə bilavasitə ünsiyyətdə olur.

İnformasiya texnologiyalarının növbəti inkişaf mərhələsində sifarişçinin kompüterə birbaşa müdaxiləsinin təmin edilməsi istiqamətində işlərin yerinə yetirilməsi nəzərdə tutulur. Bu məsələnin həlli iki istiqamətdə aparılmışdır. Birinci istiqamətdə sifarişçi kompüter elmlərini öyrənərək vasitəçilərin bütün funksiyalarını öz üzərinə götürür. Qeyd edək ki, bu istiqamət məcburi ola bilməz, belə ki, bu növ yanaşma sifarişçini yenidən kompüterdən təcrid olunmağa gətirib çıxarardı. Bu problemə baxmayaraq bəzi sifarişçilər, xüsusən də elmi-tədqiqat işləri ilə məşğul olan istifadəçilər bu yolu seçdilər və kifayət dərəcədə nailiyyətlər də əldə etdilər. Bu işdə onların fəaliyyətinə o dövrdə yeni yaradılan fərdi İBM tipli kompüterlər, orta və mikro kompüterlər xüsusi köməklik göstərdi. Fərdi istifadəçilər üçün vacib məsələlərdən biri servis vasitələrinin – mətn redaktorları, işçi qrafika, elektron cədvəllər, relyasiyalı verilənlər bazaları, telekommunikasiya və s., yaradılması və istifadəsi oldu.

İkinci yol istifadəçinin kompüterə birbaşa müdaxiləsi problemlərinin həyata keçirilməsi ilə yerinə yetirilir.

#### **1.4. Yeni informasiya emalı texnologiyası**

İkinci istiqamətdə vasitəçilərin bütün funksiyalarını kompüter öz üzərinə götürür. Belə ki, kompüterin daxilində aparat və proqram vasitələri ilə yaradılan və süni intellekt sahəsində alınmış ideya və metodlara əsaslanan intellektual interfeys, göstərilən funksiyaları müvəffəqiyyətlə realizə edir.

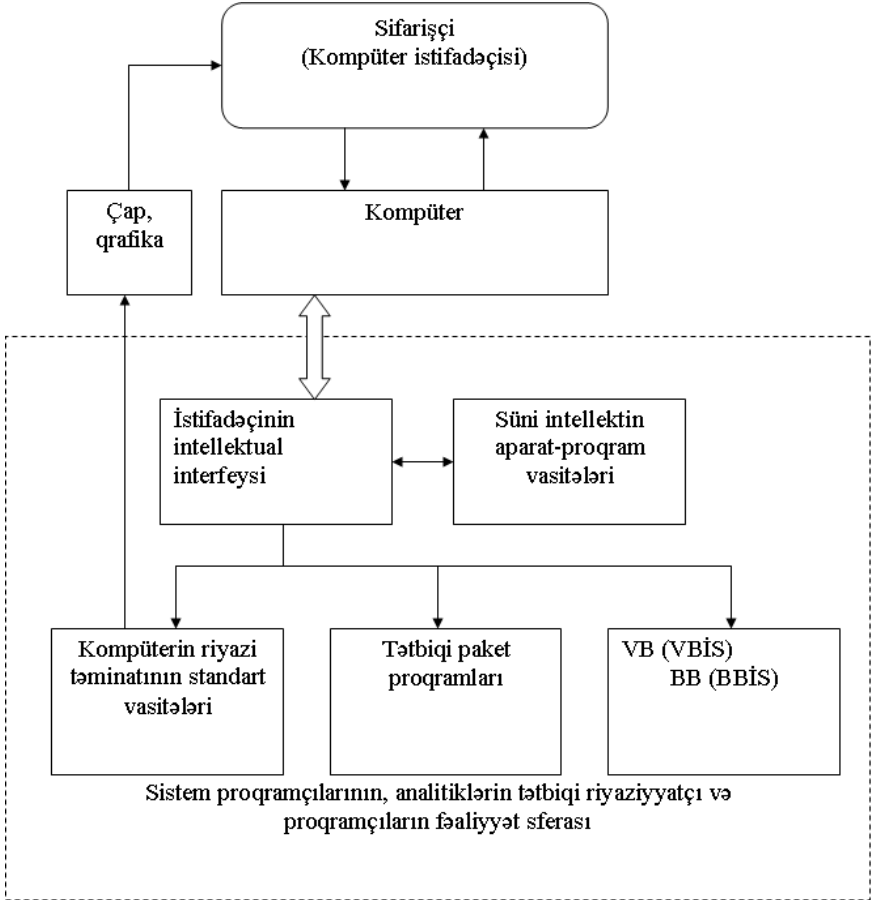
Yeni İET-in əvvəlki İET-dən əsas fərqli üstünlüyü aşağıdakından ibarətdir: əvvəlki İET-də istifadəçi və vasitəçilər kompüterin səviyyəsində olan işləri yerinə yetirirdisə, artıq kompüterin səviyyəsi intellektual interfeysin, sistem və tətbiqi proqramçıların, analitiklərin hesabına o dərəcədə yüksəlir ki, kompüter insana xas fəaliyyət sferasını öz üzərinə götürür.

Yeni İET-in strukturunu şəkil 1.3-də göstərildiyi kimi təsvir etmək olar. Şəkildən görüldüyü kimi süni intellektin məntiqi-lingvistik modellərindən (Sİ MLM) yaradılan aparat-proqram vasitələri ilə birlikdə kompüterin intellektual interfeysi proqramist olmayan istifadəçilərin kompüterə birbaşa müdaxiləsini təmin etməklə kompüterləşmənin kütləvililiyini aktuallaşdırır.

Müxtəlif təyinatlı rabitə vasitələrindən istifadə etməklə lokal və qlobal hesablama şəbəkələrinin yaranması nəticəsində intellektual interfeysli kompüterlər insanlar arasında kommunikasiya əlaqələrinin yaranmasına – planlaşdırma, layihələndirmə, elmi-tədqiqat və operativ idarəetmə məsələlərinin kollektiv həllində, məqsədyönlü fəaliyyətlərinə şərait yaratdı.

Süni intellektin nailiyyətləri əsasında proqramçı olmayan kompüter istifadəçiləri artıq öz məsələlərini adi danışq dilinin alt çoxluğu olan peşə dillərində həll etmək imkanına malik oldular.

Göründüyü kimi süni intellekt yeni İET-in əsası olmaqla onun sonrakı mərhələlərdə inkişafının əsaslarını yaratdı. Əgər əvvəlki İET-də verilənlərin emalı industriyasından söhbət gedirdisə, artıq süni intellektin ideya və metodlarına əsaslanan intellektual sistemlərin industriyası aktuallaşdı. Odur ki, növbəti alt fəsildə süni intellektin əsas tədqiqat istiqamətlərinə baxılır.



Şəkil 1.3. Yeni informasiya emalı texnologiyasının stukturu

### 1.5. Süni intellekt üzrə tədqiqatların əsas istiqamətləri

Süni intellekt kompleks elmi-texniki bir problemdir və bu problemin həlli üçün dörd istiqamətdə tədqiqatların aparılması keçən əsrin 90-cı illərindən prioritet kimi formalaşdırılmış və hal-hazırda da aktuallıq kəsb edir.

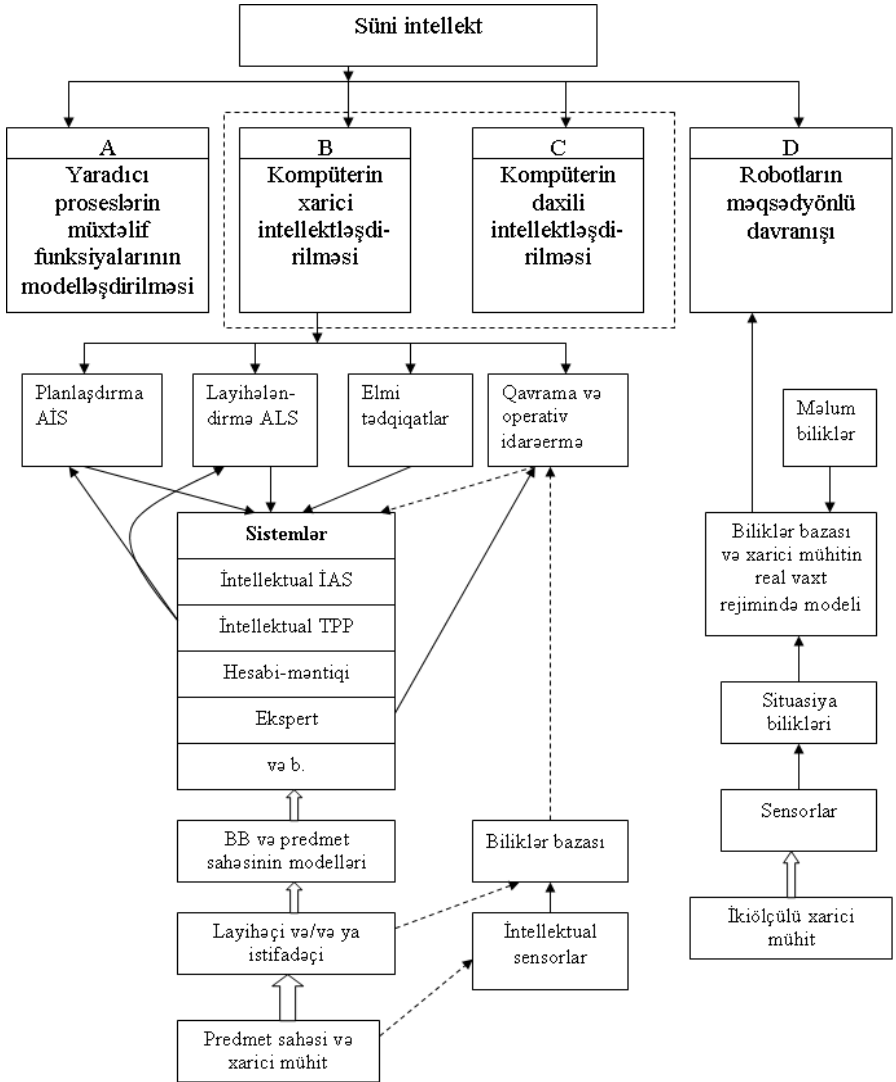
Süni intellektin əsas tədqiqat istiqamətlərinin klassik strukturu

şəkil 1.4-də göstərilmişdir [1].

A istiqaməti insanın fəaliyyətindəki yaradıcı proseslərin müxtəlif funksiyalarının, xüsusən də oyun məsələlərinin (şahmat, dama, domino və s.), teoremlərin avtomatik şəkildə isbatı, proqram modullarının avtomatik sintezi, musiqi əsərlərinin analizi və sintezi kimi problemlərin həllində görülən işləri nəzərdə tutur. Qeyd edək ki, A istiqaməti digərlərindən əvvəl öyrənilməyə və inkişaf etməyə başlamışdır və məhz bu istiqamətə əsasən süni intellekt termini yaranmışdır. Ancaq sonrakı tədqiqatlar göstərmişdir ki, kompüter texnologiyalarını, süni intellektin problemlərini həll etməkdə bu yanaşma yeganə istiqamət ola bilməz. Yəni paralel olaraq süni intellektin digər tədqiqat istiqamətlərini də inkişaf etdirmək lazımdır. Qeyd edək ki, A istiqaməti ictimai həyatda, xüsusən də orduda çox mühüm əhəmiyyətli qurğuların (gəcəgörmə aparatları, təsvirlərin oxunması və emalı və s.) yaradılmasında xüsusi rol oynamışdır. Hal-hazırda da bu istiqamətdə tədqiqatlar davam etdirilir.

B istiqaməti kompüterin xarici intellektləşdirilməsinin fundamental və tətbiqi tədqiqatları vasitəsi ilə kompleks dialoq interfeysinin yaradılması və istifadəsini nəzərdə tutur. Ona görə xarici intellektləşdirmə adlanır ki, istifadəçinin öz proqramlarını yaratmaq üçün istifadə etdiyi intellektual sistemlər kompüterin daxili və ya xarici yaddaş qurğularında təsvir olunurlar. B istiqaməti süni intellektin ilkin mərhələdə də və hal-hazırda da sürətlə inkişaf edən istiqamətlərdən biridir. Belə ki, intellektual interfeys planlaşdırmanın, idarəetmənin, layihələndirmənin və elmi-tədqiqat işlərinin avtomatlaşdırılmış sistemlərinin (uyğun olaraq: PAS, AİS, ALS və s.) və operativ idarəetmə sistemlərinin yaradılmasının səmərəliliyini əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldir. Bu halda istifadəçi predmet sahəsinin peşə dilindən (adi danışq dilinin alt sistemi) istifadə etməklə aşağıdakı imkanlara malik olurlar:

1. İstifadəçi öz işçi yerindən verilənlər və biliklər bazalarından, eyni zamanda qlobal şəbəkələrə çıxmaqla paylanmış verilənlər bazaları və kitabxana şəbəkələrindən lazım olan informasiyaları əldə edir;



Şəkil 1.4. Süni intellektin tədqiqat istiqamətlərinin klassik strukturu

2. Predmet sahəsinin xarakterindən asılı olaraq qoyulmuş layihələndirmə, planlaşdırma və idarəetmə məsələlərinin həlli və

dialog rejimində hesablama prosesinin bütün mərhələlərinə nəzarət edir. Nəzərdə tutulur ki, problemin predmet sahəsinin peşə dilində yazılışına uyğun olaraq, riyazi modellərin avtomatik qurulması və işçi proqramların sintezi yerinə yetirilməklə istifadəçi öz məsələsini həll edir;

3. Kompüterdə predmet sahələrinə uyğun yığılmış (akkumulyasiya olunmuş) biliklərdən istifadə edərək proseslərin qavranılması və diaqnostikası əsası qərarların qəbul olunmasını həyata keçirir.

Birinci məsələ intellektual informasiya axtarışı sistemləri ilə realizə olunur.

İkinci məsələ intellektual tətbiqi paket proqramları (İTPP) və hesabi-məntiqi sistemlər vasitəsi ilə realizə olunur.

Üçüncü məsələ, bilikləri formalizə olunan sahələrin ekspert sistemlərindən istifadə etməklə realizasiyası ilə həyata keçirilir.

Şəkil 1.4-də qırıq xətlərlə göstərilən hissənin xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, predmet sahəsinin xarakterindən asılı olaraq, proseslərin qavranılması və operativ idarə olunması intellektual sistemlərdən dialog (avtomatlaşdırılmış) və ya avtomatik rejimlərdə istifadə etməklə həyata keçirilə bilər.

C istiqamətindəki tədqiqatlar yeni nəsillə və arxitekturalı kompüterlərin yaradılmasını nəzərdə tutur. Belə ki, süni intellekt məsələlərinin həllində simvol tipli informasiyaların emalı və yeni arxitekturalı kompüterlərin yaradılması mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Nəzərə alsaq ki, rəqəm tipli informasiyaların emalına oriyentasiya olunmuş klassik arxitekturalı kompüterlərdə hesablama proseslərinə cəmi 10-12 % resurslardan, simvol tipli informasiyaların emalına isə (əməliyyat sistemlərində, translyatorlara, yaddaşlara müraciətdə, virtual maşınların multiproqram rejimində təşkilində və s.) qalan resurslardan istifadə olunur, onda süni intellekt məsələlərinin həllində C istiqamətinin nə dərəcədə vacib olduğu aydın olar. Bundan əlavə kompüterin daxili intellektləşdirilməsinin əsas komponentlərindən birinin də çoxlu sayda, mütəmadi istifadə olunan, proqramların aparat şəklində realizasiyasıdır ki, bu da



verilənlər və biliklər bazalarının aparat vasitələrinin yaranmasını tələb edir.

B və C istiqamətləri ona görə qırıq xətlərlə birləşdirilib ki, onların tədqiqatları eyni bir məqsədə, yəni kompüterin səviyyəsinin istifadəçinin səviyyəsinə yaxınlaşdırmaq məsələsinə xidmət edir.

D istiqaməti intellektual robotların yaradılmasının elmi-texniki problemi kimi xüsusişdirilmiş kompüterlərlə bərabər, mexaniki və energetik sistemlərin, müxtəlif təyinatlı sensorların, icra mühərriklərinin və s., yaradılmasını qarşıya məqsəd qoyur.

Süni intellektin bütün sistemləri kimi intellektual robotlar da biliklərə və onların emalına oriyentasiya olunur. Xarici mühit haqqında biliklər müxtəlif təyinatlı sensorlardan (görmə, akustik, radiolokasiyalı və s.), robotların ayrılmaz hissəsi olan xüsusişdirilmiş kompüterlərə daxil olur. Kompüterləri böyük həcmli informasiyaların ilkin emalından azad etmək və onların məhsuldarlıqlarını artırmaq məqsədi ilə intellektual sensorlardan istifadə olunur. Nəzərə alsaq ki, kompüterlərə daxil olan informasiyalar situativ xarakterlidir, onda onların emalının real vaxt rejimində həll olunması təmin edilməlidir. Bu işə xüsusişdirilmiş kompüterlərin yüksək sürətli olmalarını tələb edir.

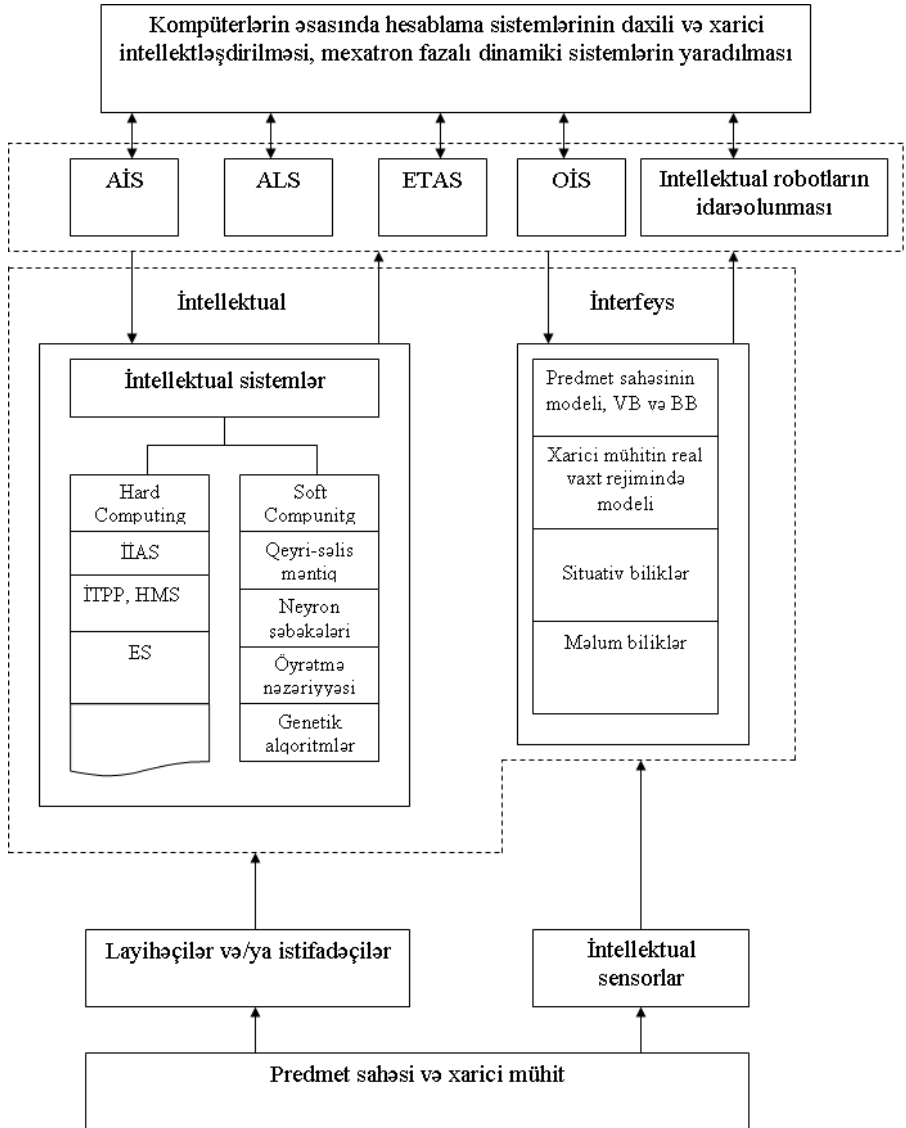
Qeyd edək ki, süni intellektin inkişafının əsas problemlərindən biri biliklərin predmet sahəsi və riyazi səviyyələrdə təsirlidir. Növbəti fəsilərdə bu məsələyə ətraflı şəkildə baxılacaqdır.

## **1.6. Soft Computing texnologiyalarının tətbiqi ilə intellektual interfeysin yaradılması**

Süni intellektin tədqiqat istiqamətlərinin klassik arxitekturasından göründüyü kimi intellektual interfeysin tərkibinə daxil olan komponentlər açıq sistemlərdir. Yəni süni intellektin tədqiqat istiqamətlərinin nailiyyətlərindən asılı olaraq daxil olunan və istifadəsiz hesab edilən sistemlər yarana bilər ki, onların nəticəsində də süni intellektin tədqiqat istiqamətlərinin strukturu təkmilləşdirilə bilər. Belə yanaşmalardan birinə [2]-də baxılmışdır.

Keçən əsrin 90-cı illərinin ortalarından başlayaraq informasiya texnologiyalarının inkişafına və perspektiv istiqamətində biliklərin yeni emalı üsullarının, xüsusən də biliklərin emalı və qərarların qəbul edilməsində yeni ideya və nəzəriyyələr yaranmağa başladı. bu istiqamətdə simvol tipli informasiyaların emalından fərqli neyron şəbəkələrinə, qeyri-səlis çoxluqların emalına, ehtimal mühakimələrə, Xaos nəzəriyyəsinə, öyrətmə və genetik alqoritmlərə və bioloji hesablamalara əsaslanan Soft Computing tipli texnologiyalar meydana gəlməyə başladı [3]. Göstərilən intellektual paradiqlərin istifadə sferasını nəzərə almaqla, L.Zadənin təbirincə Soft Computingin təbii modeli kimi insan beynini göstərmək olar.

Göstərilən paradiqlələri nəzərə almaqla süni intellektin inkişaf istiqamətlərinin tədqiqi strukturunda intellektual interfeysi şəkil 1.5-dəki kimi təsvir etmək olar.



Şəkil 1.5. Yeni İET-də intellektual interfeysin strukturu

## **1.7. İnformasiya və kommunikasiya texnologiyalarının inkişafının müasir vəziyyəti və perspektivləri**

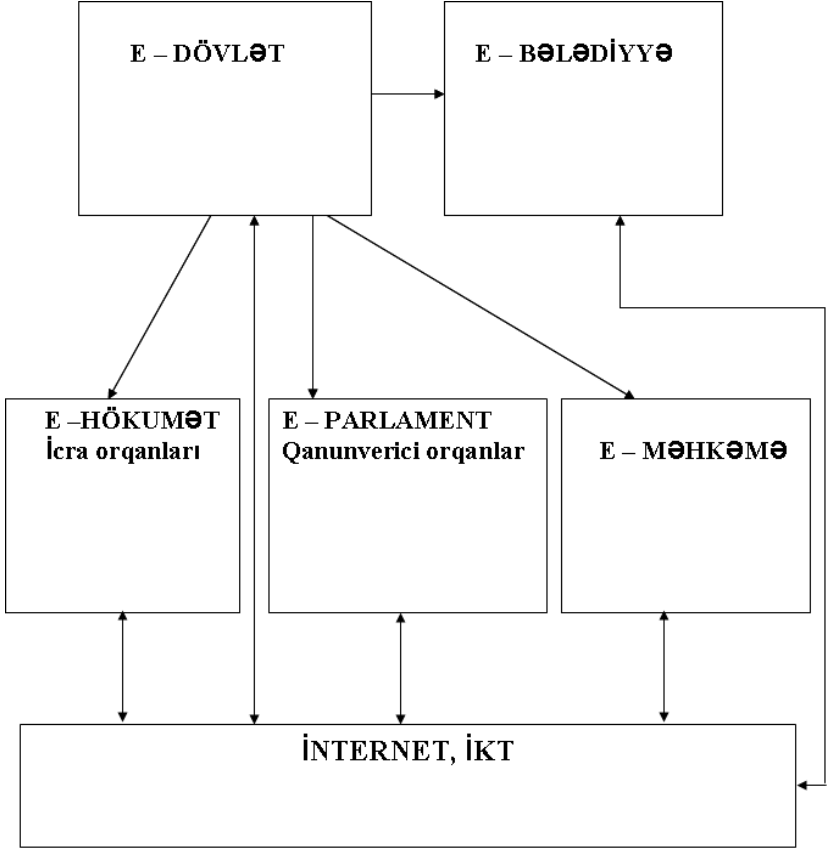
İnformasiya və kommunikasiya texnologiyalarının (İKT) inkişafının müasir vəziyyəti və perspektivlərinə müstəqil Azərbaycan Respublikasının misalında baxılır. Belə ki, bu istiqamətdə respublikada aparılan elmi-tədqiqat işləri və onların tətbiqi problemləri Dünya praktikasının ayrılmaz hissəsi olmaqla Beynəlxalq standartlara uyğun yerinə yetirilmiş və alınmış nəzəri və praktiki nəticələr dünya ictimaiyyəti tərəfindən qəbul edilmişdir.

XXI yüzillik Elm və texnologiyalar əsri olmaqla elm və texnikanın bütün sahələsinə, inkişaf etmiş və inkişafda olan dövlətlərin sosial-iqtisadi həyatına, birbaşa təsir göstərməklə, onların qloballaşdırma proseslərində həyata keçirdikləri siyasətdə əsas istiqaməti təyin edir. Beləki hal-hazırda hər hansı bir dövlətin digər dövlətlərlə müqayisədə nailiyyətləri, üstünlüyü və başqa meyarları həmin dövlətin yeni informasiya və kommunikasiya texnologiyalarına yiyələnmək, onlardan istifadə etməklə bəhrələnmək gücü ilə qiymətləndirilir [5,6].

Təbiidir ki, belə bir şəraitdə neft sərvətlərindən gələn gəlirləri intellektual sərvətlərə çevirmək istiqamətində ardıcıl siyasət aparən müstəqil dövlətimiz inkişaf etmiş dövlətlərin qloballaşma istiqamətində yeni təfəkkürə əsaslanan konsepsiyalardan, o cümlədən İKT-dən hərtərəfli və geniş istifadə etməkdən kənar qala bilməzdi. Bu reallıqları və dövlətimizin ötən dövr ərzində göstərilən istiqamətdə əldə etdiyi uğurları nəzərə alaraq Respublika Prezidenti 16 yanvar 2013-cü il tarixli Sərəncamı ilə 2013-cü ili Azərbaycan Respublikasında “İnformasiya-Kommunikasiya Texnologiyaları ili” elan etmişdir.

Prezidentin məlum qərarı ölkəmizdə bu istiqamətdə həyata keçirilən və dönməz xarakter daşıyan reallıqlara əsaslandırıldığından və əldə edilmiş uğurların məntiqi nəticəsi olduğundan, Respublikada yaxın 10 ildə dövlət tərəfindən yerinə yetirilən və əldə olunmuş nailiyyətlərin xronikasını nəzərdən keçirək.

İKT cəmiyyətin bütün sahələrinə nüfuz etdiyindən yeni istiqamət informasiya cəmiyyəti formalaşmağa başladı ki, onun da əsas elementlərindən biri electron dövlətin (e-dövlət) yaradılmasıdır (şəkil 1.6).



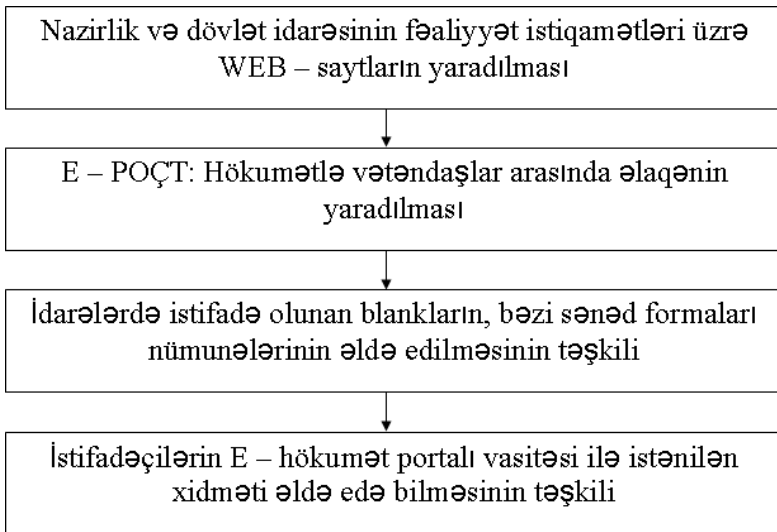
Şəkil 1.6. E- Dövlətin Arxitekturası

E-dövlət icra orqanları (e-hökumət), qanunverici orqanlar (e-parlament), məhkəmə (e-məhkəmə) və bələdiyyə (e-bələdiyyə) strukturlarında İnternet və İKT-in tətbiqi ilə dövlət idarələrinin

vətəndaşlara göstərdikləri xidmətlərin yüksəldilməsi, həmin idarələrin informasiya resurslarından vətəndaşların öz məqsədləri üçün bəhrələnməsi və son nəticədə bütün təbəqələrin dövlət idarəçiliyində iştirakını təmin etmək məsələlərini həll etməlidir.

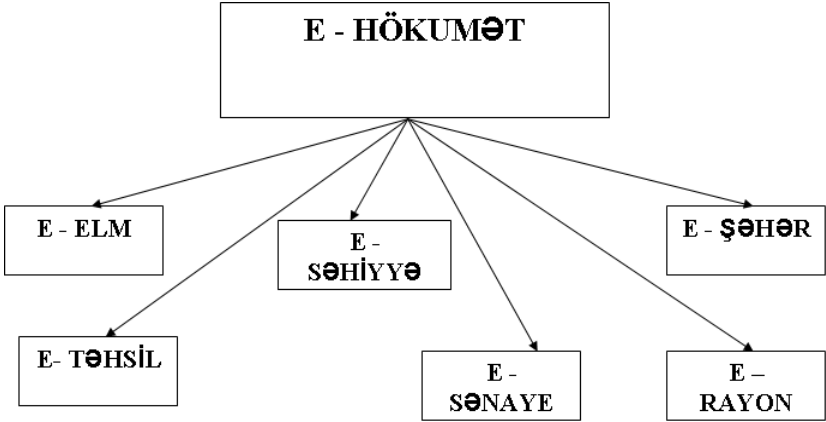
E-dövlətin əsas istifadəçiləri bütün təbəqələri təmsil edən vətəndaşlar, özəl sektor və dövlət orqanlarıdır. İstifadəçilər arasında əlaqə və ünsiyyətin yaradılması yerli özünüidarəetmə orqanlarında və digər strukturlarda yazışmaların və sənəd dövriyələrinin elektron formaya keçirilməsini və ilk növbədə elektron sənədlərin hüquqi əsasını təmin edən elektron imzanın tətbiq edilməsini tələb edir.

Təcrübə göstərir ki, e-dövlətin yaradılmasının əsas mərhələləri aşağıdakılardır (şəkil 1.7): nazirlik və dövlət idarələrinin fəaliyyət istiqamətləri üzrə veb-saytların yaradılması; electron-poçt (e-poçt) vasitəsi ilə hökumətlə vətəndaşlar arasında qarşılıqlı əlaqənin təşkili; idarələrdə istifadə olunan blankların, bəzi sənəd formaları nümunələrinin əldə edilməsi; istifadəçilərin e-hökumət portalı vasitəsi ilə istənilən xidməti əldə edə bilməsi və s.



Şəkil 1.7. E- Dövlətin yaradılmasının əsas mərhələləri

Paralel olaraq e-dövlətin əsas atributu olan e-hökumətin alt sistemlərinin – e- elm, e-təhsil, e-səhiyyə, e-sənaye, e-şəhər, e-rayon və s. yaradılması mərhələləri yerinə yetirilməlidir (şəkil 1.8).

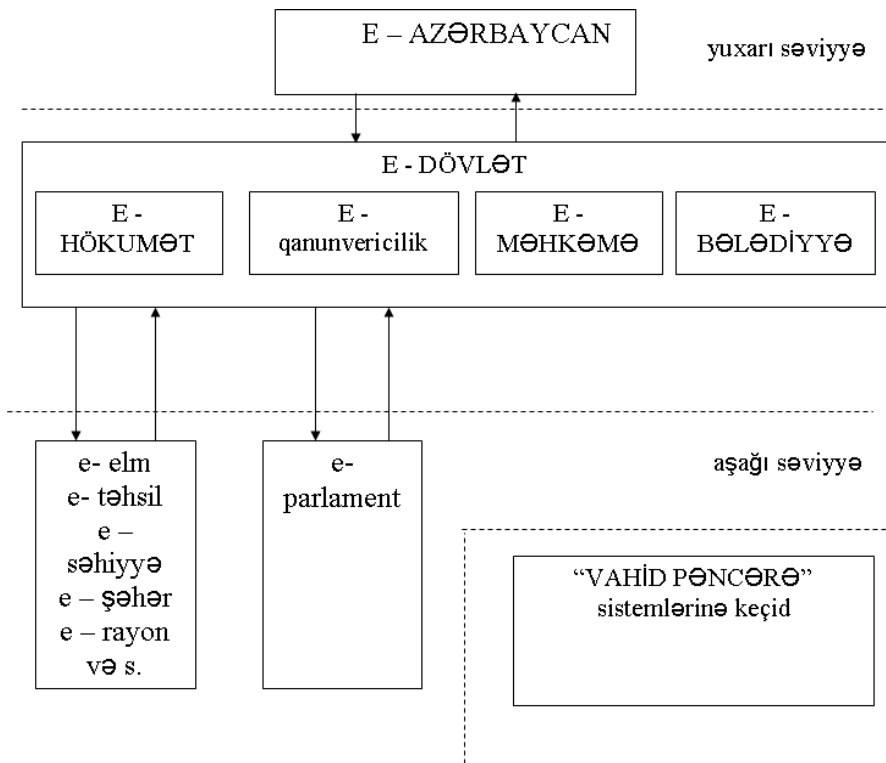


Şəkil 1.8. E- dövlətin əsas atributu E-hökumətin alt sistemləri

Göstərilən bütün mərhələlərin yerinə yetirilməsinin məntiqi nəticəsi kimi ierarxiyalı, üçsəviyyəli idarəetmə strukturuna malik olan Elektron Azərbaycan (e-Azərbaycan) İnformasiya Cəmiyyətinin formalaşdırılması həyata keçiriləcəkdir (şəkil 1.9).

Göründüyü kimi İnformasiya cəmiyyətinin strukturunun yuxarı səviyyəsində vətəndaş cəmiyyəti və biznes strukturlarının daxil olduğu e-Azərbaycan, orta səviyyədə e-Qanunvericilik hakimiyyəti, icra hakimiyyəti (e-hökumət), e-məhkəmə və e- bələdiyyə strukturlarının daxil olduğu e-Dövlət və aşağı səviyyədə isə e-Qanunvericilik hakimiyyətinin alt sistemi olan e-parlament, eyni zamanda e-Hökumətin alt sistemləri olan e-elm, e-təhsil, e-səhiyyə, e-şəhər, e-rayon və s. strukturları olacaqdır.

Qeyd edək ki, bütün səviyyələrdə yerinə yetiriləcək elmi tədqiqat və tətbiq işləri son nəticədə e-Azərbaycan İnformasiya Cəmiyyətinin formalaşmasına xidmət etməlidir.



Şəkil 1.9. E – Azərbaycan İnformasiya Cəmiyyətinin üç səviyyəli idarəetmə strukturu

Göstərilən inkişaf mərhələləri başa çatdıqdan sonra qarşılıqlı əlaqənin yeni formasına “Vahid Pəncərə” sistemlərinə keçid nəzərdə tutulur ki, bu da öz növbəsində istifadəçilər arasında əlaqəni təmin edən vahid portalın yaradılmasını tələb edir.

2003-cü ildən başlayaraq Respublikamızda İnformasiya Cəmiyyətinin qurulması prioritet istiqamətlərdən biri hesab olunmuş və siyasətin əsas müddəaları ardıcıl olaraq aşağıdakı normativ sənəd və qanunlarla tənzimlənmişdir:

-Azərbaycan Respublikasının inkişafı naminə informasiya-



komunikasiya texnologiyaları üzrə Milli strategiya (2003-2012-ci illər);

-Elektron imza və electron sənəd haqqında Azərbaycan Respublikası Qanunu, 2004-cü il;

-Azərbaycan Respublikasında rabitə və informasiya texnologiyalarının inkişafı üzrə 2005-2008-ci illər üçün Dövlət Proqramı (Elektron Azərbaycan), 2005-ci il;

-Azərbaycan Respublikasında rabitə və informasiya texnologiyalarının inkişafı üzrə 2010-2012-ci illər üçün Dövlət proqramı (Elektron Azərbaycan), 2010-cu il.

***Göstərilən normativ sənədlər, Azərbaycan Respublikasının qanunları və Dövlət Proqramlarının icrası istiqamətində ötən dövrdə görülən işlərin qısa xülasəsini nəzərdən keçirək.***

Nəzərdə tutulan Dövlət Proqramlarının vaxtında və keyfiyyətlə yerinə yetirilməsi məqsədi ilə Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 20 fevral 2004-cü il sərəncamı ilə Rabitə Nazirliyi ləğv edilərək onun əsasında Rabitə və İnformasiya Texnologiyaları Nazirliyi (RİTN) yaradıldı və “İKT üzrə Milli Strategiya”nın koordinatoru funksiyasını yerinə yetirməyə başladı. Bununla da Cənubi Qafqazda ilk olaraq qəbul edilmiş Strategiya ilə Azərbaycanın İKT sahəsinə diqqəti cəmiyyətimizə və bütün dünyaya bəyan etdi. Prezidentin on iki dekabr 2013-cü ildə Cenevrədə keçirilən İnformasiya Cəmiyyəti Dünya Sammitindəki “Qara qızılı insan qızılına çevirək” tezi ölkə iqtisadiyyatında yeni inkişaf mərhələsinin əsasının qoyulmasını bütün dünyaya bəyan etməklə, dövlət səviyyəsində məqsədyönlü işlərin başlanmasına start verdi. Beləliklə Azərbaycan hökumətinin, xüsusiləRİTN-nin fəaliyyəti nəticəsində respublikanın İKT sektoru yüksək tempə inkişaf etməyə başladı.

Respublikada İKT-in nəzəri və praktiki cəhətdən dəstəklənməsində və inkişafında AMEA-ın İnformasiya Texnologiyaları və Kibernetika İnstitutlarının da fəaliyyətlərini xüsusi qeyd etmək lazımdır.

## **1.8. İKT-in İnformasiya Cəmiyyətinin yaradılmasında əsas inkişaf istiqamətləri**

Bütün dünya üzrə dövlət, akademik, kommersiya, hərbi, kooperativ və s. şəbəkələri özündə birləşdirən qlobal kompüter və informasiya sistemi olan İnternet İKT-nin tərkib hissəsi olmaqla qarşılıqlı əlaqəli computer şəbəkələrinə, informasiya resurslarına, electron –poçt xidmətlərinə və s. çıxışı təmin edir. İnternetdən istifadənin səmərəliliyini yüksəltmək, istifadəçilərin sayının artırılması, xidmətin və sürətin yüksəldilməsi istiqamətində Respublikada davamlı tədbirlər həyata keçirilir.

İnformasiyalaşdırma, yəni idarəetmədə informasiya və biliklərdən istifadənin effektivliyinin artırılması, vətəndaşların, təşkilatların və dövlətin informasiyaya olan tələbatını təmin edilməsi, cəmiyyətin sosial-iqtisadi, siyasi və mədəni həyatının bütün sahələrində İKT-dən geniş miqyaslı istifadə prosesidir. Bu tələbatların yerinə yetirilməsi üçün İKT-dən səmərəli istifadə edən ixtisaslı mütəxəssislərin hazırlanması tələb olunur. Bu istiqamətdə Respublikanın ali və orta ixtisas təhsili məktəblərində (kolleclərdə), o cümlədən özəl sektorda təşkil olunan kurslarda ardıcıl işlər həyata keçirilir.

İKT-in səmərəli istifadəsi və təşkilində müxtəlif səviyyələrdə informasiya təhlükəsizliyinin təmin olunması vacib məsələlərdən biridir. İnformasiya təhlükəsizliyi əsasən üç tərkib hissədən ibarətdir: informasiyanın müxtəlifliyi (informasiyanın icazəsiz əldə edilməsindən qorunması); tamlıq (informasiyanın dəqiqliyi, həqiqiliyi və bütövlüyünün qorunması); əlyeterlilik (lazımı vaxtda informasiya və xidmətlərə müraciətlərin təmin olunması). Ölkəmizdə elmi-tədqiqat və tədris müəsisələrində informasiya təhlükəsizliyinin göstərilən tələbatlarının yerinə yetirilməsi istiqamətində nəzəri və praktiki elmi-tədqiqat işləri aparılır, yüksək ixtisaslı mütəxəssislər hazırlanır, dissertasiyalar müdafiə edilir və s.

Elm və texnikanın istehsal sahələrinin informasiya sistemləri informasiyanın yığılması, saxlanması, emalı, axtarışı, ötürülməsi və

təqdim olunmasını təmin edir. Bu istiqamətdə görülən işlər sosial-iqtisadi məsələlərlə məşğul olan nazirliklər, icra strukturları, istehsal müəsisələri və s. strukturlar tərəfindən yerinə yetirilir və e-dövlətin yaradılmasında və İKT-dən istifadədə geniş istifadə olunur.

Multimediya (səs, təsvir, mətn, animasiya və video tipli müxtəlif media vasitələrinin kombinasiyası) telekommunikasiya xidməti istifadəçiyə istənilən tip informasiyanı göndərmək və qəbul etmək imkanı verir. Bu istiqamətdə aparılan işlər Respublikada informasiya cəmiyyətinin yaradılmasında mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Elmdə, təhsildə və səhiyyədə İKT-nin istifadəsinə aid çoxlu sayda xidmətlər işlənib istifadəçilərə təqdim edilmişdir. Onlardan bəzilərini, xüsusən də təhsil sahəsindəki nailiyyətləri qeyd edək.

Təhsildə İKT-nin istifadəsinin sürətlə inkişafı xüsusi qeyd olunmalıdır. Belə ki, dövlət və özəl ali və orta ixtisas məktəblərində kompüter texnologiyaları demək olar ki, tam şəkildə və yüksək səviyyədə tətbiq olunmuşdur. Hal-hazırda orta məktəblərin kompüterləşdirilməsi başa çatmaq üzrədir. İnternet xidməti hətta ən ucqar kənd və rayon məktəblərində belə istifadə edilir. Orta məktəblərdə buraxılış imtahanlarının ali və orta ixtisas məktəblərinə tələbə qəbulu və yerləşdirilməsi, sahələr üzrə kadrların işə qəbulu və s. İKT-nin xidmətlərindən istifadə etməklə yerinə yetirilir. Distant təhsilin informasiya texnologiyalarından istifadə etməklə tətbiqi tədrisin təkmilləşdirilməsi istiqamətində perspektivli yanaşma hesab edilir.

Tələbə Qəbulu üzrə Dövlət Komissiyası (TQDK) informasiya cəmiyyətinin yaradılması istiqamətində müasir İKT texnologiyaları bazasında müxtəlif növ informasiya məhsullarının və xidmətlərin geniş miqyaslı istehsalı (qəzet, jurnal, kitablar və s.) sahəsində informasiya sənayesinin yaradılmasında böyük nailiyyətlər əldə etmişdir. Bu istiqamətdə işlər AMEA-nın elmi-tədqiqat institutlarında, xüsusən də İnformasiya Texnologiyaları İnstitutunda və RİTN-də informasiya sənayesinin iki fərqli növləri üzrə (informasiya texnologiyaları - proqram, maşın, avadanlıq və

bilavasitə informsiya istehsalı şəklində ) həyata keçirilir.

Müasir dövrdə elmi-tədqiqat işlərinin yerinə yetirilməsini İKT xidmətlərindən istifadə etmədən reallaşdırmağı təsəvvür etmək belə mümkün deyil. Digər tərəfdən elm və təhsil müəssisələrinin başqa ölkələrin uyğun müəssisələri ilə birgə tele konfranslarının ( İKT-nin texniki vasitələrinin köməyi ilə müxtəlif ərazilərdə olan iştirakçılar arasında qrup şəklində ünsiyyət, məs. telefon, audio, video konfranslar, çat və s.) təşkili həyata keçirilir.

Qeyd edək ki, Sumqayıt Dövlət Universitetinin Mühəndislik fakültəsində quraşdırılmış video konfrans zalı Respublikanın və MDB məkanının aparıcı ali təhsil müəssisələri ilə onlayn rejimində birgə video konfranslar keçirməyə imkan verir.

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının (AAK) müdafiə Şuralarının iclaslarının şəffavlığını təmin etmək üçün AMEA-nın İnformasiya Texnologiyaları və Kibernetika institunda müdafiələrin gedişi onlayn rejimində İnternet vasitəsi ilə AAK-a ötürülür.

Respublikada İKT-nin yaradılmasını, tətbiqini və problemlərini özündə əks etdirən elmi – praktiki jurnallar nəşr olunur. Bilavasitə İKT problemlərinə həsr olunan və İnformasiya Texnologiyaları institutunda dərc olunan “İnformasiya Texnologiyaları problemləri” və “İnformasiya Cəmiyyəti problemləri” elmi-praktiki jurnalları bu missiyanı müvəffəqiyyətlə yerinə yetirir.

## **1.9. Respublikada İKT-in inkişaf perspektivləri**

İKT istiqamətində son 10 ildə yerinə yetirilən normativ sənədlər, qanunlar, Dövlət Proqramları və E-Azərbaycan İnformasiya Cəmiyyətinin yaradılmasında görülən işlərin qısa xülasəsi bir daha təsdiqləyir ki, Prezident tərəfindən 2013-cü ilin Azərbaycanda İKT-ili elan edilməsi faktiki yerinə yetirilmiş işlərə və bu istiqamətdə perspektivdə görüləcək elmi-tədqiqat və praktiki işlərə əsaslanaraq verilmişdir.

2014-cü ilin əvvəlində Davosda Dünya İqtisadi Forumu (DİF) çərçivəsində keçirilən sessiyada çıxışında İlham Əliyev ölkəmizdə İKT-nin prioritet sahə elan edildiyini, dövlətin bu sahənin inkişaf etdirilməsinə stimullaşdırıcı maliyyə dəstəyinin verəcəyini, o cümlədən bu ilin “İKT ili” elan edildiyini bir daha beynəlxalq birliyə bəyan etdi. Prezident Davosda “Booz & Co”, “Mckinsey”, “Microsoft” və “Thales Alenia” şirkətlərinin potensial investorlarının nəzərinə Azərbaycanda İKT, internet, peyk sənayesi ilə əlaqədar kompleks işlərin yerinə yetiriləcəyini çatdırdı və onları birgə fəaliyyətə çağırdı.

Aprel ayında DİF və Azərbaycan hökumətinin birgə təşkilatçılığı ilə “WEF Baku Summit” beynəlxalq tədbirdə İKT-in qlobal inkişafı perspektivləri və Azərbaycan təcrübəsi müzakirə edildi.

RİTN-in naziri akademik Əli Abbasov iktnews elektron xəbər xidmətinə [6] verdiyi müsahibədə “İKT ili” – nin İKT sahəsində böyük layihələrin başlanğıc ili olacağını göstərmişdir.

RİTN və Dövlət Neft Fondu tərəfindən hazırlanmış layihəyə əsasən “İKT ili” çərçivəsində “Azərbaycanda evlərə optika” modeli üzrə ölkənin yaşayış məntəqələrinə yüksək sürətli geniş zolaqlı internet xidmətlərini verən optik şəbəkənin qurulması nəzərdə tutulur. Layihə 3 il müddətində həyata keçiriləcək. Əsas hədəf ucqar kəndlər də daxil olmaqla ölkə ərazisinin 10-100 mbs arasında sürətli internetlə təmin etmək və genişzolaqlı internet istifadəçilərinin sayını təxminən 85 faizə çatdırmaqdır. Bu isə öz növbəsində Respublikamızın 2017-ci ildə inkişaf etmiş ölkələrlə bir səviyyədə olmağına imkan verəcəkdir.

Məlum olduğu kimi 2004-cü il fevralın 7-dən 8-nə keçən gecə Azərbaycan özünün ilk peykini kosmosa qaldırdı. “Azerspace-1” peyki Cənubi Amerikada yerləşən Fransanın Oviano Kosmik mərkəzinin Kuru kosmodromundan “Ariane Space” fransız şirkətinin raket daşıyıcısı; vasitəsilə qaldırılmış və geostasionar orbitə çıxarılmışdır. Şərqi Avropa, Şimali Afrika, MDB, Mərkəzi və Şərqi Asiya ölkələrini əhatə edəcək peyk ölkəmizin bütün ərazisində

internet və digər rabitə, televiziya yayımı üzrə xidmətləri təmin edəcəkdir.

27-28 fevral tarixlərində Bakıda birinci “Yaponiya-Azərbaycan İKT forumu” keçirilmişdir ki, bu da ölkə daxilində RİTN-in xarici əlaqələrinin inkişaf etdirilməsi, o cümlədən ölkəmizdə rabitə və İKT sahəsində aparılan islahatların beynəlxalq aləmdə tanınmasına xidmət edəcəkdir.

Respublika iqtisadiyyatının bütün sahələrində, o cümlədən İKT istiqamətində perspektivdə görüləcək işlər prezident İlham Əliyevin 2012-ci il 29 dekabr tarixli fərmanı ilə təsdiqlənən “Azərbaycan 2020: Gələcəyə baxış” İnkişaf Konsepsiyasında öz əksini tapmışdır.

Konsepsiyanın əsas hədəfi 2020-ci ilə kimi Azərbaycanda ümumdaxili məhsulun həcmnin iki dəfə artırılması və bu artımın əsasən qeyri-neft sektorunun inkişafı hesabına təmin edilməsidir. Konsepsiyanın icrası nəticəsində Azərbaycanın rəqabət qabiliyyətli olmaqla, iqtisadi və siyasi cəhətdən inkişaf etmiş bir ölkəyə çevriləcəyi gözlənilir və bu işlərdə İKT-yə böyük ümidlər bəslənilir. Belə ki, “İKT-nin inkişafı və informasiya cəmiyyətinə keçidin təmin edilməsi” Konsepsiyada əsas istiqamətlərdən birini təşkil edir.

2020-ci ilə qədər e-hökumət xidmətlərinin 100 faiz tətbiqi nəzərdə tutulur ki, bununla da əhali hökumət orqanları tərəfindən göstərilən daha asan, qısa zaman ərzində keyfiyyətli xidmətlərlə təmin olunacaqdır. Yanvar ayında Bakı şəhərinin rayonlarında “Asan” Mərkəzi Xidmət Mərkəzinin fəaliyyətə başlamasını bu istiqamətdə uğurlu başlanğıc hesab etmək olar.

Qarşıdakı illər ərzində kosmik sənayenin inkişaf etdirilməsini hədəf götürən Azərbaycan aşağıorbitli peykini 2015-ci ildə, ikinci telekommunikasiya peykini isə 2016-cı ildə kosmosa buraxmağa hazırlaşır.

Konsepsiyaya əsasən İKT-nin illik artımını təxminən 18-20 faiz ətrafında saxlamaqla, qarşıdakı 8 ildə sektorun gəlirlərinin 8-9 mlrd. dollara çatdırmaq nəzərdə tutulur.

Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 05.11.2012-ci il

tarixli 736 nömrəli Fərmanı ilə yaradılmış “Yüksək Texnologiyalar Parkı” –nın əsas məqsədi İKT sektoru ilə elm və istehsal sahələri arasında bir körpü yaratmaqdır.

“İKT ili”-ndə qarşıdakı illərdə insan kapitalının yaradılması da diqqət mərkəzində olacaqdır. Konsepsiyada nəzərdə tutulan istiqamətlərdən biri də informasiya texnologiyaları sahəsində kadrların hazırlanmasının təkmilləşdirilməsidir. Hal-hazırda respublikanın ali təhsil məktəblərində göstərilən ixtisaslarla sahələr üzrə mütəxəssislər hazırlığı həyata keçirilir. Təbiidir ki, konsepsiyanın müddəalarından irəli gələn tələbatlara əsasən yeni təyinatlı mütəxəssis hazırlığına da başlamaq lazımdır. Bu məqsədlə ölkə prezidentinin sərəncamı ilə İnformasiya Texnologiyaları Universiteti yaradılıb və 2014-15-ci tədris ilindən tələbə qəbuluna başlanmışdır. Eyni zamanda “ 2007-2015-ci illərdə Azərbaycan gənclərinin xarici ölkələrdə təhsili üzrə Dövlət Proqramı” çərçivəsində də İKT ixtisasları üzrə kadr hazırlığının genişləndirilməsi nəzərdə tutulur.

Göründüyü kimi İKT üzrə görülən işlərə dövlətimiz tərəfindən yüksək dəstək verilir və bu işlərin kompleks şəkildə yerinə yetirilməsi “Azərbaycan 2020 inkişaf konsepsiyası”-nda öz təsdiqini tapmışdır.

## II FƏSİL

### KOMPÜTERDƏ BİLİKLƏRİN TƏSVİRİ ÜSULLARI

Süni intellekt prinsiplərinə əsaslanan yeni İET-da əsas problemlərdən biri biliklərin emalı ilə qərar qəbul etmənin təşkili üçün biliklərin kompüterdə təsvirinin həyata keçirilməsidir. Qeyd etmək lazımdır ki, kompyuterlərin yarandığı ilk gündən hər-hansı bir məsələnin həllini kompüterdə yerinə yetirmək üçün tərtib olunan proqramlar haqqında informasiyaların, tələb olunan verilənlərin və digər informasiyaların məşinin daxili dilində təsviri problemi, onun inkişafı mərhələlərində həmişə aktuallığını itirməmişdir. Belə ki, kompüterlərin yaradılmasının ilkin mərhələlərində nəinki məsələnin həlli üçün tələb olunan verilənlər, hətta məsələnin həllinin proqramı belə “0” və “1” – lərlə kodlaşdırılmaqla kompüterə daxil edilirdi. Bu onunla izah edilir ki, kompüterlərin klassik arxitekturasının daxili dili, məhz “0” və “1”-lərlə kodlaşdırılan ifadələr üzərində riyazi və məntiqi əməliyyatları yerinə yetirmək üçün layihələndirilirdi.

Kompüterlərin daxili və xarici intellektləşdirilməsi, yüksək səviyyəli alqortmik dillərin, translyatorların və digər vasitələrin yaradılması, proqramların və onların vasitəsi ilə məsələlərin həlli üçün verilənlərin məşindən kənarında istifadəçilərin başa düşdükləri tərzdə kodlaşdırılaraq təsvir etməyə şərait yaratdı. Təbiidir ki, istənilən formada kodlaşdırılan informasiyalar aparat və proqramlar şəklində yaradılmış translyatorlar, interpretatorlar vasitəsilə kompüterin daxili dilinə çevrilir və məsələlərin həllini təmin edirdi. Bu nöqtəyi-nəzərdən biliklərin kompüterdən kənarında və kompüterin daxilində təsviri yanaşmalarının əvvəlki yanaşmalardan fərqli xarakter daşdığı üçün, biliklərin təsvirinin xüsusiyyətləri, üsul və vasitələrini araşdırmaq məsələlərinə baxılır.



## **2.1. Kompüterdə verilənlərin təsvirinin inkişaf mərhələləri**

Hesablama texnikasının yaradılması və istifadəsi əhəmiyyətli olaraq proqram və verilənlər kimi iki əsas ifadə ilə bir-birilə əlaqədardır: proqramlar və verilənlər. Bu halda birincilər ikinciləri emal etmək üçün yaradılır. Beləki proqramçı hər hansı bir proqramı tərtib edir və onun emalı üçün tələb olunan verilənləri proqramın uyğun mövqələrinə daxil edir.

Sonrakı mərhələlərdə əhəmiyyətli dəyişikliklər baş verməyə başladı: verilənlər proqramdan ayrıldı və müxtəlif strukturlu verilənlər bazaları (VB) yaradıldı (relyasiyalı, yəni cədvəl tipli VB), ierarxiyalı, şəbəkə tipli və s. Eyni zamanda VB-in idarə sistemləri (VBİS) yaradılmağa başladı.

Təbii ki, verilənləri proqramdan ayırmaq üçün müxtəlif proqramlaşdırma dillərində verilənlərin təsviri vasitələri də yaradılmağa başlandı. Fortran və Alqol dilləri nisbətən sadə strukturlu verilənlərin kompüterin yaddaşında təsvir olunması üçün proqram vasitələrinə malikdir. Nisbətən mürəkkəb – ierarxiyalı strukturlu verilənlərin bazalarının yaradılması üçün KOBOL, ПЛ/1 və ПАСКАЛ dillərinin proqram vasitələri geniş istifadə olunmağa başladı.

Paralel olaraq verilənlərin xarici yaddaş qurğularında təsviri istiqamətində işlərdə inkişaf etməyə başladı. Bu halda əsas məsələ informasiya massivinin (fayl) yaradılmasıdır. Faylda müxtəlif obyektlər barədə verilənlərin strukturlaşdırılmış yazılışının mətni və adı göstərilir. Fayla obyektin informasiya modeli kimi də baxmaq olar.

Xarici yaddaş qurğusunda verilənlərin təsviri aşağıdakı mərhələlərdə yerinə yetirilmişdir:

- faylda verilənlərin yazılışının formalizasiyası üsulları, faylların yaradılması və onlara müdaxilə tamamilə istifadəçilərin konkret proqramlarında təyin olunmuşdur;
- faylların idarə olunması və onlara müdaxilə kompüterin

əməliyyat sistemləri ilə yerinə yetirilmişdir;

- VB-in və onların inkişaf etmiş idarəetmə sisteminin (VBİS) yaradılması (bu məqsədlə müxtəlif təyinatlı verilənlərlə təchiz edilmiş inteqrallaşdırılmış VB-in müəssisələr, sahələr və s. üçün yaradılması nəzərdə tutulur).

Birinci mərhələdə məntiqi və fiziki səviyyələrdə verilənlərin yaradılması, saxlanması və onlara müdaxilə tam şəkildə hər bir proqramı yaradan proqramçıya və onun istifadəçisinə həvalə edilir. Bu halda bir proqramın verilənlərinin digər proqramda istifadə edilməsi çox əmək tələb edən və az səmərəli prosedura hesab edilir.

İkinci mərhələdə kompüterin xarici yaddaş qurğusunda verilənlərlə işin müəyyən hissəsi (əsasən fiziki səviyyədə) əməliyyat sisteminin üzərinə düşür. Növbəti 3-cü mərhələ, VBİS-in çərçivəsində mümkün oldu. Bu halda texnoloji olaraq müxtəlif təyinatlı proqramları (verilənləri yaradan, dəstəkləyən və istifadə edən) bir-birindən ayırmaq mümkün oldu. Beləliklə verilənləri emal edən proqramları verilənlərdən asılı olaraq seçmək imkanı yarandı.

Verilənlərin təsvirinin növbəti mərhələlərində informasiya hesablama şəbəkələri və onların əsasında kollektiv istifadə olunan paylanmış VB-in yaradılması və idarə olunması məsələləri həll edilmişdir. Bu mərhələnin bariz nümunəsi kimi İnternet Şəbəkəsinin intellektual informasiya - axtarış sistemlərini göstərmək olar.

## **2.2. Biliklərin spesifik əlamətləri**

Süni intellektin yaradılması ilə yeni istiqamət – Biliklər bazası (BB) ideyası yarandı. Uyğun olaraq BB-in idarə sistemi (BBİS) aktuallaşdı. Təbiidir ki, verilənlər və onların VB-dəki strukturu müəyyən mənada predmet sahəsi barədə bilikləri əks etdirir. Buna baxmayaraq bilikləri verilənlərdən fərqləndirən spesifik xassələr mövcuddur. Həmin spesifik xassələrə aşağıdakıları göstərmək olar: daxili interpretasiya (qavranma); strukturluluq; bağlılıq; aktivlik. Bu xassələri ayrı-ayrılıqda nəzərdən keçirək

**1.Daxili interpretasiya.** Kompüterin yaddaşında verilənlərin

elementi olan informasiya vahidi ilə birlikdə həmin informasiya vahidi ilə bağlı sistem adlarının saxlanılma imkanının olması. Sistem adları verilənə qoyulmuş fərdi adı və həmin verilənin daxil olduğu adlar çoxluğunu və ya adlar sinfini özündə birləşdirir. Məsələn, müəssisənin hər hansı əməkdaşı haqqında məlumatlar yığımı onun kadrlar şöbəsində şəxsi işinin nömrəsi, işlədiyi laboratoriyanın adı, bu laboratoriyanın daxil olduğu şöbənin adı və b. ilə qeyd edilir. Adlar sisteminin olması sistemə onun yaddaşında olan biliklərin mənbəyini göstərir, daha doğrusu, nə yerləşdiyini “bilməyə” imkan verir və yaddaşda olan sorğulara cavab vermək bacarığını təmin edir.

**2.Strukturluluq.** informasiya vahidləri lazım olduqda bölünərək daha kiçik vahidlər və ya birləşərək daha böyük vahidlər ola bilərlər. Bu əməliyyatlar üçün elementlərin hansı sinfə mənsubiyyət münasibətini və “cins-növ” münasibətini bilmək lazımdır. Hər bir bilik vahidi başqasının strukturuna daxil ola bilər və hər bir bilik vahidi elementlərə ayrıla bilər. Başqa sözlə, ayrı-ayrı bilik elementləri arasında “bütöv-hissə”, “cins-növ”, “element-sinif” kimi münasibətlərin sərbəst təyin olunması mümkün olmalıdır.

**3.Bağlılıq.** Gerçəkliyin semantik və proqramatik əlaqələrini əks etdirən bilik vahidləri arasında ən müxtəlif cür əlaqələrin təmin olunması imkanı mümkün olmalıdır. Məsələn, iki və ya daha çox bilik vahidi arasında eyni zamanda “səbəb-nəticə”, “dost olmaq”, “sevmək”, “oxşar olmaq” əlaqələrini göstərmək olar. Daha sonra bağlılığı struktur, funksional, anlayış, hal, səbəb kimi əlaqələrə ayırmaq olar. Və bu əlaqələr çox müxtəlif ola bilərlər.

**4.Aktivlik.** Kompüter ortaya çıxandan və yaddaş sistemində istifadə olunan biliklərin verilənlər və komandalara bölünməsi nəticəsində belə bir vəziyyət alınmışdır ki, verilənlər passivdir, komandalar isə aktivdirlər. Yəni kompüterdə gedən proseslər komandalar vasitəsilə həyata keçirilir, verilənlər isə bu komandalar tərəfindən lazım olduqda istifadə olunurlar. Kompüterə xas olan verilənlərin passivliyi cəhətinin insanda analoqu yoxdur. Odur ki, intellektual sistemlərdə belə bir vəziyyət qəbul edilməzdir. İnsana xas olan biliklərə bənzər bilik sistemində hər bir hərəkətin icrası

sistemin malik olduğu biliklər əsasında həyata keçirilir, Yəni sistem proqramın hər bir gedişini biliklər bazası tərəfindən aktivləşdirir. Beləliklə, biliklər bazasının aktivliyi məqsədə çatmağı təmin edir və bu məqsədi həyata keçirmək imkanı yaradır.

Təcrübə göstərir ki, getdikcə yeni xüsusiyyətlərə malik olmaqla verilənlər biliklərə çevrilirlər.

Struktur verilənləri gözdən keçirsək görürük ki, bilikləri səciyyələndirən bəzi xüsusiyyətlər verilənlərdə də vardır. Məsələn, birinci iki xüsusiyyət biliklərlə yanaşı verilənlərə də xas cəhətlərdir və birinciyə görə verilənlər özlərini bazada göstərilərsə, ikinci cəhət mürəkkəb obyektlər arasında əlaqənin təyin olunması kimi göstərilir.

Üçüncü və dördüncü xüsusiyyətlər ancaq biliklərə xasdır. Üçüncü cəhətə görə biliklərimiz təkcə struktur baxımında əlaqəli deyil, bunlar həm də faktorlara, proseslərə, vəziyyətlərə aid qanunauyğunluqları və aralarında olan səbəb-nəticə əlaqələrini göstərir. Dördüncü cəhətə görə insan biliyi aktivdir- o hər zaman öyrənir və yeni bilik əldə edir. Bununla da biliklər prinsipcə verilənlərdən fərqlənirlər. Məsələn, biliklərdə ziddiyyət aşkar olunarsa, bu ziddiyyətin aradan qaldırılması yeni biliyin ortaya çıxmasına səbəb olur.

Şübhəsiz ki, verilənlərlə biliklər arasında həmişə kəskin bir fərq sərhəddi mövcud olmuşdur və olmaqdadır. Bu fərq biliklərin təsviri modellərinin meydana çıxması ilə öz həllini tapır.

Göründüyü kimi verilənlər və verilənlərin strukturu tam şəkildə predmet sahəsinin xüsusiyyətlərini özündə əks elətdirmir. Odur ki, verilənlər və biliklər arasında yuxarıda göründüyü kimi müəyyən fərqlər mövcuddur. Məhz bu fərqlər kompüterdə biliklərin təsviri üçün xüsusi formalizmlərin meydana gəlməsinə səbəb oldu. Bu formalizmlər biliklərə xas olan 4 əsas xassələri özlərində əks elətdirməlidir. Daha çox istifadə olunan və bilikləri təsvir etmək üçün səmərəli hesab edilən bilik dillərinə (modellərinə) aşağıdakıları misal göstərmək olar: semantik şəbəkə dilləri; Freym sistemləri (modelləri); məntiqi dillər (modellər); produksiya qaydaları sistemləri.

### 2.2.1. Semantik şəbəkələr

Semantik şəbəkələrlə bilikləri qraf şəklində təsvir etmək olar. Bu halda qrafın düyünlərində şəbəkənin məvhumları (obyektlər, hadisələr, proseslər və s.), qövslərində isə həmin məvhumlar arasındakı çox saylı əlaqələr çoxluğundan ən vacibləri və yaxud mümkünsə hamısı təsvir olunur. Bu xüsusiyyətinə görə semantik şəbəkələri çox hallarda relyasiyalı təsvir üsulu da adlandırırlar. Məvhumlar arasındakı əlaqələr kifayət qədər olmalıdır ki, onlar semantik şəbəkələrdə biliklərin təsvirinin əlaqəlilik xassəsinin tələblərini ödəsin.

Göründüyü kimi semantik şəbəkələr biliyin qrafiki təsvir üsuludur, ekspert sistemlərində və süni intellektdə mətn tipli informasiyaların təsviri üçün geniş istifadə edilir.

Semantik şəbəkəyə aid nümunəyə baxaq (şəkil 2.1.). Semantik şəbəkələrin üstün cəhətləri aşağıdakılardır: təsvir olunan biliklər elastikliyi ilə fərqlənir, belə ki, yeni bir düyün şəbəkəyə əlavə oluna bildiyi kimi, mövcud olan düyünlər arasında yeni əlaqələr də təyin oluna bilər; düyünlərin arasındakı əlaqələrin irsi ola bilmə qabiliyyəti.

Semantik şəbəkələrlə biliklərin təsvirinin əsas çatışmayan cəhəti isə əlaqələrin və düyünlərin təyin olunması üçün standart bir quruluşun olmamasıdır, yəni hər bir konkret biliyin təsviri üçün istifadəçinin fərdi yanaşması tələb olunur.

Qeyd olunduğu kimi semantik şəbəkə əsasən mətn tipli informasiyaların, təsviri üçün səmərəli metoddur. Tədqiqatlar göstərir ki, avrohind dilləri qrupunda 200-dən artıq olmayan və bir-birinə gətirilə bilməyən əlaqələr mövcuddur.

Həmin baza əlaqələrinin kombinasiyası nəticəsində mətndə fiksasiya olunan digər əlaqələri təyin etmək olar ki, bu da situasiyalı idarəetmə prinsiplərinə əsaslanır. Nəzərə alsaq ki, baza əlaqələrinə sonlu çoxluq kimi baxmaq olar, onda BB-də istənilən predmet sahəsinin biliklərini təsvir etməklə istənilən mətndən semantik şəbəkəni avtomatik olaraq qurmaq olar.

Semantik şəbəkələrin xüsusi halı kimi ssenari və ya bircinsli semantik şəbəkəni göstərmək olar. Bu şəbəkələr vasitəsilə bir-biri ilə əlaqədə olan bilikləri təsvir etmək olar ki, bu da planların tərtibi üçün əlverişli təsvir üsuludur.

### **2.2.1.1. Biliklərin təsviri sisteminin strukturu və elementləri**

Semantik şəbəkənin ümumi forması misalında VB ilə BB arasındakı əsas fərqi göstərmək olar. Hər hansı bir obyektin predmet sahəsi onun komponentlərinin mümkün olan vəziyyətlər çoxluğudur. Onlar arasındakı ümumi məlumat və əlaqələrlə təsvir olunan çoxluq intensional semantik şəbəkə şəklində BB-ni təşkil edir. Eyni zamanda situasiyadan asılı olaraq predmet sahəsinin komponentləri konkret qiymətlər, xassə və xarakteristikalara malik olurlar. Predmet sahəsi üzrə bütün konkret verilənlər ekstensional semantik şəbəkəni yaradır və ya şəbəkə strukturunun VB-ni təşkil edir.

Beləliklə, VB və BB arasındakı əlaqənin sadələşdirilmiş strukturu şəkil 2.2-dəki kimi təsvir oluna bilər.

Qeyd edək ki, məna etibarı ilə bütün süni intellekt sistemlərində intensional və ekstensional semantik şəbəkələr eyni funksiyanı yerinə yetirir.

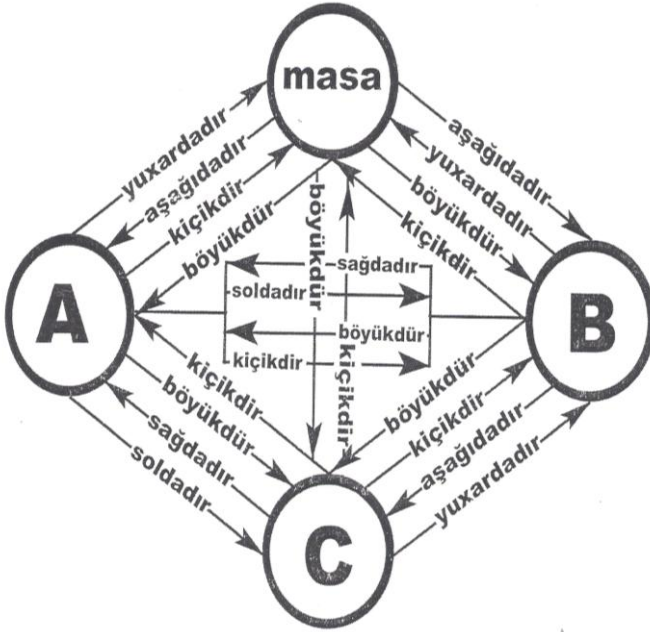
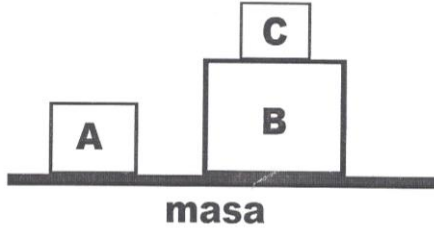
İntensional və ekstensional terminləri semotika elmindən, yəni işarə sistemləri haqqında elmdən götürülmüşdür.

İntensional eia ümumi məvhum və əlaqələrdir ki, onlar çoxsaylı obyektləri və hadisələri xarakterizə edir.

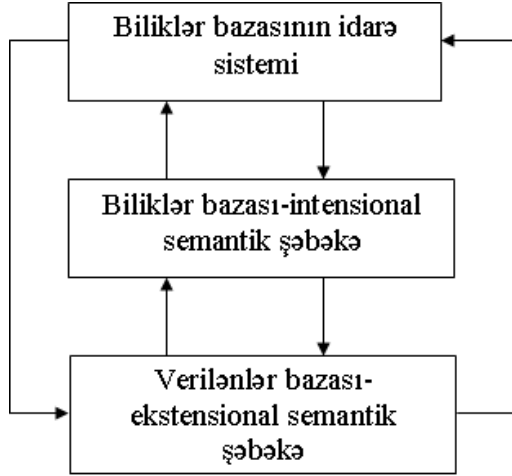
Ekstensional isə məvhum və əlaqələr çoxluğunun konkret xarakteristikalarını təsvir edir.

Məs. ”minik maşını” məvhumunun “kuza”, ”mühərrik”, ”idarəetmə” və s. əlaqələri, “minik maşınlarının markaları” ekstensional çoxluğuna (volqa, jiquli, moskviç və s.) və onların konkret xarakteristikalarına görə intensionaldır. Öz növbəsində əgər ümumi məvhum şəkilində intensional kimi “jiquli” olarsa onun konkret xarakteristikalarla ekstensionalları onun markaları olacaqdır.

Bu onu göstərir ki, intensional v  ekstensionalın m vhumları nisbidir.



Şekil 2.1. Masa üzərindəki qutular v  aralarındakı semantik əlaqələr



Şəkil 2.2. VB və BB arasındakı əlaqənin struktur sxemi

### 2.2.2. Biliklərin freym modelləri ilə təsviri

Məvhum və obyektlər arasındakı əlaqələri təsvir etmək üçün kifayət qədər imkan və vasitələrin yaradılmasına baxmayaraq semantik şəbəkələr bəzi əsas çatışmamazlıqlara malikdir. Semantik şəbəkələrin müxtəlif növ düyün və əlaqələrə, eyni zamanda ciddi olmayan strukturlara malik olması informasiya emalının müxtəlif təyinatlılığını tələb etməklə kompüterin proqram təminatını mürəkkəbləşdirir. Bu nöqteyi nəzərdən semantik şəbəkələrin xüsusi növlərinin yaradılması həyata keçirilmiş və sintaqmatik dövrlər, ssenarilər, freym təsvir üsulları kimi modellər yaradılmışdır.

Freym modellərini nəzərdən keçirək. Freym termini (frame) çərçivə mənasında istifadə edilir. Predmetlər, obyektlər, situasiyalar və s. barədə istənilən təsvirlər insan beynində müəyyən çərçivə ilə məhdudlaşır və onlar freymın slotlarını təşkil edir.

Formal olaraq freym dedikdə aşağıdakı şəkildə struktur başa düşülür:



$F[\langle v_1, g_1 \rangle, \langle v_2, g_2 \rangle, \dots, \langle v_k, g_k \rangle]$ ,  
burada  $f$ -freymin adı;  $\langle v_k, g_k \rangle$  - freymin  $k$  sayılı slotu (cütlüyü);  $V_k$ -  
slotun adı və  $g_k$ -slotun mahiyyətidir.

Freymləri iki qrupa bölürlər: freym-ifadələr və freym-tapşırıqlar. Hər ikisinə nümunə göstərək:

Freym-ifadələr: [ $\langle$ meyvələr $\rangle$ ,  $\langle$ üzüm, süfrə 5 ton $\rangle$ ,  
 $\langle$ alma, qızıləhmədi 1 ton $\rangle$ ,  $\langle$ armud, düşes 200 kq $\rangle$ ].

Freym-tapşırıqlar: [ $\langle$ daşımali $\rangle$ ,  $\langle$ nə, boru 100t $\rangle$ ,  
 $\langle$ haradan, Sumqayıtdan $\rangle$ ,  $\langle$ hara, Gəncəyə $\rangle$ ,  $\langle$ nə ilə, dəmir yolu ilə $\rangle$ ,  
 $\langle$ nə vaxt, iyunda 2014 $\rangle$ ].

Freym tapşırıqlarda slotların adı kimi sual işarələri, slotların mahiyyəti kimi çoxsaylı məvhumlar istifadə edilir.

Əgər göstərilən yazılışlarda slotların mahiyyətlərini bildirən ifadələri göstərməsək alınmış konstruksiya freymin prototipi adlanır və ona sadəcə olaraq freym və yaxud freym-intensional demək olar. Slotların konkret mahiyyətləri göstərilən freymlərə freym-numunələr və yaxud freym-ekzemplarlar deyilir.

Freym modellərində demək olar ki, biliklərə xas olan bütün xassələr əsasən öz əksini tapır. Beləki freymin slotunun mahiyyətində həmin freymin digər slotlarına və yaxud digər freymlərə müraciət etmək mümkündür ki, bu da freymin biliklərə xas olan strukturluluq və əlaqəlik xassələrinə malik olduğunu göstərir.

Freymlərlə təsvir olunan və saxlanılan biliklər freymin və slotların adları olduğuna görə daxili qavranılma xassəsinə malikdir.

Freym-tapşırığın nümunəsindən görüldüyü kimi freymin slotunda bu və ya digər prosedurların aktivləşdirilməsi həyata keçirilir. Bu işə biliklərin aktivlilik xassəsinə malik olduğunu göstərir.

Fundamental elmlərdə bilikləri təsvir etmək üçün freym modellərindən istifadə etməklə daha ciddi anlaşılan aparatların yaradılması və adi riyazi modellərin freym formalizmləri ilə əvəz edilməsinə nail olmaq olar.

### 2.2.3. Biliklərin məntiqi modelləri

Biliklərin məntiqi modelləri insan mühakiməsinin (düşüncəsinin) və düzgün nəticə çıxarmasının əsasını təşkil edir və uyğun olan məntiqi hesablamalarla formalizə oluna bilər. Bu tip hesablamalara ilk növbədə Aristotelin sillogistikasını, yəni mülahizələrin və predikatların tətbiq ilə hesablamasını nümunə göstərmək olar.

2000 ildən artıq dövrdə dəyişməz Aristotel sillogistikası son dövrlərdə vacib praktiki tətbiq sahəsi tapmışdır.

Məntiqi hesablamalar dördlük şəkilində formal sistem kimi təsvir olunur:

$$M = \langle T, P, A, F \rangle,$$

burada T-baza elementləri çoxluğu ( məs, hər hansı bir əlifbanın hərfləri); P-sintaksis qaydalar çoxluğudur ki, onların əsasında T-dən düzgün qurulmuş formulalar yaradılır; A-elementləri aksiomalar adlanan düzgün qurulmuş formulalar çoxluğu; F-A çoxluğundan yeni güzgün qurulmuş formulaların – teoremlərin alınmasını təmin edən nəticə çıxarmaq qaydaları.

Mülahizələrin hesablamasında hesab edilir ki, hər bir düzgün qurulmuş formula mülahizədir və o “doğru” və ya “yalan” ola bilər. Məs.” Məmmədov zavodda işləyir” mülahizəsi “doğru” (əgər işləyirsə) və ya “yalan” (əgər işləmirsə) ola bilər. “Ağır atlet 10 ton yükü qaldırdı” mülahizəsi əvvəlcədən yalandır.

Göstərilən elementar tipli mülahizələrdən məntiqi əlaqələr vasitəsi ilə nisbətən mürəkkəb mülahizələr yaradılır ki, onlarda son nəticədə iki mahiyyət daşıyır – “doğru” (D) və ya “yalan” (Y).

Məntiqi əməliyyatlar və əlaqələrə aşağıdakıları göstərmək olar:

- Konyunksiya (“ və”) -  $\wedge$ ,
- Dizyunksiya (“və ya”)-  $\vee$ ,
- Implikasiya (“əgər...onda”)-  $\rightarrow$ ,
- İnkarn ( $\neg$ ).

Məntiq əməliyyatları ilə qurulmuş doğruluq əlaqələri cədvəl

2.1. də göstərilmişdir.

Cədvəl 2.1

P	$\neg P$	$P_1$	$P_2$	$P_1 \vee P_2$	$P_1 \wedge P_2$	$P_1 \rightarrow P_2$	$\neg P_1 \vee P_2$
D	y	D	D	D	D	D	D
y	D	y	D	D	y	D	D
		D	y	D	y	y	y
		y	y	y	y	D	D

### 2.2.4. Biliklərin produksiyalarla təsviri

Praktiki olaraq produksiya öz-özlüyündə cütlük-“situasiya→fəaliyyət”, “səbəb→nəticə” və s. kimi təsvir olunur. Bu tip qaydalar müxtəlif bilik sahələrində və fəaliyyətlərdə qarşıya çıxır. Belə ki, gündəlik həyatda insanlar müxtəlif növ qaydalarla əhatə olunurlar. Məs. küçə hərəkəti qaydaları, qrammatika qaydaları və s. cinayət məəcəlləsinin bəndləri də müəyyən qaydalarla təsvir olunur. Yəni qaydanın sol hissəsi dispoziyadır, sağ tərəfi isə sanksiya.

Kompüter proqramlaşdırılmasına baxsaq produksiya özünü üçlük şəkilində, yəni produksiyanın adı, istifadə şərti və operator kimi göstərilir. Əslində produksiya məna etibarlı ilə “Əgər... onda” implikasiyasına uyğun gəlir və produksiyayı şərti olaraq implikasiya kimi işarə etmək olar:

$$\alpha \rightarrow \beta.$$

Produksiyayı bir qədər də geniş şəkildə, yəni istifadə şərtini göstərməklə açsaq, aşağıdakı ifadə formasında göstərmək olar:

$$P_1 \wedge P_2 \wedge \dots \wedge P_n \rightarrow B,$$

Burada  $P_i$  ( $i = 1, n$ ) – konyunktiv formada istifadə şərti; B- qərar (əksər hallarda qərar hissəsi hər hansı bir aktiv fəaliyyət kimi özünü göstərir ki, bu da produksiyayı implikasiyadan əhəmiyyətli dərəcədə fərqləndirir. Bu isə biliklərin aktivlik xassəsinin tələbatlarını ödəyir).

Hər hansı bir avadanlığın istismarına dair produksiya-qaydanı adi danışq dilində aşağıdakı kimi təsvir etmək olar:

ƏGƏR avadanlıq işçi rejimdədirsə qazın temperaturu T

$\geq 30^0$  S olarsa

VƏ qazın təzyiqi  $49 \cdot 10^4$  Pa olarsa

ONDA maye nasosunu söndürmək

Və ventilyatoru qoşmaq lazımdır.

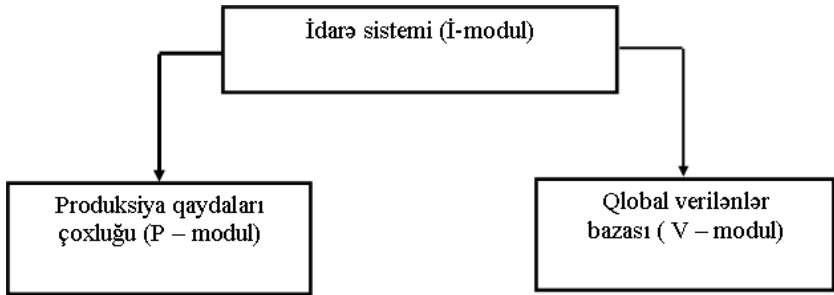
ƏGƏR və ONDA hissələrindəki ifadələri uyğun olaraq  $P_1, P_2, P_3, P_4, v\text{ə}$   $P_5$  predikatları ilə işarə etsək produksiyanı kompüterin daxili dilində aşağıdakı kimi təsvir etmək olar:

$$(1) (P_1 \wedge P_2 \wedge P_3) \rightarrow P_4 \wedge P_5$$

burada  $P_2$  – qazın temperaturunu ölçən qurğudan gələn informasiya;  $P_3$  – qazın təzyiqini ölçən qurğudan gələn informasiya;  $P_1$  – avadanlığın iş rejimini təyin edən informasiya;  $P_4$  – maye nasosunun söndürülməsi;  $P_5$  – ventilyatorun işə salınmasıdır. Göründüyü kimi  $A = P_4 \wedge P_5$  ifadəsi avadanlığın qəzadan müdafiə olunmasını təmin edir.

#### 2.2.4.1. Produksiya qaydalarının dinamik sistem kimi fəaliyyəti

Produksiya sistemini ümumi şəkildə üç modulun qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyəti kimi təsvir etmək olar (şəkil 2.3).



Şəkil 2.3. Dinamik produksiya sisteminin strukturu

Qlobal VB –ni bu halda ümumi şəkildə qəbul edilmiş VB- ilə qarışdırmaq olmaz. Belə ki, qlobal verilənlər bazası bu halda hər hansı bir dinamik obyektin situasiyadan asılı olaraq vəziyyətlər

çoxluğunu təsvir edir və hər bir aktiv təsirdən sonra (produksiya qaydaları vasitəsilə) vəziyyətlər çoxluğu yeni situasiyaya uyğun dəyişir. P- modul, sistemin bilkilər bazasını təşkil edir. Sistem aşağıdakı kimi fəaliyyət göstərir: idarə sistemi (İ-modul) müəyyən strategiya ilə P- moduldan elə produksiya qaydalarını aktivləşdirir ki, qlobal verilənlər bazası (V- modul) mövcud  $x(t)$  vəziyyətlər çoxluğundan  $x(t+1)$  vəziyyətlər çoxluğuna çevrilsin. Bu proses o vaxta qədər davam edir ki, produksiya sistemi terminal vəziyyətə çatmır, yəni tələb olunan məqsədə nail olunur.

Beləliklə produksiya sisteminin fəaliyyətini  $f$  formal olaraq aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

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

burada  $u_i \in U$ , U-produksiya qaydaları çoxluğu.

### **2.3. Süni intellektin dialoq sistemləri**

Süni intellektin inkişafının əsas istiqamətlərinin (yaradıcı proseslərin ayrı-ayrı funksiyalarının modelləşdirilməsi – A, kompüterin xarici intellektləşdirilməsi – B, kompüterin daxili intellektləşdirilməsi – C və robotların məqsədyönlü fəaliyyətləri–D) analizinə baxdıqda görünür ki, əsas problemlərdən biri B – istiqamətində kompleks funksiyaları yerinə yetirən dialoq interfeysinin yaradılmasıdır. Göstərilən problemin həlli kompüter texnikasının istifadəsinin yeni formasına, yəni müxtəlif intellektual sistemlərin komponovka edilərək tətbiqinə imkan yaratdı. Şəkil 2.4.-də süni intellekt sistemlərinin strukturu və komponentləri göstərilmişdir. Şəkilin sol tərəfində ekspert sistemlərinə xarakterik olan alt sistemlər, sağ tərəfində isə intellektual tətbiqi proqram paketlərinə və hesabi- məntiqi sistemlərə xas olan alt sistemlər göstərilmişdir.

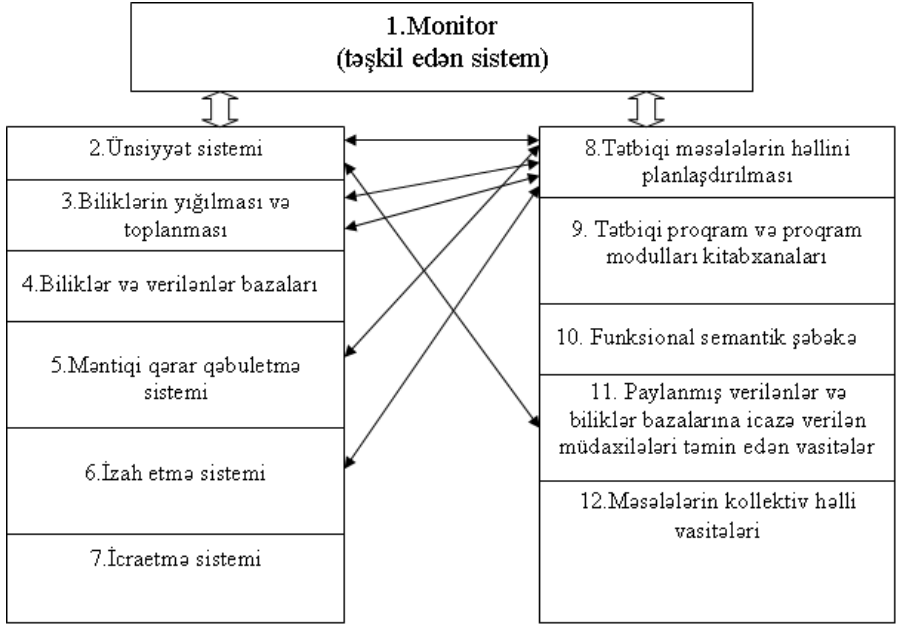
Şəkildə xətlərlə sağ və sol tərəflərdəki alt sistemlərin uyğunluqları göstərilmişdir. Göründüyü kimi (şəkilin altındakı yazılara əsasən) ünsiyyət sistemi, yəni proqram və ya aparat vasitələri ilə realizə olunan linqvistik prosessor bütün intellektual

sistemlərin tərkibinə daxildir. Onun vəzifəsi adi danışığın professional dialektində (obyektlərin spesifik xüsusiyyətlərindən asılı olaraq mütəxəssislər arasında istifadə olunan danışiq dili) verilmiş mətni maşın dilinə və əksinə avtomatik çevirməkdir. Ümumi şəkildə linqvistik prosessor sorğunun morfoloji, sintaksis və semantik analizlərini avtomatik şəkildə araşdırır, eyni zamanda cavabların semantik, sintaksis və morfoloji sintezini yerinə yetirir. Səslə danışiqda göstərilənlərə həm də fonetik analiz və sintez də əlavə edilir.

Biliklərin əlavə olunması, onların ümumiləşdirilməsi və bir-biri ilə ziddiyətli situasiyaların yaranmaması prosedurlarını həyata keçirmək üçün məntiqi qərar qəbul etmənin aparat-proqram vasitələri yaradılır.

### **2.3.1. İntellektual informasiya-axtarış sistemləri**

Süni intellekt sistemlərinin strukturundan göründüyü kimi intellektual informasiya axtarış sistemlərinin əsas tərkib hissəsini ünsiyyət sistemi, verilənlər və biliklər bazaları təşkil edir. Qeyd edək ki, bu sistemlər süni intellektin ilk nümunələri kimi yaradılmışdır və kompüter texnikasının inkişafı ilə əlaqədar inkişaf etmiş və təkmilləşdirilmişdir. İntellektual informasiya axtarış sistemlərini eyni zamanda adi, təbii danışiq ilə ünsiyyət sistemi də adlandırırlar (естественно-языковые системы, ЕЯ-систем). Bu sistemin əsasını ünsiyyət sistemi yəni 1-5- intellektual informasiya- axtarış sistemi (3 və 5 komponentləri daxil olmayan variantda ola bilər); 1-5 və 8-10 – intellektual tətbiqi proqram paketləri; 1,2, 4,8-12 – hesabi-məntiqi sistemlər (2 və 4 komponentləri daxil olmaya bilər); 1-7 - “ənənəvi” ekspert sistemlər; 1-6, 8-10 – planlaşdırma və layihələndirmə sahələrində hibrid ekspert sistemləri; 1-7, 11-paylanmış ekspert sistemləri; 1-12-ümumiləşdirilmiş tətbiqi intellektual sistemlər. linqvistik prosessor təşkil edir ki, o da adi danışiq dilinin ifadələrinin analizini həyata keçirir. Sual-cavab sistemləri ЕЯ – sistemlərinin sadələşdirilmiş variantıdır.



Şəkil 2.4. Süni intellekt sistemlərinin sturukturü və komponentləri

Bu halda söhbət dilin modelindən (lüğət və qrammatikadan) istifadədən gedir və demək olar ki, predmet sahəsi barədə biliklərdən istifadə edilmir. Onu da qeyd edək ki, təbii danışiq dilində ünsiyyət sistemləri sual-cavab sistemlərindən fərqli olaraq dilin modelində predmet sahəsi barədə biliklərə də malik olurlar.

Mükəmməl intellektual informasiya axtarış sistemlərinin strukturuna göstərilən üç sistemdən əlavə biliklərin yığılması və toplanması ilə məntiqi qərar qəbul etmə alt sistemləri də daxil edilə bilər ki, bu da son nəticədə intellektual informasiya axtarış sisteminin funksional imkanlarını və intellektual səviyyəsini daha da genişləndirir.

### 2.3.2. İntellektual tətbiqi proqram paketləri

İntellektual tətbiqi proqram paketləri aşağıdakı alt sistemlər toplusundan ibarətdir: monitor, ünsiyyət sistemi, VB və BB, tətbiqi məsələlərin planlaşdırılması, tətbiqi proqram və proqram modulları kitabxanaları, funksional semantik şəbəkə, paylanmış V və BB –na icazə verilən müdaxilələrin təmin edilməsi və məsələlərin kollektiv həlli vasitələri. Bu sistemin sadələşdirilmiş variantına ünsiyyət sistemi və VB, BB daxil olmaya bilər.

İntellektual tətbiqi paket proqramları imkan verir ki, istifadəçi öz məsələlərini proqramlaşdırma proseslərinə müdaxilə etmədən həll etsin. Bu halda proqramlaşdırma planlaşdırıcı – proqram vasitəsi ilə hazır proqram modulları toplusundan (həllini tələb edən predmet sahəsinə aid olan) avtomatik şəkildə həyata keçirilir.

BB funksional semantik şəbəkə şəklində realizə olunur və iki növ düşünlərlə yaradılmış işarəli qrafla təsvir olunur. Düşünlərdən biri hesablanan məsələlərin parametrlərini, eyni zamanda ilkin verilənləri təsvir edir. Parametr düşünləri digər düşünlərlə riyazi əlaqələrlə birləşirlər.

İntellektual tətbiqi proqram paketləri texniki sistemlərin blok-modul prinsipi ilə avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərində səmərəli istifadə olunur.

Bu tip sistemlərin inkişafının növbəti mərhələsində riyazi modelin özünün qurulması avtomatlaşdırılır. Belə ki, istifadəçi öz professional dilində layihələndirilən sistemin yazılışını formalizə edir və sistem tərəfindən avtomatik olaraq riyazi model qurulur. Bu halda sünni intellektin təsvir formalizmlərindən, xüsusən də predmet səviyyəsində biliklər bazasının yaradılması üçün freymlərdən istifadə edilir. Bu da öz növbəsində predmet səviyyəsində sistemin modelini funksional semantik şəbəkə şəklində riyazi modelə avtomatik çevrilməsini təmin edir.

Göstərilən hallarda ünsiyyət sistemi sadələşdirilmiş sxem şəklində qurulur, lüğət və standartlaşdırılmış ifadələri (menyu) formulə etmək funksiyasını yerinə yetirir. İstifadəçi bunlardan



istifadə edərək dialoq rejimində layihələndirilən sietemin strukturunu və hesabi məsələni formalizə edir.

### **2. 3.3. Hesabi-məntiqi sistemlər**

Hesabi-məntiqi sistemlər aşağıdakı alt sistemlər toplusundan ibarətdir: monitor, ünsiyyət sistemi, V və BB və süni intellekt sistemlərinin strukturundakı 8-dən 12-yə qədər olan alt sistemlər toplusu. Hesabi-məntiqi sisteminin sadələşdirilmiş variantında ünsiyyət sistemi və BB, VB alt sistemləri olmaya bilər.

Hesabi-məntiqi sistemlər intellektual tətbiqi proqram paketləri sistemlərinin inkişaf etmiş variantıdır və proqramlaşdırma, layihələndirmə, elmi tədqiqatlar və s. məsələlərin paylanmış şəkildə kollektiv həlli funksiyalarını həyata keçirir.

Intellektual tətbiqi proqram paketləri süni intellektin elə bir monosistem sinifidir ki, burada bir və ya bir neçə istifadəçi sistemdə toplanmış deklorativ və prosedur biliklərdən istifadə etməklə öz məsələlərini həll edirlər.

Ümumi bir məsələni kollektivdə (məsələn planlaşdırma, layihələndirmə və s.) həll etdikdə, biliklər, vərdislər, klavikasiya və cavabdehlik mütəxəsislər və ya mütəxəsis qrupları arasında alt sistemlər kimi paylanmış şəkildə olur. Odur ki, ümumi məsələnin alt məsələlərə böldükdə layihənin idarəedici mərkəzi kollektivin bu xüsusiyyətlərinin əsas kimi qəbul edir. Odur ki, ümumi məsələnin müvəffəqiyyətlə həlli üçün və mütəxəsis qruplar arasında, hən də qruplarla mərkəz arasında təşkilatı (iearxiyalı tabe olunan) və informasiya qarşılıqlı əlaqələri təşkil olunmalıdır.

Məsələlərin paylanmış həlli geniş yayılmış komputer şəbəkələrində verilənlərin emalından prinsipial şəkildə fərqlənir. Belə ki, bu halda multi sistemlərlə deyil monosistem çərçivəsində məsələ həll edilir. Qeyd edək ki, böyük həcmli məsələlərin həllində şəbəkəyə qoşulmuş istifadəçilərə öz komputerlərinin resursları kifayət etmir. Onda şəbəkənin hesablama maşınlarının resursları hesabına istifadəçi üçün virtual komputer yaradılır ki, onun da

məhsuldarlığı istifadəçinin xüsusi komputeri ilə müqayisədə daha yüksək olur.

Multisistemlər, o cümlədən paylanmış süni intellekt sistemləri özlərini hesabi-məntiqi sistemlər kimi göstərir və ekspert monosistemlərindən təşkil oluna bilirlər.

### **2.3.4. Ekspert sistemləri**

Süni intellekt sistemlərinin strukturuna əsasən “ənənəvi” ekspert sistemi aşağıdakı alt sistemlər toplusundan ibarətdir: monitor, ünsiyyət sistemi, biliklərin toplanması və idarə olunması sistemi, B və V bazaları, məntiqi qərar qəbuletmə sistemi, izahetmə və icra sistemləri. Ekspert sistemləri insanın-ekspertin mühakimələrinin bilik və texnikasını istifadə edən komputer proqramlarıdır. Ekspert sistemlərinin digər insan-maşın sistemlərindən fərqləndirən əsas xüsusiyyət onların alt sistemlərinin tərkibində izahetmə alt sisteminin olmasıdır. Izahetmə sistemi “ necə” və “ nə üçün” suallarına cavab verməklə istifadəçini bu və ya başqa qərarların çıxarılmasına gətirib çıxarır. Bu alt sistem istifadəçinin təbii tələbatı tələblərində özünə inamlılığını təmin edir. Onu da qeyd edək ki, izahetmə alt sistemi olmadıqda sistem iki eyni qiymətli qəbul olunmayan alternativlərə cavab verməlidir:

- alınmış nəticəyə etimadsızlıq nəticəsində komputerin inkar edilməsi;
- komputerin qəbul etdiyi həllərin həmişə düzgün olduğuna etimadlılıq olmaqla, bütün məsuliyyətin düzgün olmayan qərarlarda cavabdehliyin riyaziyyatçıların və komputerin adına yazmaq.

Ekspert sistemlərində sünni intellektin xüsusi formalizmləri – məntiqi – linqvistik modellər (MLM) əsasında qurulmuş modellərdən istifadə olunur.

Göründüyü kimi, ekspert sistemləri biliklərə oriyentasiya olunur və təbii ki, biliklərlə manipulyasiya edir, yəni biliklər üzərində emal əməliyyatlarını yerinə yetirir. Beləliklə ekspert sisteminin qərarlarının insanın əqli fəaliyyətinin nəticəsi olduğu üçün

demək olar ki yəni növ modelləşdirmə, yəni insanın əqli fəaliyyətinin modelləşdirilməsi məsələləri aktuallaşır. Bu isə öz növbəsində geniş spektrə malik problemlərin, o cümlədən də elmi – tədqiqat sahəsindəki problemlərin həlli üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Elmi tədqiqatların mərhələlərinin xarakterik xassələri kimi aşağıdakıları göstərmək olar:

- İlk empirik verilənlərin toplanması və emalı
- Yəni faktların alınması üçün verilənlərin riyazi və məntiqi – nəzəri emalı (bu halda yəni faktların obyektiv doğruluğu nəzəri və empirik şəkildə əsaslanmalıdır);
- Elmi faktların ümumiləşdirilməsinə əsasən yeni nəzəriyyələrin yaradılması.

Hal-hazırda elmi tədqiqatların birinci mərhələsinə aid olan məsələlər verilənlərin emalı sistemlərinin, VB və VBİS –in faktoqrafik informasiya-axtarış sistemlərindən istifadə etməklə kifayət səviyyədə avtomatlaşdırılmışdır.

2-ci və 3-cü mərhələlərin tələb olunan səviyyədə avtomatlaşdırılması mərhələlərində hələlik kifayət qədər boşluqlar mövcuddur. Belə ki, bu məsələlərin həllində riyazi modelləşdirilmə və hesablama eksperimentləri həlledici rol oynayır. Göstərilən hal o elmi istiqamətlərə tətbiq oluna bilər ki, onların məsələlərini riyazi modelləşdirmək mümkün olsun. Digər elm sahələrində, məs. tibb, biologiya, kimya, mürəkkəb texniki sistemlər və s. alimlərin elmi fəaliyyətlərinin modelləşdirilməsi çətinlik törədir, əksər hallarda isə demək olar ki, mümkünsüz olur. Təbii ki, belə fəaliyyətlərin avtomatlaşdırılması haqqında söhbət gedə bilməz.

Ekspert sistemlərin meydana gəlməsi bu cür stereotipləri demək olar ki, darmadağın etdi və əqli aktivlikli məsələlərin həlli modellərini qurmağa imkan yaratdı.

Ekspertlər aşağıdakı əqli aktivliklərlə fərqlənir:

- 1) Biliklərin toplanması (akkumulyasiyası);
- 2) Biliklərin ümumiləşdirilməsi (analiz və sintez);
- 3) Biliklərin qavranılması və problemlərin aşkarlanması;
- 4) Problemin həlli üçün müzakirələrdə istifadə etmək və tam

informasiya olmayan şəraitdə düzgünə uyğun qərarların qəbulu;

5) Özünün davranışını əsaslandırmaq və özünün mühakimələrini izah etmək;

6) Digər insanlarla qarşılıqlı münasibətlərdə biliklərin toplanmasını genişləndirmək;

7) Öz biliklərini yenidən konstruksiya və təşkil etmək və s.

Ekspert sistemləri hal-hazırda 1-ci, 2-ci və 6-cı xassələri realizə etmək xüsusiyyətinə malikdir. 3-cü xassə - insana xas olan prereqativdir, ancaq ekspert sistemi ilə dialoqda insana xas olan bu xassə əhəmiyyətli dərəcədə intensivləşdirilir. 4-cü xassə dialoq rejimində təkliflərin verilməsi ilə realizə olunur. 5-ci xassə ancaq ekspert sistemlərində izah etmə və etimad alt sistemi ilə realizə olunur. 7-ci xassə ekspert sistemlərini yaradanlar tərəfindən realizə olunur və sonrakı mərhələlərdə istifadəçilər tərəfindən zənginləşdirilir.

### **2.3.5. Ekspert sistemlərinin əsas funksiyaları**

İstənilən ekspert sistemi aşağıdakı əsas funksiyaları yerinə yetirməlidir:

- Verilənlər və biliklərin interpretasiyası;
- Texniki, bioloji və s. sistemlərin vəziyyətlərinin təyini və ya diaqnostikası;
- Nəzarətdə olan obyektlərin kritik vəziyyətlərinin təyini və ya diaqnostikası;
- Nəzarətdə olan obyektlərin kritik vəziyyətlərinin təyini üçün ilkin verilənlərin fasiləsiz olaraq real vaxt rejimində yoxlanılması (monitorinq sistemləri);
- Keçmiş və cari vəziyyətləri modelləşdirərək gələcək inkişafı proqnozlaşdırmaq;
- Qoyulmuş məqsədə nail olmaq üçün fəaliyyət və tədbirlərin işlənməsi və planlaşdırılması;
- Qoyulmuş tələbləri təmin edən obyektlərin qurulması üçün layihələrin işlənməsi.

Məlum olduğu kimi nəşriyyatların çap materiallarında toplanmış biliklərə biliklərin təsviri sistemləri kimi məna etibarı ilə passivdirlər. Müxtəlif problemlərin həlli üçün ilk növbədə kitablarda toplanmış bilikləri tapmaq və onları məsələnin həlli üçün interpretasiya etmək lazımdır. Kitablar biliklərin yeniləşdirilməsi və yeni biliklərin təsviri nöqtəyi-nəzərdən çevikliyə malik deyillər. Kitablar vasitəsi ilə biliklərin başqa insanlara ötürülməsi də kommunikasiya prosesləri nöqtəyi-nəzərdən də çevikliyə malik deyillər.

Kitablardakı biliklərin elektron təsvirlərinin yaradılmasını çap məmulatlarının mətnlərinin kompüterin yaddaşına sadə şəkildə köçürülməsi kimi başa düşmək olmaz. Belə ki, kitablardakı və ekspertin bilikləri kompüterin yaddaşına köçürülməzdən əvvəl xüsusi biliklərin təsviri dilləri ilə kodlaşdırılmalıdır. Bu dillərə (modellərə) misal olaraq qeyd etdiyimiz, semantik şəbəkələri, freym və məntiqi modelləri və produksiya qaydalarını göstərmək olar.

Təbiidir ki, xüsusi əhəmiyyət kəsb edən mətn tipli informasiyalar kompüterin yaddaşına adi qaydada, yəni mətn formasında yazılır.

Ekspert sistemləri yarananadək işlənən proqram sistemləri də çeviklik xasiyyətinə malik deyildilər. Belə ki, biliklərdəki istənilən dəyişiklik proqramların yenidən işlənməsini tələb edirdi. Produksiya qaydalarına əsaslanan qeyri formal proqramlaşdırma bu problemi aradan qaldırmaqda mühüm rol oynadı.

Məlum olduğu kimi ekspert sistemlərinə kimi texniki tapşırığa əsasən sistemi işləyən sifarişçiyə istismara hazır olan sistemi təhvil verirdi. Ancaq ekspert sistemində sistem lazım olan biliklər sifarişçidə olduğundan sistemin biliklərlə təmin edilməsi bilavasitə sifarişçi ilə yerinə yetirilir.

Adətən icraçı təşkilat uyğun alət vasitələri ilə müəyyən sinif obyektlər üçün boş ekspert sistemini (metasistem) yaradır boş ekspert sisteminin biliklərlə təmin olunması birbaşa sifarişçinin obyektində ya icraçı təşkilatın, ya da sifarişçi təşkilatın bilik mühəndisləri tərəfindən həyata keçirilir.

Bilik mühəndisləri ekspert sistemləri nəzəriyyəsi nöqteyi-nəzərdən hazırlıqlı mütəxəssis olmaqla bərabər, predmet sahəsini bilməli və həmin sahə üzrə ekspertlərlə onların professional dillərində ünsiyyətdə olmağı bacarmalıdırlar ki, onların biliklərini ekspert sistemlərinin bilikləri ilə formalizə edə bilsinlər.

### **2.3.6. Paylanmış ekspert sistemləri**

Paylanmış ekspert sistemləri eyni bir məqsədə xidmət edən ayrı-ayrı alt sistemlərdən təşkil edilir. Bu sistemlər müxtəlif təyinatlı mütəxəssislər kollektivlərinin mürəkkəb xasiyyətli obyektlərin çox aspektli diaqnostikası və layihələndirilməsində geniş istifadə edilir.

Bu sinif sistemlərə nümunə olaraq, ekolo-iqtisadi problemlərin, metroloji diaqnostika, xəstələrə həkim-mütəxəssislərin kompleks araşdırmalar nəticəsində dəqiq diaqnozun qoyulması məsələlərinin həllini göstərmək olar.

Paylanmış ekspert sistemləri mürəkkəb sistemlərin, o cümlədən bu kateqoriyaya aid edilən çox funksiyalı çevik istehsal sistemlərinin avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsində geniş tətbiq edilir.

Məlum olduğu kimi çevik istehsal sahələrinin layihələndirilməsi müxtəlif təyinatlı mütəxəssislər (layihə edən, texnologiya, avtomatika və sınaq üzrə mütəxəssislər) tərəfindən texniki tapşırıq, eskiz, texniki, işçi layihələndirmə, sınaq və istismar mərhələlərində bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə həyata keçirilir.

Təbiidir ki, bu halda hər mütəxəssis öz problemlərini həll etmək üçün texniki-proqram kompleksinə malik olmaqla, eyni zamanda situasiyadan asılı olaraq digər layihə edənlərlə də qarşılıqlı ünsiyyətdə olmaq üçün bütün vasitələr kompleksləri ilə təmin edilməlidirlər.

Paylanmış ekspert sistemləri proqramçılar kollektivi tərəfindən böyük həcmli proqram kompleksləri yaradıldıqda daha böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu istiqamətdə aparılan elmi-tədqiqat işlərinin nəticələri kimi obyektlərin layihələndirilməsində imitasiya

modelləşdirilməsi və onun nəticələrinin animasiya modelləri ilə simulyasiyasını təmin edən paylanmış ekspert sistemlərinin yaradılması aktuallıq kəsb edir.

Paylanmış ekspert sistemləri bir çox-terminallı hesablama kompleksləri və ya komputer şəbəkələri şəkilində realizə olunurlar

### **2.3.7. Hibrid ekspert sistemləri**

Ənənəvi ekspert sistemlərindən fərdli olaraq hibrid ekspert sistemləri ancaq məntiqi-linqvistik modellərdən istifadə etməklə deyil, eyni zamanda riyazi modellərdən də geniş istifadə edir.

Məlum olduğu kimi ənənəvi avtomatlaşdırılmış layihələndirmə, planlaşdırma, elmi-tədqiqat, operativ idarəetmə və s. sistemlərdə əsasən riyazi modellərdən istifadə etməklə problemin həlli yerinə yetirilir. Onu da qeyd edək ki, bu tip sistemlərdə layihə edən, planlaşdırıcının, tədqiqatçının və s. qeyri formal spesifik biliklərini nəzərə almaq ya çətindir ya da mümkün olmur. Bu nöqtəyi-nəzərdən hibrid ekspert sistemlərində riyazi və məntiqi-linqvistik modellərin birləşdirilməsi və onlardan problemin həlli üçün birgə istifadə edilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Hibrid ekspert sistemlərində hansı məsələlərin riyazi modelləşdirmə üsulları ilə və hansıların ekspertlərin spesifik biliklərindən istifadə etməklə həlli baş layihə edən tərəfindən müəyyən edilir və sonra onlar birləşdirilərək problemin kompleks həlli həyata keçirilir.

### III FƏSİL İSTEHSAL SİSTEMLƏRİNİN MODELLEŞDİRMƏ ÜSULLARI

#### **3.1. İstehsal sistemlərinin evolyusiya prosesi və onların modelləşdirilməsinə qoyulan tələbatlar**

Məlum olduğu kimi, istənilən obyektin layihələndirilməsi, onun yaradılması və sınağı mərhələlərində modelləşdirmə aparatlarından istifadə olunması vacib rol oynayır. Eyni zamanda onu da qeyd etmək lazımdır ki, hansı mərhələdə adekvat modelləşdirmə aparatından istifadə olunması tədqiq olunan obyektin mürəkkəblik dərəcəsindən asılı olaraq təyin olunur. Bu istiqamətdə mövcud vəziyyəti araşdırmaq üçün tədqiqat obyektini kimi seçilmiş istehsal sistemlərinin evolyusiya prosesinin mərhələlərini və hər bir mərhələdə istifadə oluna biləcək modelləşdirmə aparatlarının istifadə olunmasının məqsədəuyğunluğunu təyin etmək vacib məsələ kimi aktuallaşır.

Müxtəlif təyinatlı istehsal sistemlərinin (İS) 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 (şəkil 3.1). Təbiidir ki, istehsal sisteminin mürəkkəbliyi artdıqca onun səmərəliliyi də yüksəlir [7].

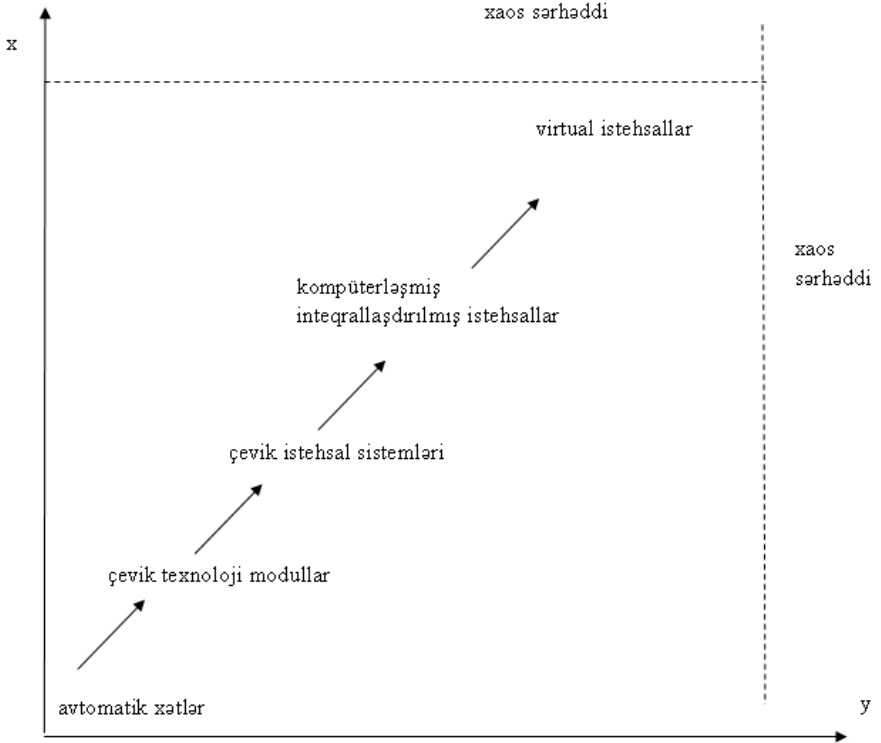
İstehsal sistemlərinin avtomatik xətlər



mərhələsindən başlayaraq inkişaf konsepsiyasını nəzərdən keçirdikdə inkişaf mərhələlərinin aşağıdakı mənzərəsinin şahidi oluruq: avtomatik xətlər → çevik texnoloji modullar → çevik istehsal sistemləri → kompüterləşmiş inteqrallaşdırılmış istehsallar → virtual istehsallar və b.

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

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



Şəkil 3.1. İstehsal sistemlərinin evolyusiyaya prosesi  
 $x$  – qeyri-müəyyənlik dərəcəsi;  $y$  – müxtəliflik.

İstehsal sistemlərinin evolyusiyasının növbəti mərhələsi kimi çevik istehsal sistemlərini (ÇİS) 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, ҮİS-lər ətraf mühit və sistemin daxilində baş verən proseslər haqqında tam və dəqiq informasiyaya malik olurlar.

Komputerləşmiş inteqrallaşdırılmış istehsallar ҮİS-lə müqayisədə daha mürəkkəb sistemlər kateqoriyasına aid edilirlər. Belə ki, onların tərkibinə ҮİS-lərdən əlavə layihələndirmə sistemi, istehsalın avtomatlaşdırılmış hazırlanması sistemi, lokal hesablama şəbəkəsi, məhsulun yaşama müddətinin dəstəklənməsi informasiya sistemi və digər alt sistemlər daxil olur.

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

Təcrübə göstərir ki, mürəkkəb istehsal sistemlərinin abstrakt ifadələrini müxtəlif təyinatlı riyazi aparatlarla təsvir və tədqiq etmək olar. Ancaq ҮİS-dən başlanan və növbəti mərhələlərdə proseslərin alt sistemlərinin qarşılıqlı əlaqələrinin mürəkkəbliyi o dərəcədə artır ki, onların mövcud modelləşdirmə alətləri ilə tədqiqi və qənaətbəxş nəticələrin alınması çətinləşir, bəzi hallarda isə mümkünəz olur. Bu halda imitasiya modelləşdirilməsi analiz və idarəetmə məsələlərinin həlli nöqtəyi-nəzərdən qənaətbəxş nəticələrin alınması üçün səmərəli aparat hesab edilir.

### **3.2. Modelləşdirmə üsullarının təsnifatı**

İstehsal sistemlərinin texnoloji proseslərinin modelləşdirilməsinin bütün üsullarını iki əsas hissəyə bölmək olar: fiziki və riyazi (şəkil 3.2).

Fiziki modelləşdirmədə model fiziki təbiətinə və generatorunun formasına görə modelləşdirilən obyektin özünə bənzəyir. Bu halda obyektin tədqiqi başqa ölçülərdə (adətən, laboratoriya şəraitində öyrənmək üçün) və vaxt intervalında yerinə yetirilir. Məs. elektrik generatorunun və ya istilik sobasının fiziki modelləri elə generator və ya istilik sobasıdır.

Riyazi modelləşdirmə analitik və imitasiya modelləşdirilməsi şəklində iki hissəyə bölünür [8].

Fasiləsiz fəaliyyət göstərən texnoloji proseslərin analitik modeli müxtəlif tənliklər sistemi ilə təsvir və tədqiq olunur. Diskret xarakterli istehsalların analitik modellərinin qurulması üçün prosesin mürəkkəblik dərəcəsi asılı olaraq sonlu avtomatlar, paralel fəaliyyətli asinxron proseslər, mənqiti-linqvistik modellər, şəbəkə modelləri və s. istifadə edilir.

Göründüyü kimi, analitik üsul obyektin tam şəkildə təsvir etməli və obyektin optimal xarakteristikalarının axtarışını yerinə yetirir. Qeyd etdiyimiz kimi, əksər hallarda obyektin fəaliyyətinin riyazi asılılıqlarının və sistemin elementlərinin qarşılıqlı əlaqələrini təsvir etmək ya çətinləşir, ya da heç mümkün olmur. Bu hallarda riyazi modelləşdirmənin imitasiya üsulu səmərəli yanaşma hesab edilir.

İmitasiya modelləşdirilməsi tədqiq olunan obyektin xarakterindən asılı olaraq fasiləsiz, diskret və kombinə edilmiş istehsal sistemlərinin modelləşdirilməsində istifadə olunur. Diskret xarakterli istehsalların modelləşdirilməsi üçün universal və xüsusiləşdirilmiş imitasiya dillərindən, o cümlədən problem-yönümlü imitasiya dillərindən istifadə edilir. İmitasiya modelləşdirilməsinin nəticələrini əks etdirmək üçün animasiya proqramları imitasiya paket proqramları ilə birlikdə işləyərək prosesi monitorda təsvir edir.

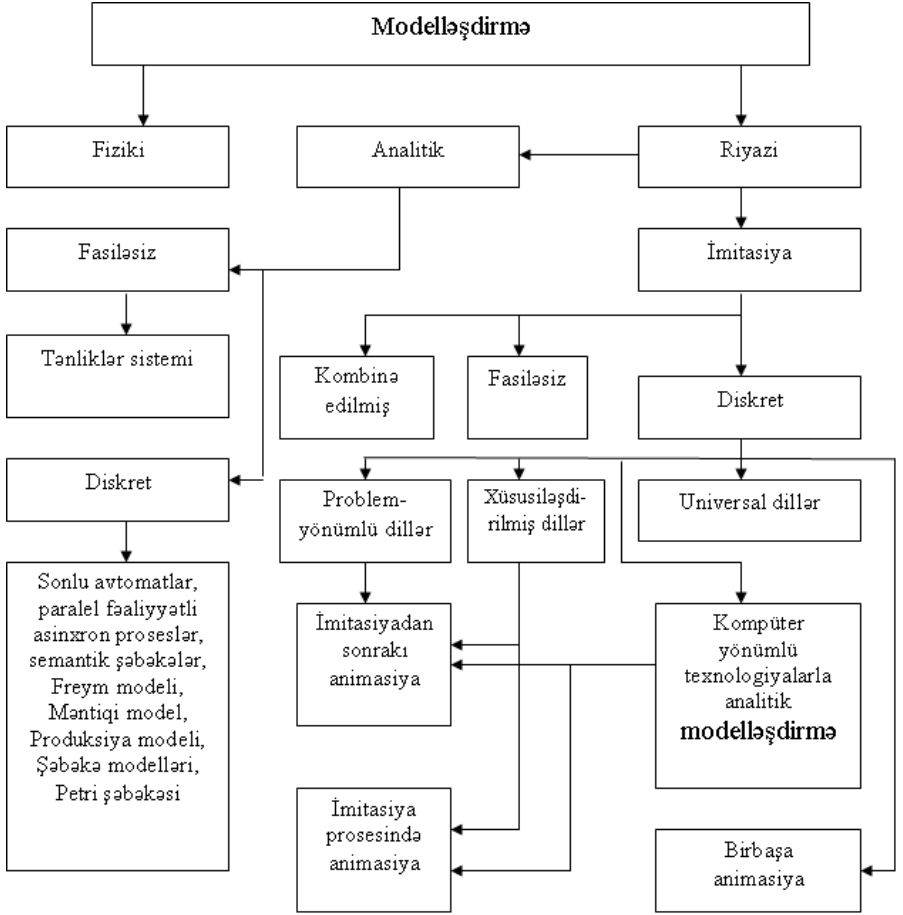
Dərs vəsaitində analitik və imitasiya modelləşdirmələrinin diskret xarakterli istehsal sistemlərində, xüsusilə də çevik istehsal

sistemlərinin layihələndirilməsində istifadəsi məsələlərinə baxılır.

### **3.2.1. Diskret xarakterli istehsal sistemlərinin analitik modelləşdirmə ilə tədqiqi üsulları**

Dərs vəsaitində məsələlərin qoyuluşu, həlli və izahı çevik istehsal sistemlərinin misalında şərh olunduğundan ÇİS-in əsas xassələrini və fərqli xüsusiyyətlərini nəzərdən keçirək.

ÇİS hər biri ayrı-ayrılıqda dinamiki sistem olmaqla ÇİS-in fəaliyyəti zamanı çoxlu sayda daxili vəziyyətlərdə olan ÇİM-in çoxluğundan ibarətdir. ÇİM müxtəlif təyinatlı mexatron qurğulardan



Şəkil 3.2. İstehsal sistemlərinin texnoloji proseslərinin modelləşdirmə üsullarının təsnifatı

(sənaye və intellektual robotlar, xüsusi və xüsusişəkillənmiş avtomatik manipulyatorlar, idarəolunan nəqliyyat vasitələri və s.), əsas və əlavə avadanlıqlardan (emal mərkəzləri, proqramla idarəolunan dəzgahlar və s.) ibarət olmaqla, bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqələrdə ortaq işçi zonalarında fəaliyyət göstərən elementlər

toplusundan təşkil olunmuş çoxfunksiyalı və mürəkkəb strukturlu sistemdir.

Məlum olduğu kimi ÇİM-in tərkibindəki mexatron qurğularının fəaliyyəti, onların sinxronlaşdırılmış, koordinasiya işlərini zamandan asılı olaraq fasiləsiz (differensial), diskret (sonlu fərqlər) və qeyri-müntəzəm (hadisələrlə təşkil olunan) tənliliklərlə ifadə oluna bilər [3]. Axırncı halda vaxtın hesablanması, sistemdə onun vəziyyətini dəyişən hər hansı bir hadisə baş verən momentlərdə yerinə yetirilir. Bu üsul ÇİM-in modelləşdirilməsi və kompüter eksperimentləri ilə tədqiqində geniş istifadə olunur.

ÇİM-in funksional təyinatından və qurulma strukturunun mürəkkəbliyi dərəcəsindən asılı olaraq, onların layihələndirmə təcrübəsində, modelləşdirilməsində, tədqiqində və idarə olunmasında müxtəlif modelləşdirmə aparatlarından istifadə olunur. Onlardan daha geniş istifadə olunanlara nümunə olaraq aşağıdakıları göstərmək olar: sonlu avtomatlar; paralel-fəaliyyətli asinxron proseslər; məntiqi və produksiya modelləri–semantik şəbəkələr, şəbəkə modelləri və s. Təbii ki, hər bir modelləşdirmə aparatının özünəməxsus üstün və çatışmayan xüsusiyyətləri və səmərəli tətbiq sahələri mövcuddur. Həmin xüsusiyyətlərin, bu və ya digər modelləşdirmə aparatlarının istifadəsinin məqsədə uyğunluğunun təyini və qiymətləndirilməsi məqsədi ilə mexatron qurğuların fəaliyyətlərinin modelləşdirilməsində geniş tətbiq olunan üsullara [9] baxaq.

### **3.3. Çevik istehsal modulunun sonlu avtomatlarla modelləşdirilməsi**

ÇİM-in mexatron qurğuları onun yerinə yetirəcəyi məqsədə çatmaq üçün sonlu sayda vəziyyətlər çoxluğunda olurlar və hər bir mexatron qurğusuna bu halda sonlu avtomat kimi baxmaq olar. Məlumdur ki, sonlu avtomat aşağıdakı kimi təsvir olunur [25]:

$$K = \{V, X, Y, \varphi, \psi\},$$

burada  $V$  – avtomatın girişinin sonlu vəziyyətlər çoxluğu;  $X$  – avtomatın sonlu vəziyyətlər çoxluğu;  $Y$  – avtomatın çıxışının sonlu

vəziyyətlər çoxluğu;  $\varphi: X \times Y \rightarrow X$ -keçid funksiyası;  $\psi: X \times V \rightarrow Y$  – Mili avtomatı üçün çıxış funksiyası. Beləliklə, ÇİM-in hər bir mexatron qurğusunun Mili avtomatı kimi fəaliyyətini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$X(t) = \varphi(X(t-1), V(t-1));$$

$$Y(t) = \psi(X(t), V(t-1)),$$

burada  $t$  – vaxtın diskret momentləri;  $X(t-1)$  və  $X(t)$  – uyğun olaraq  $(t-1)$  və  $t$  momentlərində mexatron qurğusunun daxili vəziyyətləri;  $V(t-1)$  və  $Y(t)$  – uyğun olaraq  $(t-1)$  və  $t$  diskret vaxt momentlərində mexatron qurğusunun giriş və çıxış vəziyyətləri.

İdarəolunan nəqliyyat sisteminin (NS) misalında onun fəaliyyətinin sonlu avtomatlarla yazılışına baxaq. NS iki dayanıqlı vəziyyətdən hər hansı birində ola bilər: NS qoşulub və işləyir (bu vəziyyət NS-in qovşağında quraşdırılmış sensordan daxil olan  $X_{11}$  siqnalı ilə təyin olunur); NS söndürülüb işləmir ( $X_{12}$ ). Göründüyü kimi NS-in daxili vəziyyətlərini  $X_1 = (X_{11}, X_{12})$  kimi göstərmək olar. Uyğun olaraq NS-in bir dayanıqlı vəziyyətdən digər vəziyyətə keçməsi  $U_1 = (U_{11}, U_{12})$  idarəetmə siqnalı ilə həyata keçirilir, burada  $U_{12}$  – NS-in işləməyə qoşulması,  $U_{11}$  – NS-in işinin dayandırılması.

Göstəriənləri nəzərə alaraq keçid və çıxış funksiyaları aşağıdakı kimi verilə bilər:

$$\varphi: (X_{12}, U_{11}) \rightarrow X_{11},$$

$$\psi: (X_{12}, U_{11}) \rightarrow Y_{11},$$

$$(X_{11}, U_{12}) \rightarrow X_{12},$$

$$(X_{11}, U_{12}) \rightarrow Y_{12}.$$

burada  $Y_1 = (Y_{11}, Y_{12})$  – NS-in müxtəlif mövqelərində onun daxili vəziyyətlərini təyin etmək üçün quraşdırılmış sensorlardan daxil olan informasiyaları göstərir:  $Y_{11}$  – NS işləyir;  $Y_{12}$  – NS işləyir.

Sonlu avtomatların fəaliyyətlərinin alqoritmlərini yazmaq üçün cədvəllər və keçid matrisləri üsullarından, alqoritmlərin qraf-sxemlərindən, keçid düsturlarından və s. geniş istifadə olunur. Ancaq əksər hallarda giriş və çıxış parametrlərinin əhəmiyyətli dərəcədə müxtəlifliyindən, göstərilən yazılış dillərinin istifadəsi çətinləşir, belə hallarda çoxsaylı və çoxölçülü sonlu avtomatların modelləri tələb olunur.



ÇİM-in tərkibi çoxsaylı mexatron qurğularından təşkil olunduqda onların sonlu avtomatlarla modelləşdirilməsi məqsədəuyğun hesab edilmir. Bu, əsasən onunla izah olunur ki, sonlu avtomat modelində fiziki vaxt anlayışı nəzərə alınmır. Odur ki, sonlu avtomatlar çoxluğunun qrup şəklində idarələnməsində mərkəzləşdirilmiş xarici sinxronlaşdırma sisteminin yaradılması tələb olunur və idarəetmənin real vaxt rejimində həllini çətinləşdirir. Xarici sinxronlaşdırmanın digər çatışmamazlığı ondan ibarətdir ki, əgər mexatron qurğunun bir vəziyyətdən digər vəziyyətə keçmə müddəti ( $\tau_{keç} > T$ , burada  $T$  – sinxronlaşdırma impulslarının sürəkliliyi olarsa), onda əks əlaqəsiz sistemlərdə sistemin bütün fəaliyyəti iflic halına düşür, əks əlaqəli sistemlərdə isə fəaliyyəti kiçik məhsuldarlıqla davam etdirilir.

### **3.4. Çevik istehsal modulunun paralel fəaliyyətli asinxron proseslərlə modelləşdirilməsi**

Sonlu avtomatlara xas olan çatışmamazlıqlar asinxron proseslərlə modelləşdirmədə xüsusi əhəmiyyət kəsb etmir. Belə ki, asinxron proseslər keçidlərin dəyişmə müddətlərinə invariant olmaqla sinxronizasiyalı paralel sistemlər kimi fəaliyyət göstərirlər. Bu halda hər bir mexatron qurğuya idarə olunan asinxron proses kimi baxılır [10].

Məlum olduğu kimi, asinxron proses formal olaraq, dördlük şəklində aşağıdakı kimi təsvir olunur:

$$P = \langle S, F, \dot{I}, R \rangle,$$

burada  $S$  – situasiyaların boş olmayan çoxluğu,  $F$  – situasiyaların birbaşa izlənməsi münasibəti ( $F \subset S \times S$ );  $\dot{I}$  – prosesləri aktivləşdirən inisiatorlar çoxluğu ( $\dot{I} \subset S$ );  $R$  – asinxron prosesin son məqsədə nail olmasını təmin edən rezultantlar çoxluğu ( $R \subset S$ ).

Asinxron proses şəklində təsvir olunmuş mexatron qurğu son

məqsədə nail olmaq üçün  $n = \prod_{i=1}^k m_i$  şəklində sonlu sayda

situasiyalarda olmalıdır. Burada  $k$  – mexatron qurğunun sərbəstlik dərəcələrinin sayı;  $m_i$  – hər sərbəstlik dərəcəsinə fiksasiya olunmuş mövqelərin sayı (müxtəlif təyinatlı sensorlarla məhdudlaşır).

Mexatron qurğuların ayrı-ayrılıqda və qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyətlərini təsvir etmək üçün siyasiyalari hadisələrə bölərək hər bir hadisəyə uyğun  $P_{jk}$  predikatını təyin edək ( $P_{jk}=1$  - əgər uyğun məntiqi şərt “doğru” qiymətinə malikdirsə və  $P_{jk}=0$  – “doğru” deyildirsə). Uyğun olaraq situasiyalar mümkün olan hadisələrin konyunksiyası şəklində aşağıdakı kimi təyin olunacaqdır:

$$S_i^a; \bigwedge_{j=1, k=1}^{i, r} P_{jk} \rightarrow 1, \quad (3.1)$$

burada  $a$ - mexatron qurğunun nömrəsi;  $j$ - aktiv hadisənin nömrəsi,  $k$  – predikatın nömrəsi,  $i$  – situasiyanın nömrəsidir.

Təcrübə və tədqiqatlar göstərir ki, mexatron qurğuların fəaliyyətləri onların vəziyyətlərinin tsiklik şəkildə dəyişən hadisələr çoxluğunun xətti nizamlanmış ardıcılığı kimi olur.

Bu nöqtəyi-nəzərdən asinxron proseslərlə təsvir olunan mexatron qurğusunun modelini aşağıdakı kimi təsvir etmək olar:

$$N^a : S^a = \{S_i^a\}; \quad F^a = \left\{ (PP_{jk}^a \xrightarrow{t_{jk}^a} P_{jk}^a) \right\};$$

$$I^a = \{(S_i^a \subset S^a)\}; \quad R^a = \{(S_i^a \subset S^a)\}, \quad (3.2)$$

burada  $t_{jk}^a$  -  $a$  saylı mexatron qurğunun keçidlərinin sayı;  $N^a$  -  $a$  saylı mexatron qurğunun modeli.

İdarəolunan NS və qaldırıcı-mövqələşdirici manipulyator-dan (QMM) təşkil olunmuş ÇİM-in misalında paralel fəaliyyətli asinxron proseslərlə modelləşdirməyə baxaq. ÇİM-də NS vasitəsi ilə müxtəlif təyinatlı detallar QMM-in işçi zonasına nəql olunur. Detal işçi zonasına daxil olduqdan sonra NS dayandırılır. QMM öz işini qurtardıqdan və işçi zonası boşaldıqdan sonra NS qoşulur və proses tsiklik rejimdə davam edir.

Bu prosedə ÇİM-in qurğularının situasiyalarına predikatların aşağıdakı həqiqi qiymətləri uyğun gəlir:  $P'_1 = 1$  - NS işləyir, QMM-in işçi zonasında detal yoxdur;  $P'_2 = 1$  - NS saxlanılmışdır, QMM-in işçi zonasında detal var;  $P'_3 = 1$  - QMM-in işçi zonasında detal emal olunur;  $P'_4 = 1$  - QMM-in işçi zonasında detal yoxdur, emal başa çatıb;  $P'_5 = 1$  - NS saxlanılıb, QMM-in işçi zonasında və NS-də detal yoxdur;  $P'_6 = 1$  - NS qoşulub, üzərində detal var, QMM-in işçi zonasında detal yoxdur.

Mümkün olan situasiyalar çoxluğundan o situasiyalar seçilir ki, onların icrası ÇİM-ə son nəticəyə real vaxt rejimində nail olmağa imkan verir və (3.1)-dən istifadə edərək həmin situasiyaları aşağıdakı kimi ifadə edək:

$$S'_1 = P'_1 \& P'_4; \quad S'_2 = P'_2 \& P'_3; \quad S'_3 = P'_5 \& P'_4; \quad S'_4 = P'_6 \& P'_4 \quad .$$

(3.2)-dən istifadə edərək ÇİM-in asinxron proseslər şəklində modelini aşağıdakı kimi göstərmək olar:

$$N^1 : \quad S^1 = \{S'_1, S'_2, S'_3, S'_4\};$$

$$F' = \left\{ (P'_5 \xrightarrow{t_1} P'_6), (P'_6 \xrightarrow{t_2} P'_1), (P'_1 \xrightarrow{t_3} P'_2), (P'_2 \xrightarrow{t_4} P'_6) \right\};$$

$$I' = \{S'_1\}; \quad R' = \{S'_2\}.$$

Qeyd edək ki, paralel fəaliyyətli asinxron proseslərlə adətən tsiklik rejimdə fəaliyyət göstərən mexatron qurğuların modelləşdirilməsi həyata keçirilir. Bu halda hər bir mexatron qurğunun modeli təhlükəsiz şəbəkə kimi təsvir olunur (şəbəkənin bütün keçidləri aktivdir və mexatron qurğunun fəaliyyəti prosesində ardıcıl olaraq aktivləşirlər).

Analiz və təcrübə göstərir ki, mexatron qurğuların nisbətən mürəkkəb qarşılıqlı əlaqələrdə fəaliyyəti proseslərində baxılan yanaşma arzu olunan səmərəyə nail olmağa imkan vermir. Bu tip problemlərin həllində perspektiv istiqamət kimi bilikləri emal etməklə qərar qəbuletmə imkanları olan modelləşdirmə aparatlarının istifadəsi aktual hesab olunur.

Təcrübədə bilikləri təsvir etmək üçün məntiqi-lingvistik modellər (MLM) geniş tətbiq edilir [1]. MLM-lər içərisində praktiki istifadə nöqteyi-nəzərdən produksiya sistemləri daha perspektivli hesab olunur. Belə ki, produksiya sistemləri (modelləri) cari situasiyalara adekvat proseduralara aid informasiyaları birbaşa və hər kəs tərəfindən başa düşülən formada təsvir etməyə imkan verir.

### **3.5. Çevik istehsal modulunun produksiya modelləri ilə modelləşdirilməsi**

Praktiki mənada produksiya elm və texnikanın müxtəlif sahələrində, o cümlədən gündəlik münasibətlərdə geniş istifadə olunan, “situasiya→fəaliyyət”, “səbəb→hərəkət” və s. kimi cütlüklərlə təsvir olunan qayda kimi təsvir olunur.

Göründüyü kimi məna etibarını ilə produksiya «Əgər...Onda» impilikasiyasına yaxın və uyğun ifadələrlə təsvir olunur.

Məlum olduğu kimi produksiya sistemləri üç əsas komponentdən ibarətdir[1]: qlobal verilənlər bazası; produksiya qaydaları çoxluğu (biliklər bazası) və idarə sistemi. Produksiya sistemi aşağıdakı kimi fəaliyyət göstərir: idarə sistemi müəyyən strategiya ilə biliklər bazasından elə lazım olan produksiyaları seçir ki, onların təsiri ilə son məqsədə çatana kimi qlobal verilənlər bazası ardıcıl olaraq  $X(t)$  vəziyyətindən  $X(t+1)$  vəziyyətlər çoxluqlarına keçsin. Produksiya sisteminin fəaliyyətini formal şəkildə aşağıdakı kimi göstərmək olar:

$$X(t+1)=f(x(t), u_i(x)), \quad (3.3)$$

burada  $u_i \in U$ ;  $U$  – produksiya qaydaları çoxluğu.

ÇİM-də qlobal verilənlər bazası onun mexatron qurğularının müxtəlif mövqelərində quraşdırılmış sensorlardan toplanmış informasiyalardan formalaşdırılan situativ biliklər çoxluğundan təşkil olunur.

Biliklər bazası ekspertlər tərəfindən onların təcrübə və intuisiyalarına əsaslanaraq VƏ, VƏ YA, İNKAR ( ) tipli məntiqi əlaqələr və «Əgər...Onda» impilikasiyalarından istifadə edilməklə

formalaşdırılan produksiya qaydaları çoxluğundan ibarətdir.

Beləliklə, ÇİM-də produksiya sistemi aşağıdakı kimi fəaliyyət göstərir: qlobal verilənlər bazasında cari situasiya aşkarlandıqdan sonra, biliklər bazasından müəyyən strategiya ilə seçilmiş uyğun produksiya qaydaları ÇİM-i son məqsədə çatmaq üçün ardıcıl olaraq yeni vəziyyətlərə çevirir.

NS, QMM, SR və emal mərkəzindən (EM) ibarət ÇİM-in misalında produksiya sisteminin verilənlər və biliklər bazalarının yaradılması mərhələlərinə baxaq.

ÇİM aşağıdakı kimi fəaliyyət göstərir: detallar NS vasitəsi ilə QMM-in işçi zonasına gətirilir; QMM detalı SR vasitəsi ilə götürülməsi üçün hazırlayır; SR detalı EM-in işçi zonasına ötürür və detal emal olunduqdan sonra proses tsiklik rejimdə təkrar olunur.

Produksiya sisteminin qlobal verilənlər bazasını yaratmaq üçün ÇİM-in mexatron qurğularının hansı mövqelərində sensorların quraşdırılmasını və mexatron qurğularının idarə mühərriklərinin təyinatlarını təyin edək (Cədvəl 3.1).

Cədvəl 3.1-dən istifadə etməklə (3.3) ifadəsinə əsasən, VƏ, VƏ YA, İNKAR ( ) məntiqi əlaqələrindən və «Əgər...Onda» impilikasiyasından istifadə etməklə ekspert tərəfindən adi danışiq dilində produksiyalar formalaşdırılır. Bu halda impilikasiyanın «Əgər... » hissəsində ÇİM-in vəziyyətlərini əks etdirən faktlar, «Onda...» hissəsində isə son məqsədə nail olmaq üçün qlobal verilənlər bazasının vəziyyətlərini dəyişdirən siqnallar göstərilir:

ƏGƏR QMM-in işçi zonasında detal varsa,

Onun manipulyatoru son vəziyyətdədirsə

VƏ SR-in qolu ilkin vəziyyətdədirsə, qolu geri çəkilib, tutqac açıq

vəziyyətdədirsə

VƏ NS hərəkətdə deyilsə

ONDA SR-im qolunun irəli qoşulması şərti ödənilir.

Bu yazılış daxili təsvir dilində aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$(P_1^2) (X_{12}^1 \& X_{11}^2 \& X_{17}^1) \Rightarrow U_{11}^2,$$

burada  $P_1^2$  - produksiyanın nömrəsidir. Analoji olaraq, ÇİM-in digər produksiyaları da formalaşdırılır:

$$(P_2^2) (X_{12}^2 \ \& \ X_{12}^1 \ \& \ X_{17}^1) \Rightarrow U_{12}^2;$$

$$(P_3^2) (X_{13}^2 \ \& \ X_{12}^1) \Rightarrow U_{11}^2;$$

$$(P_4^2) (X_{14}^2) \Rightarrow U_{13}^2;$$

$$(P_5^2) (X_{15}^2 \ \& \ X_{19}^2) \Rightarrow U_{11}^2;$$

$$(P_6^2) (X_{16}^2 \ \& \ X_{15}^2) \Rightarrow U_{12}^2;$$

$$(P_7^2) (X_{17}^2 \ \& \ \neg X_{19}^2) \Rightarrow \neg U_{11}^2;$$

$$(P_8^2) (X_{18}^2) \Rightarrow \neg U_{13}^2;$$

$$(P_1^1) (X_{11}^1 \ \& \ X_{15}^1 \ \& \ X_{15}^1) \Rightarrow \neg U_{11}^1;$$

$$(P_2^1) (X_{11}^1 \ \& \ X_{15}^1 \ \& \ \neg X_{16}^1) \Rightarrow U_{12}^1;$$

$$(P_3^1) (X_{13}^1 \ \& \ X_{17}^1) \Rightarrow \neg U_{12}^1;$$

$$(P_4^1) (X_{14}^1 \ \& \ X_{17}^1) \Rightarrow \neg U_{11}^1;$$

$$(P_5^1) (X_{14}^1 \ \& \ \neg X_{15}^1 \ \& \ X_{17}^1) \Rightarrow U_{11}^1.$$

Baxılan ÇİM-də mexatron qurğular bir-biri ilə ortaq işçi zonalarla qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyət göstərirlər (SR və NS emal mərkəzi ilə). Odur ki, produksiya sisteminin qlobal verilənlər bazaları haqqında tələb olunan situasiyaları identifikasiya etmək üçün quraşdırılan sensorların mövqelərinin seçilməsində və biliklər bazasının formalaşdırılmasında həmin situasiyalar nəzərə alınmalıdır.

Produksiya sistemləri ilə modelləşdirmənin əsas üstünlüyü onların strukturunun sadəliyi, istismarçı tərəfindən sadə şəkildə qavranılması, həm layihələndirmə mərhələsində, həm də işçi rejimlərdə təkmilləşdirilməsinin mümkün olmasıdır.

Əsas çatışmayan cəhəti kimi mürəkkəb strukturlu ÇİS-in produksiya modellərinin və alqoritmlərinin səhvlərinin tətbiq mərhələsində aşkarlanmasıdır ki, bu da həmin mərhələnin müddətinin artırılması ilə müşayiət olunur.

## ÇİM-in qlobal verilənlər bazası

Sensor siqnalları	Təyinatlar
1	2
$X_{11}^1$	QMM-in işçi zonasında detalın olması və QMM-in manipulyatoru ilkin vəziyyətdədir
$X_{12}^1$	QMM-in işçi zonasında detalın olması və QMM-in manipulyatoru son vəziyyətdədir
$X_{13}^1$	QMM-in manipulyatoru son vəziyyətdədir və işçi zonasında detal yoxdur
$X_{14}^1$	QMM-in manipulyatoru ilkin vəziyyətdədir və işçi zonasında detal yoxdur
$X_{15}^1$	Detal NS-in işçi zonasındadır
$X_{16}^1$	NS hərəkətdədir
$X_{17}^1$	NS hərəkətsizdir
$X_{11}^2$	SR-in qolu ilkin vəziyyətdədir, qolu geri çəkilib və tutqac açıq vəziyyətdədir
$X_{11}^2$	SR-in qolu ilkin vəziyyətdədir, qolu irəli çıxıb, tutqac açıq vəziyyətdədir
$X_{12}^2$	SR-in qolu ilkin vəziyyətdədir, qolu irəli çıxıb, tutqac açıq vəziyyətdədir
$X_{13}^2$	SR-in qolu ilkin vəziyyətdə irəlidədir, tutqac qoşulub
$X_{14}^2$	SR-in qolu ilkin vəziyyətdədir, geri çəkilib və tutqac qoşuludur.
$X_{15}^2$	SR-in qolu son vəziyyətdədir, geri çəkilib və tutqac qoşuludur.
$X_{16}^2$	SR-in qolu son vəziyyətdədir, irəli çıxıb, tutqac qoşulub.
$X_{17}^2$	SR-in qolu son vəziyyətdədir, irəli çıxıb, tutqac açıq vəziyyətdədir

1	2
$X_{18}^2$	SR-in qolu son vəziyyətdədir, geri çəkilib, tutqac açıq vəziyyətdədir
$X_{19}^2$	Emal mərkəzinin işçi zonasında detal yoxdur
$U_{11}^1$	NS-in qoşulması
$U_{12}^1$	QMM-in manipulyatorunun qoşulması
$U_{11}^2$	SR-in qolunun irəli qoşulması
$U_{12}^2$	SR-in tutqacının qoşulması
$U_{13}^2$	SR-in qolunun fırlanmasının qoşulması.

### 3.6. Çevik istehsal modulunun şəbəkə modelləri ilə modelləşdirilməsi

Son vaxtlar şəbəkə modelləri, xüsusən də Petri şəbəkələri, çoxsaylı paralel fəaliyyətli asinxron proseslərdən təşkil olunmuş texniki sistemlərin layihələndirilməsi mərhələsində səmərəli modelləşdirmə aparatları kimi geniş istifadə olunurlar [11].

Təcrübə göstərir ki, Petri şəbəkələri ÇİS-in modelləşdirilməsində və idarə olunmasında iki əsas formada istifadə olunur: bilavasitə ÇİS-in mexatron qurğularının qarşılıqlı əlaqədə, ümumi işçi zonalarında sinxronlaşdırılmış və koordinasiyalı fəaliyyətini təmin edən idarə alqoritm kimi; ÇİS-in və yaxud onun ayrı-ayrı modullarının sistemdən kənarında modellərinin Petri şəbəkəsi ilə modelləşdirilməsi və tədqiqində.

Petri şəbəkələri analiz olunan modelləşdirmə aparatları ilə müqayisədə daha universal modelləşdirmə aparatı hesab edilməklə aşağıdakı əsas üstünlüklərə malikdir:

- modelləşdirilən obyekt qrafiki üsullarla tədqiq etməyə imkan verir;
- çox da mürəkkəb olmayan struktura malik ÇİS-in birbaşa Petri şəbəkəsi ilə modelləşdirilməsi və idarə olunmasını həyata



keçirir;

-tədqiq olunan obyekt Petri şəbəkələri ilə modelləşdirilir və onun əsas xassələrinin analizi nəticəsində layihələndirilən obyektin yaradılmasının məqsəduyğunluğu qiymətləndirilir;

-Petri şəbəkələri müxtəlif təyinatlı texniki sistemləri sistemotexniki layihələndirmə mərhələsində kompyuter eksperimentləri ilə tədqiq etməyə imkan verir.

Modelləşdirmə aparatlarının analizini və tətbiqi təcrübələrini ümumiləşdirərək aşağıdakı əsas nəticələri göstərmək olar:

-Hər bir modelləşdirmə aparatı ayrı-ayrılıqda müəyyən üstünlüklərə və çatışmamazlıqlara malikdir və uyğun olaraq öz tətbiq obyektləri mövcuddur;

-Petri şəbəkələri universal modelləşdirmə aparatı olduğundan onun texniki sistemlərin, xüsusən də ÇİS-in modelləşdirilməsində və tədqiqində istifadəsi perspektiv istiqamət hesab olunur;

-ÇİM və mexatron qurğuların fəaliyyətinin sonlu avtomatlar, paralel fəaliyyətli asinxron proseslər, MLM-lə təsvirlərinin Petri şəbəkələrinə çevrilərək, ÇİS-in sistemotexniki layihələndirmə mərhələsində modelləşdirilməsi və tədqiqində əsas modelləşdirmə aparatı kimi Petri şəbəkəsindən istifadə edilməsi layihələndirmə mərhələlərinin avtomatlaşdırılmasına və səmərəliliyini yüksəltməyə imkan yaradar.

Bu halda aşağıdakı məsələlər həll olunmalıdır [12]:

-ÇİS-in sonlu avtomatlar, paralel fəaliyyətli asinxron proseslər, produksiya və digər MLM-lərlə təsvir olunan ilkin modellərinin Petri şəbəkəsinə çevrilməsi alqoritmlərinin işlənməsi;

-ÇİS-in Petri şəbəkəsi şəklinə generasiya olunmuş struktur modelinin, Petri şəbəkəsinin əsas xassələrini analiz etməklə kompyuter eksperimentləri ilə tədqiqi.

### 3.7. Çevik istehsal sistemlərinin idarəolunmasında və modellərinin tədqiqində Petri şəbəkələrinin tətbiqinin xüsusiyyətlərinin təyini

ÇİS-in Petri şəbəkələri ilə idarəolunmasını, modellərinin tədqiqini şərh etmək üçün onun əsas xarakteristikalarının təyinatlarına baxaq [13].

Formal olaraq Petri şəbəkəsi  $N=(P, T, \dot{I}, O, M_0)$  şəklində təyin olunur. Burada,  $P=\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ ,  $n>0$  – boş olmayan şərtlər çoxluğu;  $T=\{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ ,  $m>0$  – boş olmayan keçidlər çoxluğu (şərtlər və keçidlər çoxluqları bir-biri ilə kəsişmirlər,  $P \cap T = \emptyset$ );  $\dot{I}: P \times T \rightarrow \{0, 1, \dots\}$ ,  $O: T \times P \rightarrow \{0, 1, \dots\}$ -uyğun olaraq giriş və çıxış insident funksiyaları,  $M_0: P \rightarrow \{0, 1, \dots\}$  – ilkin markerləşmə.

Petri şəbəkəsi qrafiki olaraq istiqamətləndirilmiş qraf şəklində təsvir olunur: dairəciklərlə şərtlər ( $P_i \in P$ ), kəsiklərlə (qövslər) isə keçidlər ( $t_j \in T$ ) göstərilir.

Petri şəbəkəsinin vəziyyəti onun mövqelərindəki markerlərin olub-olmaması ilə təyin olunur. Şəbəkənin vəziyyətinin dəyişməsi həyəcanlanmış keçidlərin aktivləşməsi nəticəsində markerləşmənin ardıcıl dəyişməsi ilə aşağıdakı qayda ilə yerinə yetirilir:

$$M'(P_i) = M(P_i) - \dot{I}(P_i, t_j) + O(t_j, P_i), \quad \forall p \in P, \quad (3.4)$$

burada  $M'(P_i)$  – cari markerləşmə;  $M(P_i)$  - əvvəlki markerləşmə;  $\dot{I}(P_i, t_j)$  –  $t_j$  keçidinin bütün giriş mövqelərindən ( $p_i$ ) olan markerlərin miqdarı;  $O(t_j, P_i)$  –  $t_j$  keçidinin bütün çıxış mövqələrinə ( $p_i$ ) əlavə olunan markerlərin miqdarı.

**$M_0$  başlanğıc markerləşmədən alınan  $R(N)$  bütün markerləşmələr çoxluğu Petri şəbəkəsinin mümkün olan markerləşmələri çoxluğu adlanır.**

Petri şəbəkələrinin aşağıdakı modelləri daha geniş istifadə olunur: markerlənmiş qraf; avtonom şəbəkə; azad seçimli şəbəkə və ilkin vəziyyətinə dönmə qabiliyyətli şəbəkə.

Petri şəbəkəsinin analizi onun əsas xassələrinin tədqiqi ilə həyata keçirilir: məhdudluq (sistemin ayrı-ayrılıqda vəziyyətlərinin

sonlu olması); təhlükəsizlik (vəziyyətlərin sayı vahiddən çox deyil); mümkünlülük (Petri şəbəkəsini  $M_0$  vəziyyətindən  $M'$  vəziyyətinə gətirən keçidlər ardıcılığı mövcuddur); yaşamaq qabiliyyəti (şəbəkənin fəaliyyəti prosesində çıxılmaz vəziyyətlərin olmaması, yəni sistemin başlanğıc vəziyyətdən mümkün olan istənilən digər vəziyyətə keçmək imkanı); saxlanıqlıq (əlavə resursların yaranması və ləğv olunmasının mümkünsüzlüyü).

Göstərilən əsas xassələri analiz edərək modelləşdirilən sistemin fəaliyyətinin dürüstlüyü qiymətləndirilir.

Petri şəbəkələrinin xassələrinin analizi üçün iki əsas metod geniş istifadə olunur: mümkünlülük ağacının qurulması və şəbəkənin təsvirinin matris yanaşma metodları.

Mümkünlülük ağacının qurulması yanaşması sistemin mümkün olan vəziyyətlər çoxluğunun qurulması və analizi əsasında Petri şəbəkəsinin əsas xassələrinin yaranmasına əsaslanır. Böyük həcmli vəziyyətlər çoxluğunda bu üsulun istifadəsi çətinləşir və istənilən nəticəni vermir. Eyni zamanda bu üsul Petri şəbəkəsinin bütün xassələrini analiz etməyə imkan vermir.

İkinci yanaşma daha perspektiv istiqamət hesab edilir. Belə ki, şəbəkənin martis təsviri metodu xətti tənliklər sisteminin və bərabərsizliklərin (invariantların axtarışı metodları) həllinə əsaslanaraq şəbəkənin əsas xassələrini analiz etmək üçün praktiki alqoritmlərin yaradılmasına imkan yaradır. Bu yanaşma eyni zamanda həm sadə, həm də mürəkkəb (rənglənmiş, predikat, zaman, stoxastik və s.) Petri şəbəkələrinin ümumi və xüsusişdirilmiş xassələrinin analizini həyata keçirir.

Birinci fəsildə diskret xarakterli istehsal sistemlərinin analitik modelləşdirmə ilə tədqiqi üsullarının müqayisəli analizini ümumiləşdirərək aşağıdakıları göstərmək olar [14]:

- mürəkkəb struktura malik olmayan ÇİS-in Petri şəbəkələri ilə modelləşdirilməsi və tədqiqi, eyni zamanda idarə olunması, digər modelləşdirmə aparatları ilə müqayisədə daha səmərəli yanaşma vasitəsi hesab olunur və təcrübədə geniş tətbiq olunur;

- Petri şəbəkələri universal modelləşdirmə aləti olmaqla onlar

vasitəsi ilə modelləşdirilən obyektlərin, sistemlərin hər hansı bir kateqoriyaya aid olmasına (fiziki, kimyəvi, iqtisadi, istehsal, biznes və s.) məhdudiyət qoyulmur. Belə ki, istənilən xarakterli obyekt Petri şəbəkəsinin elementləri ilə modelləşdirilir və sistemdən kənarında – layihələndirmə mərhələsində, onun əsas xassələrinin analizi nəticəsində tədqiq olunaraq məqsədəuyğunluğu qiymətləndirir;

- modelləşdirilən obyektlərin xarakterindən və təyinatından asılı olaraq ənənvi Petri şəbəkələri təkmilləşdirilərək inkişaf etmiş, yeni modifikasiyaları hesabına zənginləşmişdir. Hal-hazırda Petri şəbəkələrinin müxtəlif modifikasiyaları – zaman, rəngli, cəbri, stoxastik, qeyri-səlis və s., elm və texnikanın müxtəlif sahələrində müasir modelləşdirmə və tədqiqat aparatı kimi geniş tətbiq olunur;

- Petri şəbəkələri ilə modelləşdirilən sistemlərin müvəffəqiyyətli tədqiqinin son nəticəsi kimi avtomatlaşdırılmış şəkildə idarə alqoritmlərinin formalaşdırılmasının həyata keçirilməsidir. Qeyd edək ki, Petri şəbəkələri layihələndirmə mərhələsində olduğu kimi, artıq tətbiq olunmuş sistemlərin modellərinin və idarə alqoritmlərinin tədqiqi və təkmilləşdirilməsini qiymətləndirmək üçün də istifadə oluna bilər;

- ÇİS-lər mürəkkəb struktura malik olmaqla, çoxsaylı dinamik mexatron qurğularının toplusundan təşkil olunur ki, onların da kompleks şəkildə tədqiqi müəyyən çətinliklərlə müşayiət olunur. Ona görə də ÇİS-in müəyyən imkanlara malik hər hansı bir məntiqi başa çatmış funksiyanı yerinə yetirən alt sistemlərə bölünərək tədqiq olunması səmərəli hesab olunur. Bu halda ÇİS-in alt sistemlərinin nisbətən sadə modelləşdirmə aparatları ilə modelləşdirilməsi, Petri şəbəkələrinə çevrilərək tədqiqi və qiymətləndirilməsi perspektiv istiqamət hesab olunur;

- hal-hazırda Petri şəbəkələrindən və onların modifikasiyalarından istifadə etməklə çoxlu sayda avtomatlaşdırılmış modelləşdirmə alətləri işlənmişdir. Odur ki, 5-ci bənddə adı çəkilən alt sistemlərin modelləşdirmə aparatlarından istifadə etməklə ÇİS-ləri Petri şəbəkələri ilə tədqiq etmək olar. Bundan ötrü alt sistemlərin modellərini Petri şəbəkəsinə çevirmə alqoritmlərinin işlənməsi

həyata keçirilməlidir.

Göründüyü kimi, ÇİS-in analitik modelləşdirmə üsulları ilə tədqiqində əsas məsələ onların hər hansı bir məntiqi başa çatmış funksiyanı yerinə yetirən alt sistemlər – ÇİM-lərə bölmək və hər bir ÇİM-in mürəkkəblik dərəcəsiindən asılı olaraq sadə modelləşdirmə aparatları ilə modelləşdirilərək Petri şəbəkələrinin əsas xassələrini analiz nəticəsində tədqiqini həyata keçirmək lazımdır. Bu məsələnin həlli yolunda bir yanaşmanı nəzərdən keçirək.

### **3.8. Çevik istehsal sisteminin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturası**

Məlum olduğu kimi ÇİS çoxlu sayda mexatron qurğuları – sənaye və intellektual robotlar, xüsusi təyinatlı manipulyator və nəqliyyat vasitələrindən, emal qurğularından, dəzgahlardan və s. toplusundan ibarət olmaqla real vaxt rejimində fəaliyyət göstərən çoxfunksiyalı, tələb olunduqda qısa vaxt intervalında avtomatik və ya avtomatlaşdırılmış rejimdə müxtəlif növ məhsulların istehsalına sazlanan və fəaliyyəti ənənəvi riyazi üsullarla çətin formalizə olunan sistemlər qrupuna daxildir. ÇİS-in hər bir elementinə müxtəlif işçi zonalarında qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyət göstərən mini mexatron dinamik sistem kimi baxmaq olar. Beləliklə, həmin mini mexatron dinamik sistemlərin sinxronlaşdırılmış və koordinasiya olunan fəaliyyəti istehsal prosesinin məqsədyönlü yerinə yetirilməsini, tələb olunan vaxt intervalında məhsul istehsalını təmin edir.

ÇİS-in avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsi təcrübəsi göstərir ki, klassik layihələndirmənin bütün mərhələləri (texniki tapşırıq, eskiz, texniki və işçi layihələndirmə, təcrübə nümunəsinin hazırlanması və sınağı, istismar) nəzərə alınmaqla dörd qrup mütəxəssislər tərəfindən həyata keçirilməlidir: bilik mühəndisi (baş layihə edən), konstruktor, texnoloq, sınaqçı.

Göründüyü kimi, mütəxəssislər qrupunun hər biri ÇİS-in layihələndirilməsində müəyyən təyinatlı layihə proseduralarını həyata keçirirlər. Təbiidir ki, ÇİS-in avtomatlaşdırılmış

layihələndirilməsi prosesində də həmin layihə proseduralarının ayrı-ayrılıqda avtomatlaşdırılması və son nəticədə ÇİS-in ALS-in yaradılmasına xidmət edəcəkdir.

ÇİS-in avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin (ALA) arxitekturası şəkil 3.3.-də verilmişdir.

ÇİS-in ALA-nın arxitekturasından görüldüyü kimi onun layihələndirilməsi üçün tələb olunan biliklər və onların idarə olunması üç əsas səviyyədə təsvir olunurlar: tədqiqat obyektı, riyazi və proqram səviyyəsindəki biliklər bazası.

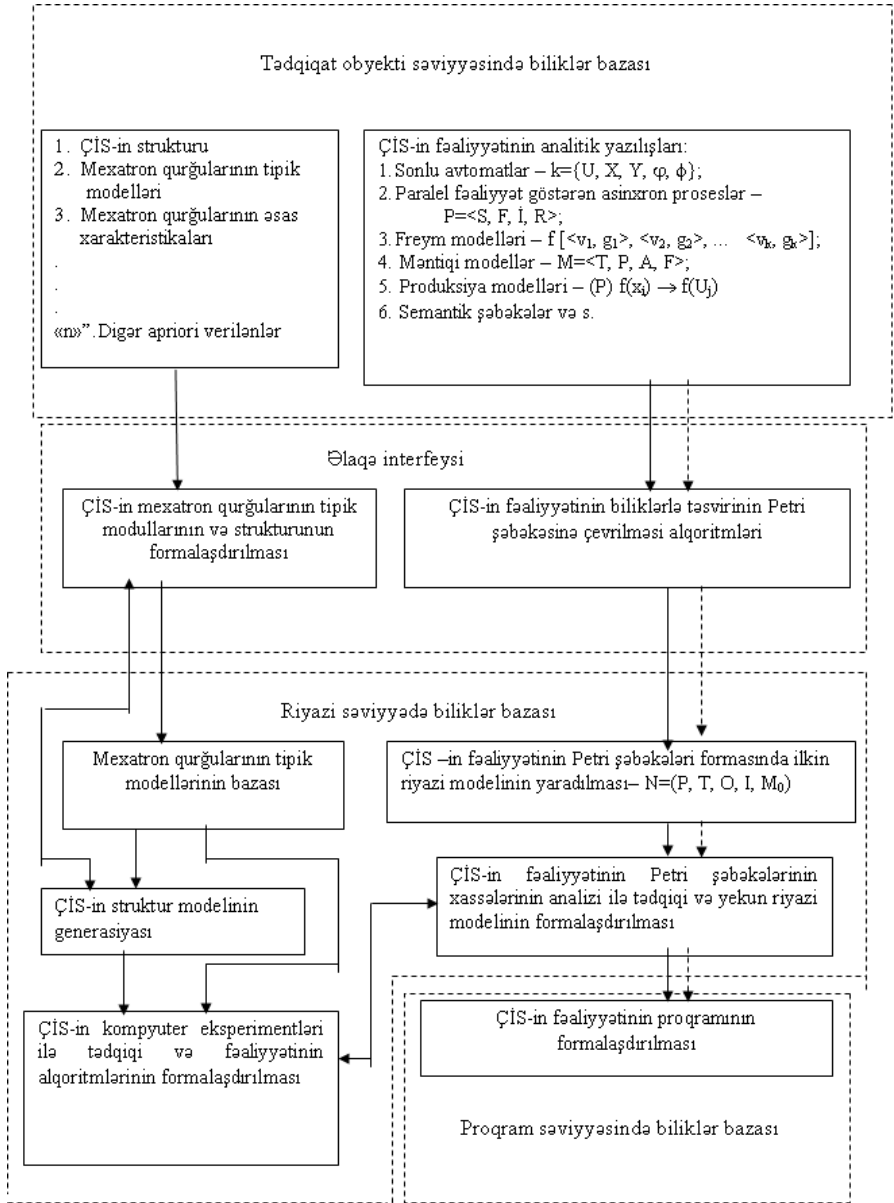
Formal olaraq və şərhli asanlaşdırmaq məqsədi ilə hər bir səviyyədə biliklər struktur tələbatlarına uyğun olaraq ayrılıqda göstərilmişdir.

Tədqiqat obyektı səviyyəsində biliklər bazalarının yaradılması ÇİS-in baş layihə edən mütəxəssisləri və bilik mühəndisləri tərəfindən yerinə yetirilir, mövcud və yeni yaradılan struktur modellərdən təşkil olunur: ÇİS, ÇİM-in tipik modelləri; mexatron qurğuların tipik modelləri və s. Bu səviyyədə ÇİS-in elementlərinin müxtəlif xarakteristikaları və onlara xas olan məlum biliklər də öz əksini tapır.

ÇİS-in idarə olunmasına aid biliklər və verilənlər də həmin səviyyədə öz əksini tapır: ÇİS-in fəaliyyətlərinin sonlu avtomatlar, paralel fəaliyyətli asinxron proseslər, freym, məntiqi və produksiya modelləri və semantik şəbəkələr şəklində analitik yazılışları və s.

Riyazi səviyyədəki biliklər bazasında ÇİS-in elementlərinin riyazi modelləri təsvir olunur, ÇİM-in və ÇİS-in struktur modelləri generasiya olunaraq kompyuter eksperimentləri ilə ÇİS-in ÇİM-lər və kompleks şəklində tədqiqi həyata keçirilir. Bu səviyyədə ÇİS-in fəaliyyəti Petri şəbəkəsi şəklində generasiya olunur və onun əsas xassələrini analiz etməklə layihələndirilməsinin məqsədəuyğunluğu qiymətləndirilir. Eksperimentlərin nəticələri müsbət olan təqdirdə ÇİS-in fəaliyyətinin idarə alqoritminin variantları formalaşdırılır.

Proqram səviyyəsində müvəffəqiyyətli ekserimentlər qurtarıqdan sonra idarə alqoritmlərinin variantlarına uyğun ÇİS-in fəaliyyətini təmin edən proqram tərtib olunur.



Şəkil 3.3. ÇİS-in ALA-ın arxitekturası

ÇİS-in ALA-ın arxitekturasında əlaqə interfeysinin xüsusi rolu vardır. Belə ki, əlaqə interfeysinin əsas vəzifəsi tədqiqat obyektı səviyyəsində yaradılmış biliklər bazasını riyazi səviyyədə biliklər bazasına çevirməkdir. Bu nöqteyi-nəzərdən əlaqə interfeysi aşağıdakı əsas funksiyaları yerinə yetirməlidir [29]: ÇİS-in tipik modellərinin və onlara xas olan bütün verilənlərin və biliklərin riyazi biliklər bazasında təsviri; tədqiqat obyektı səviyyəsində ÇİS-in fəaliyyətini təsvir edən ilkin informasiyaların qavranılması və Petri şəbəkələri riyazi modelinə çevrilməsinin yerinə yetirilməsi.

ÇİS-in ALA-sı iki əsas rejimdə işləyir: ÇİS-in fəaliyyətinin idarə alqoritmlərinin tədqiqi və məqsədəuyğunluğunun qiymətləndirilməsi; sistemotexniki layihələndirmə mərhələsində ÇİS-in bütün fəaliyyətinin kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi və idarə alqoritmlərinin variantlarının yoxlanılması.

ALA-ın 1-ci rejimdə istifadəsi (arxitekturada qırıq xətlərlə göstərilmişdir) zamanı tədqiqat obyektı səviyyəsində ÇİS-in hər hansı modelləşdirmə aparatı ilə təsvir olunmuş modeli əlaqə interfeysi vasitəsi ilə Petri şəbəkəsi modelinə çevrilir və axırıncının əsas xassələrinin analizi nəticəsində kompüter eksperimentləri ilə idarə alqoritminin düzgünlüyü və məqsədəuyğunluğu qiymətləndirilir.

ALA-ın 2-ci rejimi sistemotexniki layihələndirmə mərhələsində ÇİS-in kompleks şəkildə bütün fəaliyyətinin kompüter eksperimentləri ilə tədqiqini nəzərdə tutur. Qeyd edək ki, ÇİS-in ALA-sı istismar olunan ÇİS-in ayrı-ayrı xarakteristikalarının yüksəldilməsi və idarə alqoritmlərinin təkmilləşdirilməsində də müvəffəqiyyətlə istifadə oluna bilər.

Dərs vəsaitində ÇİS-in alt sistemləri olan çevik istehsal modullarının (ÇİM) ALA-ın birinci rejimdə avtomatlaşdırılmış modelləşdirilməsi ilə tədqiqi məsələlərinə baxılır.



### 3.9. Müxtəlif təyinatlı modelləşdirmə aparatları ilə modelləşdirilən çevik istehsal modulunun təsvirinin Petri şəbəkəsinə çevrilməsi alqoritmləri

#### 3.9.1. Çevik istehsal modulunun fəaliyyətinin sonlu avtomatlarla təsvirinin Petri şəbəkəsi modelinə çevrilməsi alqoritm

ÇİS-in ALA-sının arxitekturasından görüldüyü kimi, müxtəlif təyinatlı modelləşdirmə aparatları ilə modelləşdirilən ÇİM-in analitik yazılışlarını Petri şəbəkəsi modelinə çevrilməsi tələb olunur. Bu funksiyanı əlaqə interfeysi yerinə yetirir. Dərs vəsaitində nümunə kimi sonlu avtomatlardan, paralel fəaliyyətli asinxron proseslərdən və produksiya modellərindən Petri şəbəkəsinə çevrilmə alqoritmlərinə baxılmışdır.

Fəaliyyətləri sonlu avtomatlarla təsvir olunan ÇİM-in struktur sxemini şəkil 3.4.-dəki kimi göstərmək olar.

Göründüyü kimi, ÇİM “n” sayda sonlu avtomatlarla təsvir olunmuş mexatron qurğular toplusundan və onların sinxronlaşdırılmış, koordinasiyalı fəaliyyətini təmin edən, eyni zamanda özü də sonlu avtomat şəklində təsvir olunan idarə sistemindən təşkil olunmuşdur [16].

Strukturda sonlu avtomatlar çoxluğu  $K_R = \{U_R, X_R, Y_R, \varphi_R, \psi_R\}$  şəklində verilmişdir və onun  $U_R$  – giriş vəziyyətlər və  $X_R$  – daxili vəziyyətlər çoxluqlarının, uyğun olaraq Petri şəbəkəsinin  $P$  – sonlu şərtlər və boş olmayan sonlu  $T$  - keçidlər çoxluqlarına çevirən çevrilmə funksiyalarını təyin etmək lazımdır.

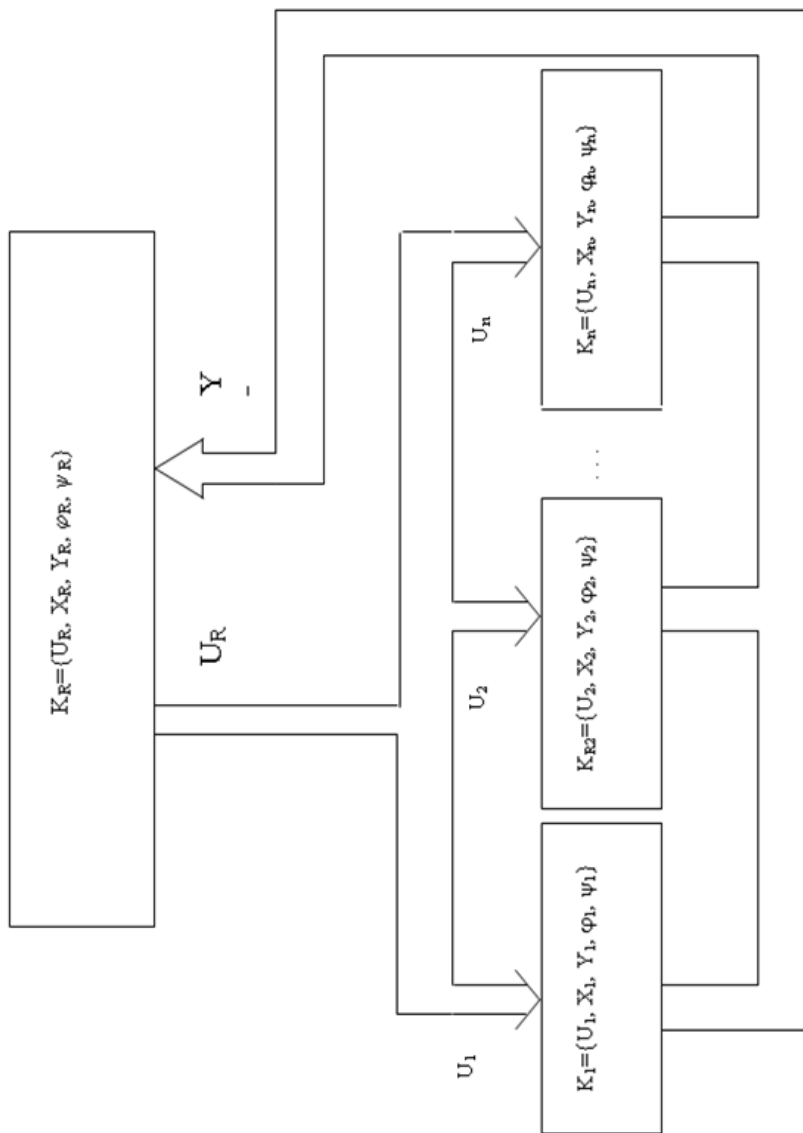
Bu məqsədlə təklif olunan alqoritm aşağıdakı kimidir[17]:

#### **Alqoritm.**

##### 1. ÇİM-in sonlu avtomatlarla təsviri

$$K_R = \{U_R, X_R, Y_R, \varphi_R, \psi_R\} ; R = \overline{1, n} ,$$

burada  $U_R$  – sonlu avtomatın giriş vəziyyətlər çoxluğu;  $X_R$  - sonlu avtomatın daxili vəziyyətlər çoxluğu;  $Y_R$  -sonlu avtomatın çıxış



Şəkil 3. 4. Fəaliyyətləri sonlu avtomatlarla təsvir olunmuş ÇİM-in struktur sxemi

vəziyyətlər çoxluğu;  $Y_R: X_R \times U_R \Rightarrow X_R$  və  $\psi_R: X_R \times U_R \Rightarrow Y_R$  - uyğun olaraq sonlu avtomatın keçid və çıxış funksiyaları çoxluqları.

1. Petri şəbəkəsinin boş olmayan sonlu şərtlər çoxluğuna çevrilmə funksiyasının hesablanması:

$$F(p) = \begin{bmatrix} f_{11}^p & f_{12}^p & \dots & f_{1n}^p \\ f_{21}^p & f_{22}^p & \dots & f_{2n}^p \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{m1}^p & f_{m2}^p & \dots & f_{mn}^p \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{əgər} \\ \text{əgər} \\ \dots \\ \end{matrix},$$

$$f_{ij}^p = \begin{cases} 1 & \psi(p) = Y_{ij}^p, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n} \\ 0 & \psi(p) \neq Y_{ij}^p. \end{cases}$$

Petri şəbəkəsinin sonlu şərtlər çoxluğunun təyini:

$$\varphi: X_R \times U_R \rightarrow U_R \xRightarrow{F(p)} \bigcup_{R=1}^n X_R : P$$

2. Petri şəbəkəsinin boş olmayan sonlu şərtlər çoxluğuna çevrilmə funksiyasının hesablanması:

$$F(t) = \begin{bmatrix} f_{11}^t & f_{12}^t & \dots & f_{1n}^t \\ f_{21}^t & f_{22}^t & \dots & f_{2n}^t \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{m1}^t & f_{m2}^t & \dots & f_{mn}^t \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{əgər} \\ \text{əgər} \\ \dots \\ \end{matrix}$$

$$f_{ij}^t = \begin{cases} 1 & \varphi(p) = X_{ij}^t, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n} \\ 0 & \varphi(p) \neq X_{ij}^t. \end{cases}$$

3. Petri şəbəkəsinin boş olmayan sonlu keçidlər çoxluğunun təyini:

$$\psi: X_R \times U_R \rightarrow Y_R \xRightarrow{F(t)} \bigcup_{R=1}^n U_R : T$$

4. Petri şəbəkəsinin təyin olunmuş P və T çoxluqlarına əsasən giriş və çıxış insident funksiyalarının və başlanğıc

markerləşmənin təyini:

$I : P \times T = \{0, 1, \dots\}$  ;  $O : T \times P = \{0, 1, \dots\}$  ;  $M_0 : P \rightarrow \{0, 1, \dots\}$ .

5. ÇİM-in Petri şəbəkəsi ilə təsviri:  $N = \{P, T, I, O, M_0\}$ .

6. Son.

Çevik istehsal modulunun fəaliyyətinin sonlu avtomatlarla təsvirinin Petri şəbəkəsi modelinə çevrilməsinin ümumiləşdirilmiş realizə alqoritmi şəkil 3.5-də göstərilmişdir.

### 3.9.2. Çevik istehsal modulunun paralel fəaliyyətli asinxron proseslərlə təsvirinin Petri şəbəkəsi modelinə çevrilməsi alqoritmi

Bu funksiyanı yerinə yetirən alqoritm aşağıdakı kimi təklif olunur [15].

#### Alqoritm

1. ÇİM-in paralel fəaliyyətli asinxron proseslərlə təsvirinin boş olmayan sonlu vəziyyətlər çoxluğunun təyini:

$$S_i^a = \left\{ \bigwedge_{j \in N_i} P_j^a \rightarrow 1 \right\}, a = \overline{1, n}; i = \overline{1, m},$$

Burada  $a$  – ÇİM-in mexatron qurğularının nömrəsi;  $i$  – mexatron qurğularının vəziyyətlərinin nömrəsi;  $j$  – predikatların nömrəsi;  $N_i$  –  $i$  vəziyyətinə uyğun predikatlar çoxluğu.

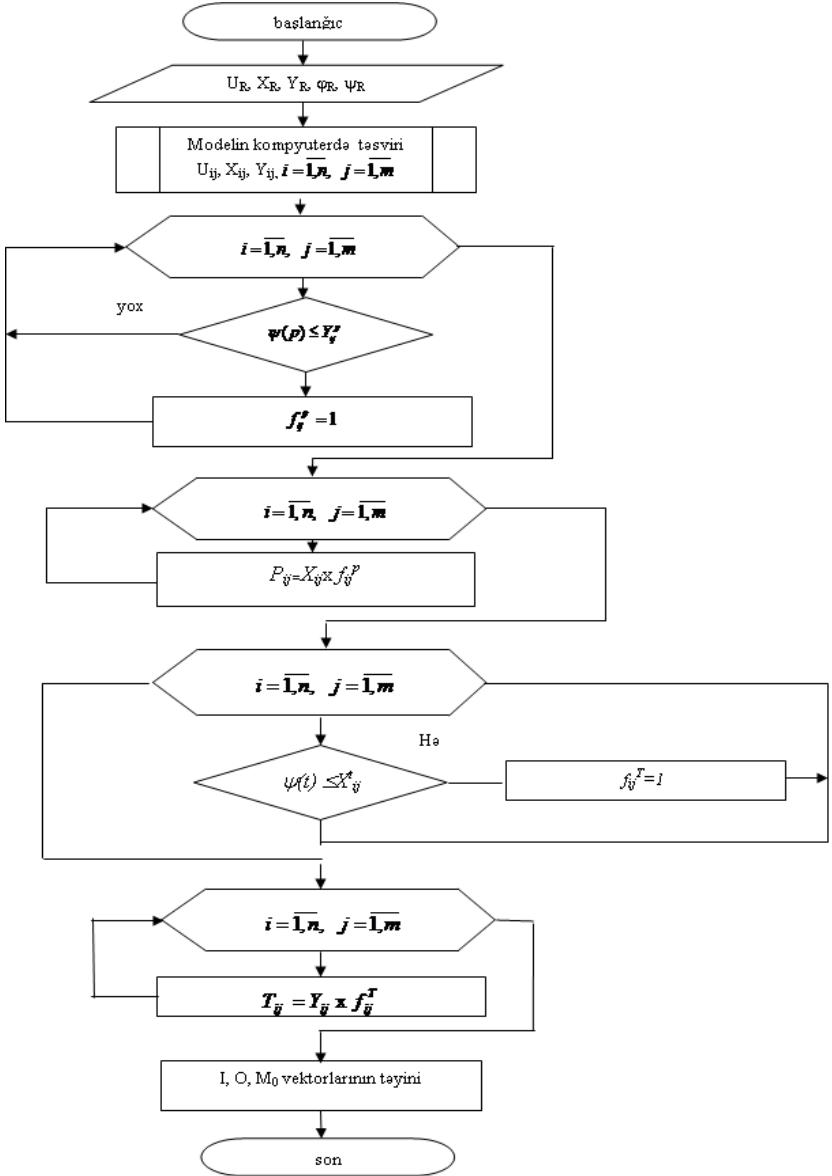
2. ÇİM-in mexatron qurğularının situasiyalarının birbaşa izlənməsini təmin edən münasibətlər çoxluğunun təyini:

$$F_i^a = \left\{ (P_j^a \xrightarrow{t_i^a} P_{j_1}^a) \right\}, j \in M_g; j_1 \in M_c,$$

burada  $M_g, M_c$  – uyğun olaraq ÇİM-in mexatron qurğularının giriş və çıxış münasibətlərini təyin edən predikatların nömrələri çoxluğu.

3. ÇİM-in mexatron qurğularını aktivləşdirən inisiatorlar çoxluğunun təyini:

$$I^a = \left\{ S_g^a \right\}, g \in M_g.$$



Şəkil 3.5. Sonlu avtomatdan Petri şəbəkəsi modelinə çevirmə prosesi

4. ÇİM-in mexatron qurğularının rezultantlar çoxluğunun təyini:

$$R^a = \{S_r^a\}, \quad r \in M_c.$$

ümumiləşdirilmiş alqoritminin blok-sxemi

5. Petri şəbəkəsinin boş olmayan sonlu keçidlər çoxluğunun hesablanması:

$$T = \{F_i^a \times E_{ji}^T\}, \quad E_{ji}^T = \begin{cases} 1 & R^a = 1, \quad \text{əgər} \\ 0 & \text{əks halda} \end{cases}$$

6. Petri şəbəkəsinin I – giriş insident, 0 – çıxış insident və  $M_0$  – başlanğıc markerləşməsinin təyini:

$$I = P \times T = \{0, 1, \dots\}; O = T \times P = \{0, 1, \dots\}; M_0 = P \rightarrow \{0, 1, \dots\}.$$

7. ÇİM-in Petri şəbəkəsi ilə təsviri:  $N = \{P, T, I, O, M_0\}$ .

8. Son.

Çevik istehsal modulunun fəaliyyətinin paralel fəaliyyətli asinxron proseslərlə təsvirinin Petri şəbəkəsi modelinə çevrilməsinin ümumiləşdirilmiş realizə alqoritmi şəkil 3.6-da göstərilmişdir.

### 3.9.3. Çevik istehsal modulunun fəaliyyətinin produksiya modelinin Petri şəbəkəsi modelinə çevrilməsi alqoritmi

Həmin funksiyarı yerinə yetirən alqoritm aşağıdakı kimi təklif olunur [18].

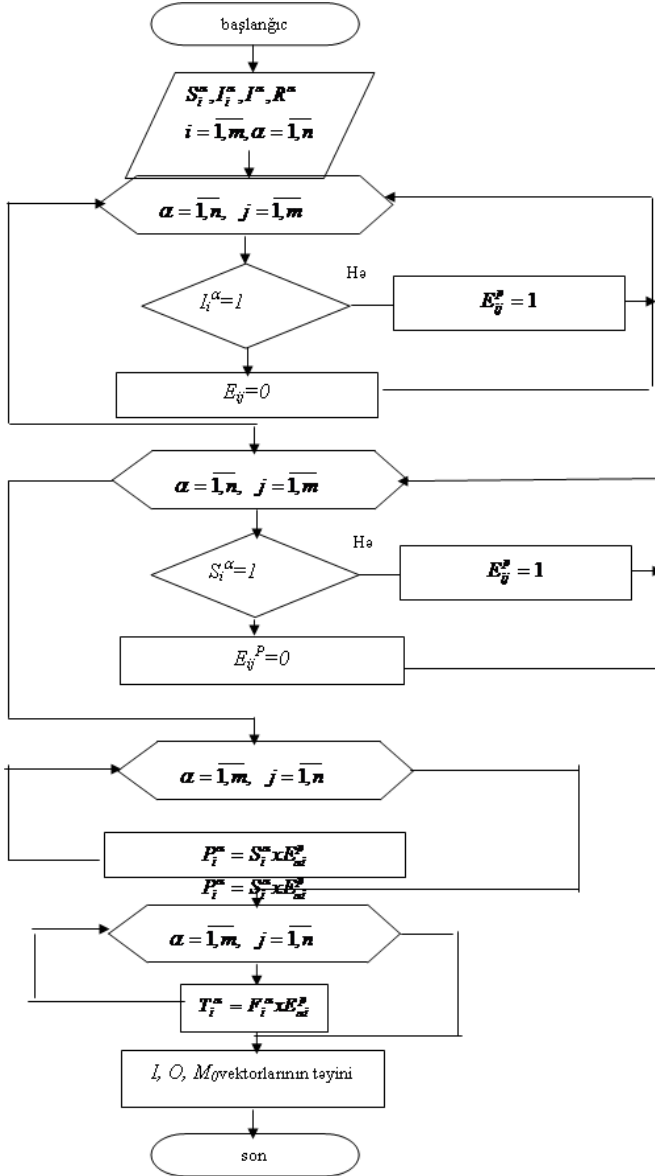
#### Alqoritm

1. ÇİM-in produksiya qaydaları modelinin formaləşdirilməsi:

$$M_{ij} : \bigwedge_{\substack{j \in N \\ l \in N}} X_{qe} \rightarrow Y_{ij}, \quad i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m_1},$$

burada  $N = \{1, 2, \dots, n\}$ ;  $K = \{1, 2, \dots, k\}$ ;  $n$  – ÇİM-in mexatron qurğularının sayı;  $m$  - mexatron qurğularının müxtəlif mövqələrində quraşdırılmış sensorların sayı;  $m_1$  – ÇİM-in fəaliyyətini təmin edən produksiya qaydalarının maksimum sayı.

2. ÇİM-in  $M_{ij}$  produksiya qaydaları modellərinə (mexatron



Şəkil 3.6. ÇİM-in paralel fəaliyyətli asinxron proseslərlə təsvirindən Petri şəbəkəsinə çevrilmə prosesinin ümumiləşdirilmiş alqoritmi

qurğularına əsasən) uyğun  $E_{ij}$  keçid matrisinin formalaşdırılması:

3.

$$E_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{əgər ÇİM-in mexatron qurğusu aktivdirsə,} \\ 0 & \text{əgər ÇİM-in mexatron qurğusu aktiv} \end{cases}$$

burada  $i = \overline{1, n}$ ;  $j = \overline{1, k}$ .

4. Petri şəbəkəsinin boş olmayan sonlu şərtlər çoxluğunun təyini:

$$P_{ij} = M_{ij} \times E_{ij}, \quad P = \{P_{ij}\}_{i=\overline{1, n}, j=\overline{1, k}}$$

5. Petri şəbəkəsinin boş olmayan sonlu keçidlər çoxluğunun təyini:

$$T_{ij} = Y_{ij}; \quad T = \{T_{ij}\}_{i=\overline{1, n}, j=\overline{1, m}}$$

4. Petri şəbəkəsinin şərtlər və keçidlər çoxluqlarının giriş və çıxış insident funksiyalarının, eyni zamanda başlanğıc markirovkanın təyini:

$$I = P \times T = \{0, 1, \dots\}; O = T \times P = \{0, 1, \dots\}; M_0 = P \rightarrow \{0, 1, \dots\}.$$

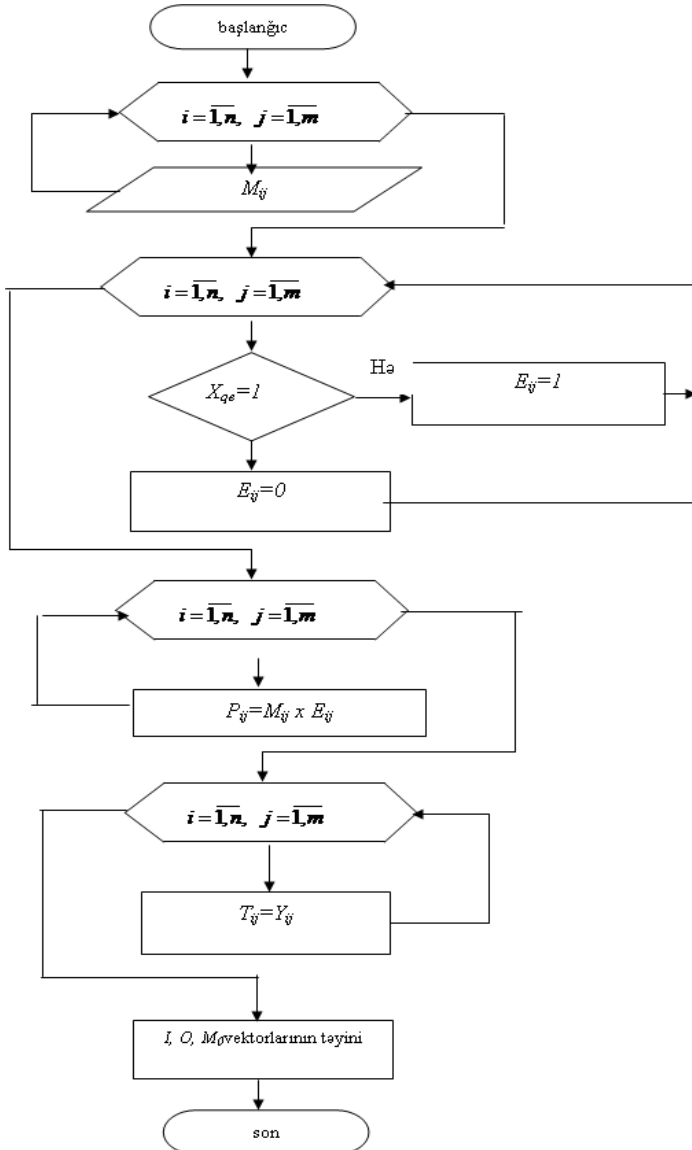
7. ÇİM-in produksiya qaydaları ilə təsvir olunmuş fəaliyyət modelinin Petri şəbəkəsi ilə təsviri:

$$N = \{P, T, I, O, M_0\}.$$

8. Son.

ÇİM-in fəaliyyətinin produksiya modelinin Petri şəbəkəsi modelinə çevrilməsinin ümumiləşdirilmiş realizə alqoritmi şəkil 3.7.-də göstərilmişdir.





Şəkil 3.7. ÇİM-in produksiya qaydaları ilə təsvirindən Petri şəbəkəsinə çevrilmə prosesinin ümumiləşdirilmiş alqoritminin blok-sxemi.

### 3.10. Çevik istehsal modulunun fəaliyyət alqoritminin Petri şəbəkəsi ilə tədqiqi mərhələləri

ÇİS-in idarə olunmasında və modellərinin tədqiqində Petri şəbəkələrinin xüsusiyyətlərinin təyininə 3.7 yarım fəslində baxılmışdır. Göstərilmişdir ki, Petri şəbəkəsinin əsas xassələrinin analizi üçün daha səmərəli metodlar kimi nailolma ağacının qurulması və şəbəkənin matris təsviri yanaşma metodları geniş istifadə olunur. Eyni zamanda qeyd olunmuşdur ki, müəyyən üstünlüklərə görə bu metodlardan da ikincisi, yəni matris təsviri yanaşma metodu daha perspektivli hesab olunur. Odur ki, matris təsviri yanaşma metodunun istifadə mərhələlərinə baxaq [11].

Petri şəbəkəsinin matris təsvirinin yanaşma metodunda şəbəkənin giriş və çıxış funksiyaları iki -  $D^-$  və  $D^+$  matrisləri ilə təyin olunur. Bu halda matrislər uyğun olaraq hər bir keçidi  $m$ -sayda elementdən ibarət olan sətir və hər bir mövqeyə  $n$  sayda elementdən ibarət olan sütun olmaqla qurulur.

$$D^-[j, i] = \#(P_i, \dot{I}(t_j)); \quad D^+[j, i] = \#(P_i, 0(t_j)).$$

Göründüyü kimi, Petri şəbəkəsini onun standart formasına ekvivalent şəkildə təsvir etmək olar:  $N=(P, T, D^-, D^+, M_0)$ . Bu halda Petri şəbəkəsinin strukturu vektorlar və matrislər toplusu ilə təyin olunur. Giriş  $D^-$  və çıxış  $D^+$  matrislərinin elementləri uyğun olaraq aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$d_{ij}^- = \begin{cases} 1, & \text{yəgər } P_i \in I(t_j); \\ 0 & \text{yöks halda;} \end{cases}$$
$$d_{ij}^+ = \begin{cases} 1, & \text{yəgər } P_i \in 0(t_j); \\ 0 & \text{yöks halda.} \end{cases}$$

Tutaq ki,  $l(j)$   $j$ -komponentindən başqa bütün elementləri sıfırdan ibarət hər hansı  $(m \times 1)$ -ölçülü vektorudur və  $t_j$  keçidi həmin vektorla təyin olunur. Əgər  $t_i$  keçidinin  $M_0$  başlanğıc markerləşməsində yerinə yetirilməsinə icazə verilərsə, onda  $M_0 \geq l(j) \cdot D$  şərti ödənilməlidir. Bu halda 3.7 yarım fəslindəki (3.4)

yazılışından istifadə etməklə  $t_j$  keçidinin  $M_0$  markerləşməsində yerinə yetirilməsini aşağıdakı kimi təyin etmək olar:

$$\delta(M_0, t_j) = M_0 - I(j) \cdot D^- + I(j) \cdot D^+ = M_0 + I(j) \cdot D, \quad (3.5)$$

burada  $D = D^+ - D^-$  -  $(n \times m)$ -ölçülü matrisi Petri şəbəkəsinin insidentlik matrisidir və elementləri aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$d_{ij} = \begin{cases} 1, & \forall \delta P_i \in D^+; \\ -1, & \forall \delta P_i \in D^-; \\ 0, & \text{yks halda.} \end{cases} \quad (3.6)$$

$\sigma = (t_{j_1}, t_{j_2}, \dots, t_{j_k})$  - keçidlərin icra olunma ardıcılıqlarını (3.5)-də nəzərə almaqla Petri şəbəkəsinin vəziyyətlər tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\delta(M_0, \sigma) = \delta(M_0, t_{j_1}, t_{j_2}, t_{j_3}, \dots, t_{j_k}) = M_0 + [I(j_{j_1}) + I(j_{j_2}) + I(j_{j_3}) + \dots + I(j_{j_k})] \cdot D = M_0 + f(\sigma) \cdot D, \quad (3.7)$$

burada  $f(\sigma) = I(j_{j_1}) + I(j_{j_2}) + I(j_{j_3}) + \dots + I(j_{j_k})$   $\sigma$  keçidlər ardıcılığının icra olunma vektorudur.

Matris yanaşma ilə təsvir olunan Petri şəbəkəsi verilmiş markerləşmədə o zaman saxlanıqlı hesab olunur ki, alınmış sıfırdan fərqli çəki vektoru bütün mümkün olan markerləşmələrdə sabit qalsın. Bu halda əgər  $M_0$  - ilkin markerləşmədirsə və  $M'$  - istənilən mümkün markerləşmədirsə, onda  $M_0 \cdot X = M' \cdot X$  bərabərliyinin ödənildiyini göstərmək lazımdır. Əgər  $M'$  markerləşməsinin  $M_0$ -dan başlayaraq alınması mümkündürsə, onda elə  $\sigma$  keçidlərin icra olunma ardıcılığı vardır ki, o şəbəkəni  $M_0$ -dan  $M'$ -ə çevirə bilir, yəni

$$M' = \delta(M_0, \sigma) = M_0 + f(\sigma) \cdot D.$$

Uyğun olaraq

$$M_0 \cdot X = M' \cdot X = (M_0 + f(\sigma) \cdot D) \cdot X = M_0 \cdot X + f(\sigma) \cdot D \cdot X \quad (3.8)$$

yazmaq olar. Burada  $X$  sıfırdan fərqli  $(m \times 1)$  - ölçülü vektor olduğundan (3.8) yazılışından aşağıdakı ifadə alınır:

$$f(\sigma) \cdot D \cdot X = 0. \quad (3.9)$$

Nəzərə alsaq ki,  $f(\sigma) \neq 0$ , onda aşağıdakı xətti tənliklər

sistemlərini alarıq:

$$D \cdot X = 0, \quad (3.10)$$

$$D^T \cdot X = 0 \quad (3.11)$$

Göründüyü kimi, Petri şəbəkəsi onda və ancaq onda yaşarlı olur ki, (3.10) və (3.11) şərtlərini ödəyən, elementləri müsbət, tam, sıfırdan fərqli  $X$  vektoru mövcud olsun.

3.7 yarımfəslində göstəriləyi kimi Petri şəbəkəsinin invariantlarının tam ədədli xətti proqramlaşdırma üsulu və Tudik alqoritmindən istifadə etməklə təyini böyük hesablama resursları tələb edir və böyük ölçülü matrislər üçün istənilən nəticəni vermir. Odur ki, həmin çatışmamazlığı aradan qaldırmaq üçün seyrəkləşdirilmiş matrislər texnologiyası və xətti cəbr metodlarından geniş istifadə olunur [19]. Bu metodlar aşağıdakılara əsaslanır.

(3.10) sisteminin  $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$  müsbət, tam, sıfırdan fərqli həlli Petri şəbəkəsinin  $P$  – invariantı adlanır.

(3.11) sisteminin  $X=(x_1, x_2, \dots, x_m)$  müsbət, tam, sıfırdan fərqli həlli Petri şəbəkəsinin  $T$ - invariantı adlanır.

Əgər  $m=n$  olarsa, yəni matrisin sətir və sütunlarının sayı bir-birinə bərabərdirsə, onda  $P$ - və  $T$ -invariantları Gauss üsulu ilə təyin olunur. Əks halda ( $m \neq n$ )  $D$  matrisinin  $R$  rəngi hesablanır və fundamental həllər çoxluğunun ölçüsü təyin edilir ( $L=n-R$ ).  $L=0$  olduqda sistem ancaq trivial həllə malik olur. Əgər  $R < n$  olarsa,  $(n-R)$  sayda dəyişən sərbəst seçilir və həmin sayda da xətti-asılı olmayan fundamental həllər tapılır.

Alınan həllər aşağıdakı kimi analiz olunur: Əgər bütün fundamental həllər müsbət, tam, sıfırdan fərqlidirsə, onda həmin həllər Petri şəbəkəsinin  $P$ - və  $T$ -invariantları hesab olunurlar.

(3.10) və (3.11) xətti tənliklər sisteminin mümkün olan həlləri tapıldıqdan sonra Petri şəbəkəsinin invariantları təyin olunur və onların əsasında şəbəkənin əsas xassələri – məhdudluq, təhlükəsizlik və saxlanıqlıq xassələri  $P$ -invariantla, yetərlik və yaşarlılıq xassələri isə  $T$ -invariantla analiz olunur.

### 3.11. İkiəlli manipulyatorun fəaliyyət alqoritminin Petri şəbəkəsi ilə tədqiqi

Vərəqləri işçi zonasının masasından nəqliyyat sistemə yükləyən xüsusiləşdirilmiş ikiəlli manipulyatorun misalında ÇİM-in fəaliyyət alqoritminin Petri şəbəkəsi ilə tədqiqi mərhələlərinə baxaq.

ÇİM-in struktur sxemi şəkil 3.8-də göstərilmişdir və aşağıdakı qurğulardan təşkil olunmuşdur: vərəqləri paralel şəkildə ikiəlli manipulyatorun işçi masasına (1) nəql edən avtomatik nəqliyyat sistemi (2); xüsusiləşdirilmiş ikiəlli manipulyator (3); vərəqləri emal üçün növbəti emal mərkəzinə nəql edən avtomatik nəqliyyat sistemi (4) və onun işçi masası (5).

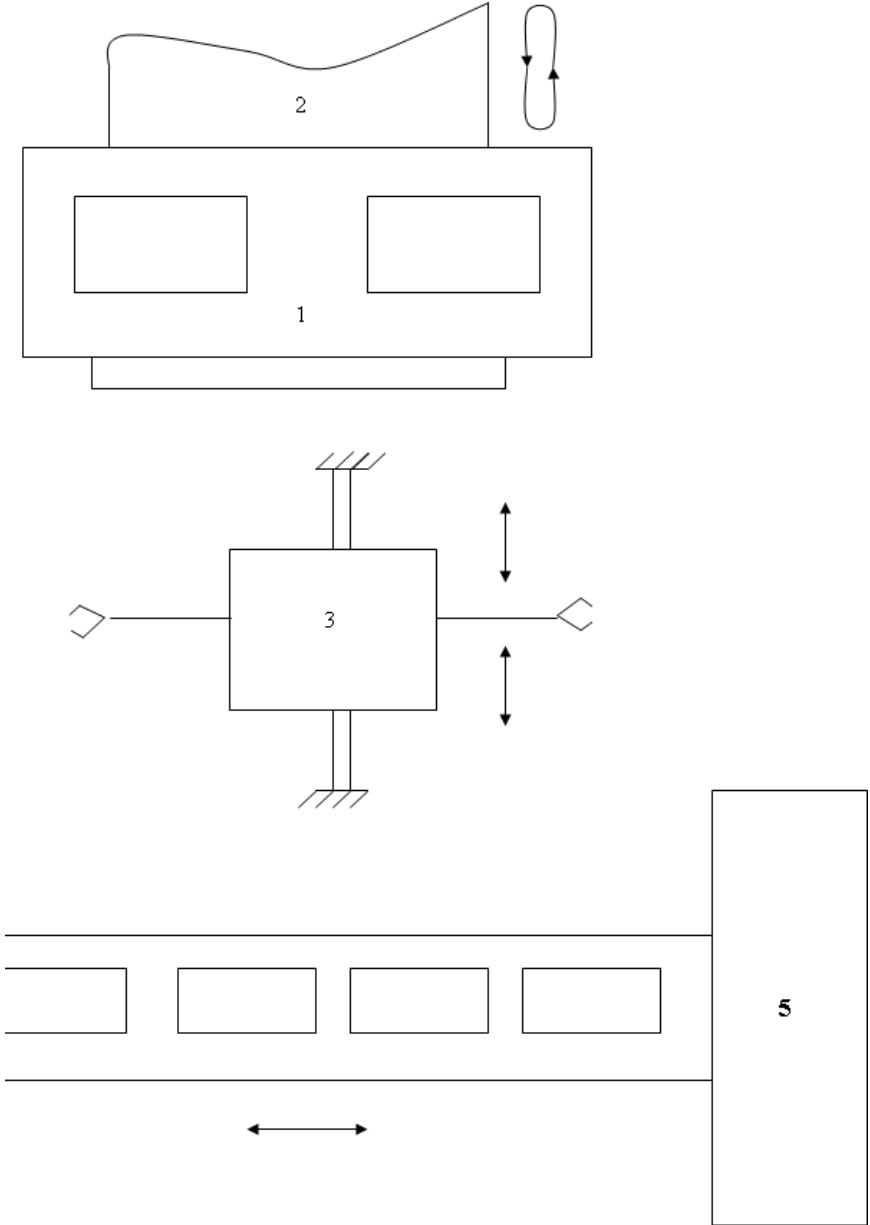
ÇİM aşağıdakı kimi fəaliyyət göstərir: xüsusi təyinatlı vərəqlər iki-iki paralel olmaqla ikiəlli manipulyatorun işçi masasına nəql olunur; ikiəlli manipulyator vərəqləri masadan götürərək işçi masasına nəql edir və vərəqlər nəqliyyat sistemi vasitəsi ilə emal mərkəzinə nəql olunur. Proses ardıcıl olaraq təkrarlanır.

ÇİM-in fəaliyyətini ifadə etmək üçün situasiyaları hadisələrə bölərək hər bir hadisəyə uyğun  $P_i (i = \overline{1,9})$  predikatlarını təyin edək:  $P_1$  – vərəqlərin ikiəlli manipulyatorun masasında olmaması;  $P_2$  – vərəqlər ikiəlli manipulyatorun masası üzərindədir;

$P_3$  – vərəqlər manipulyatorun masası üzərindədir və manipulyator ilkin vəziyyətdədir;  $P_4$  – manipulyator ilkin vəziyyətdədir;  $P_5$  – manipulyator ilkin vəziyyətdədir və onun tutqacı bağlıdır;  $P_6$  – manipulyator son vəziyyətdədir və tutqacı açıqdır;  $P_7$  – manipulyator son vəziyyətdədir və onun işçi zonası boşdur;

$P_8$  – manipulyator son vəziyyətdədir və onun işçi zonası məşğuldur;  $P_9$  – manipulyator son vəziyyətdədir və onun tutqacı açıqdır.

Göstərilən predikatlara aşağıdakı aktiv hərəkətlər – keçidlər uyğundur  $t_j (j = \overline{1,7})$ ;  $t_1$  – nəqliyyat sistemi işləyir;  $t_2$  – nəqliyyat sistemi işləmir;  $t_3$  – manipulyatorun tutqacının qoşulması;  $t_4$  – manipulyatorun qoşulması;  $t_5$  – manipulyatorun tutqacının



Şəkil 3.8. ÇİM-in struktur sxemi

qoşulması;  $t_6$  - manipulyatorun qoşulması;

$t_7$  – manipulyatorun işçi zonasının boşaldılması. Bu halda “şərt→hərəkət” şəklində produksiyalar aşağıdakı kimi olacaqdır.

$$P_1 \rightarrow t_1; P_2 \rightarrow t_2; P_3 \& P_4 \rightarrow t_3; P_6 \& P_7 \rightarrow t_5; P_9 \rightarrow t_6; P_8 \rightarrow t_7$$

Nəzərə alsaq ki,  $n=9$  və  $m=7$  giriş və çıxış matrisləri aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$D^- = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}; \quad D^+ = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix};$$

Uyğun olaraq insidentlik matrisi aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$D = - \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

İnsidentlik matrisinin ranqı ( $R-\sigma$ ) hesablanaraq fundamental həllər çoxluğunun ölçüsü təyin edilir: ( $L=3$ ) – P invariantlar üçün və ( $L=1$ ) - T invariantlar üçün.

Beləliklə, (1.10) və (1.11) tənlikləri aşağıdakı şəkildə olacaqdır:

$$\begin{cases}
 -x_1 + x_2 & = 0 \\
 -x_2 + x_3 & = 0 \\
 -x_3 - x_4 + x_5 & = 0 \\
 -x_5 + x_6 & = 0 \\
 -x_6 + x_7 + x_8 + x_9 & = 0 \\
 x_4 & -x_9 & = 0 \\
 & x_7 + x_8 & = 0
 \end{cases} \quad (3.12)$$

$$\begin{cases}
 -x_1 & -x_3 & = 0 \\
 x_2 - x_2 & & = 0 \\
 x_2 - x_3 & & = 0 \\
 -x_3 & x_6 & = 0 \\
 x_3 - x_4 & & = 0 \\
 x_4 - x_5 & & = 0 \\
 -x_5 & x_7 & = 0 \\
 x_5 & -x_7 & = 0 \\
 x_5 - x_6 & & = 0
 \end{cases} \quad (3.13)$$

(3.12) və (3.13) tənliklərini kompüterdə həll etdikdən sonra verilən şəbəkə üçün aşağıdakılar təyin edilir:  $X_1=(0,0,0,1,1,1,0,0,1)$ ,  $X_2=(0,0,0,0,0,1,1,0)$ ,  $X_3=(1,1,1,0,0,0,0,0)$  vektorları P – invariant üçün;  $X=(1,1,1,1,1,1)$  vektoru T – invariantı üçün.

**Şəbəkənin yetərlilik və yaşarlılıq xassələrinin yoxlanması.** T – invariantdan görüldüyü kimi  $M_0=(100100100)$  başlanğıc markirovkada keçidlərin ardıcılığı  $\sigma=(t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7)$  aşağıdakı ardıcılıqda olacaqdır:



$$(100100100 \xrightarrow{t_1} (010100100) \xrightarrow{t_2} (001100100) \xrightarrow{t_3} (100010100) \xrightarrow{t_4} \\ \rightarrow (100001100) \xrightarrow{t_5} (100000110) \xrightarrow{t_6} (100100010) \xrightarrow{t_7} (100100100))$$

$X \neq 0$  göstərir ki, şəbəkənin bütün keçidləri aktualdır və uyğun olaraq şəbəkə **yaşarlıdır**.

### **Məhdudluq və təhlükəsizlik xassələrinin yoxlanması.**

$M_0$  markorovkasında bütün P-invariantlar üçün

$$\sum_{i=1}^a X_j \bullet M(P_i) = 1, \quad j = \overline{1,3} \quad \text{şərti ödənilirsə, onda şəbəkə}$$

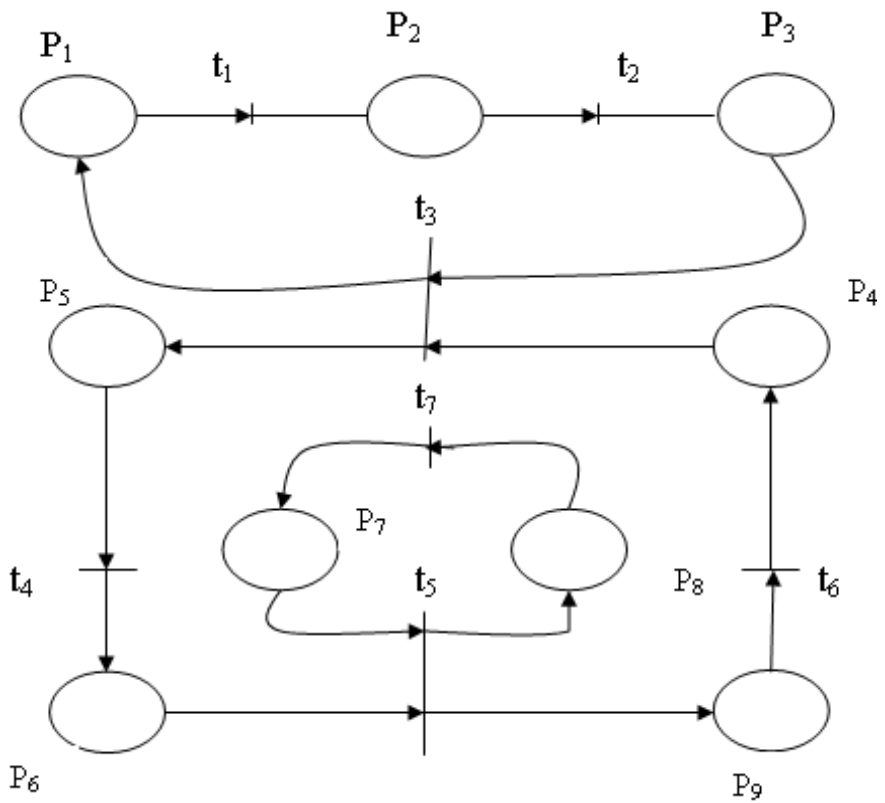
**təhlükəsizdir**, yəni  $k=1$ .

$$\sum_{i=1}^g X_j \bullet M_0(P_i) = \sum_{i=1}^g X_0 \bullet M(P_i), \quad j = \overline{1,3}; \quad \text{bu şərt ödəniləyindən}$$

şəbəkə **saxlanıqlıq xassəsinə** malikdir.

Petri şəbəkəsinin uyğun qraf-sxemi şəkil 3.9-da verilmişdir.

Qeyd olunduğu kimi, əksər hallarda obyektin fəaliyyətini və elementləri arasındakı qarşılıqlı əlaqələri təsvir edən analitik yazılışları (modelləri) almaq çətinləşir və hətta bəzi hallarda mümkünsüz olur. Belə hallarda imitasiya modelləşdirilməsindən istifadə olunması aktualıq kəsb edir. Dərs vəsaitinin növbəti fəslində diskret xarakterli istehsalların imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqi üsullarına baxılır.



Şəkil 3.9. Şəbəkənin qraf-sxemi

## IV FƏSİL

# İSTEHSAL SİSTEMLƏRİNİN İMITASIYA MODELLƏŞDİRİLMƏSİ

Birinci fəsildə modelləşdirmə üsullarının təsnifatında göstəriləyi kimi, imitasiya modelləşdirilməsinin əsas tətbiq sahələri obyektlərin xarakterindən asılı olaraq diskret, analitik və kombinə edilmiş olmaqla üç istiqamətdə təsnif olunur.

Əvvəlki fəsildə göstəriləyi kimi çox da mürəkkəb olmayan istehsal sistemlərinin abstrakt ifadələrini müxtəlif təyinatlı riyazi aparatlarla təsvir və tədqiq etmək olar. Ancaq ÇİS-dən başlanan və növbəti mərhələlərdə proseslərin alt sistemlərinin qarşılıqlı əlaqələrinin mürəkkəbliyi o dərəcədə artır ki, onların mövcud modelləşdirmə alətləri ilə tədqiqi və qənaətbəxş nəticələrin alınması çətinləşir, bəzi hallarda isə mümkünəz olur. Bu halda imitasiya modelləşdirilməsi (İM) analiz və idarəetmə məsələlərinin həlli nöqtəyi-nəzərdən qənaətbəxş nəticələrin alınması üçün səmərəli aparat hesab edilir.

### **4.1. Diskret xarakterli mürəkkəb sistemlərin imitasiya modelləşdirilməsi ilə tədqiqi üsulları**

Mahiyyət etibarlı ilə imitasiya modelləşdirilməsi fiziki modelləşdirməyə bənzəyir. Fərq ondadır ki, imitasiya modelləşdirilməsində eksperimentlər fiziki obyektə deyil, onun kompüter modeli üzərində həyata keçirilir.

İmitasiya modelinin mahiyyətinə görə model üzərində “Nə etməli, əgər...?” tipli eksperimentlər aparılır.

İM-in alət vasitələri Alqol, Fortran kimi proqramlaşdırma dillərinin yaradılması ilə eyni dövrdə yaranmağa başlamış, süni intellekt elementləri ilə təchiz edilmiş güclü, coxfunksiyalı, problemyönlü sistemlər şəklində modelləşdirmə mühiti səviyyəsinə kimi inkişaf yolu keçmişdir.

İM-in metodoloji məsələləri, yəni ehtimal və riyazi statistika

nəzəriyyələrinin, imitasiya eksperimentlərinin planlaşdırılması məsələləri və nəticələrin emalı və s. [7]-də geniş şərh edilmişdir. Odur ki, dərs vəsaitində geniş yayılmış modelləşdirmə dillərinin müqayisəli analizi, funksional imkanları və tətbiq sahələrinin araşdırılması məsələlərinə baxılır. Bu məqsədlə araşdırmada aşağıdakı əsas məsələlərin hansı səviyyədə öz həllini tapması istiqamətlərinin analizinə baxılır: ilkin sistemin və həll olunan məsələlərin modelləşdirmə dillərinə çevrilməsi (bu proses tədqiqatçı üçün yaradıcı yanaşma tələb edən çox vacib mərhələdir); 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 [16].

Məlum olduğu kimi istənilən texniki sistemin, o cümlədən ÇİS-in imitasiya eksperimentləri sistemdə müəyyən vaxt intervalında (dəqiqə, gün, ay, il, və s.) baş verən proseslərin öz əksini tapmasıdır. Adətən həmin müddət kompüterdə bir neçə saniyə və dəqiqələrlə yerinə yetirilir və sistemin real rejimdə fəaliyyətini təsvir edir.

İM-in digər modelləşdirmə alətləri ilə müqayisədə üstün cəhətləri kimi aşağıdakıları göstərmək olar:

1. Sistem yeni layihələndirilsə, onun layihələndirilməsinin ilkin mərhələsində yaradılmasının məqsədəuyğunluğu barədə qərar qəbul etmək imkanlarının olması;

2. Sistem fəaliyyətdə olan proseslər toplusundan ibarətdirsə və onlar üzərində eksperimentlərin aparılması mümkün deyilsə və yaxud həddindən artıq baha basarsa, sistemin fəaliyyətinə müdaxilə etmədən və onun fəaliyyətinə xələl gətirmədən eksperimentlərin aparılmasının mümkünlüyü;

3. İdarəetmə strategiyalarının sintezi və tədqiqi;

4. Sistemin perspektivdə fəaliyyətinin planlaşdırılması və proqnozların təyini;

5. Sistemin idarə olunması ilə məşğul olan heyətin öyrədilməsi və s.

Təyinatından asılı olmayaraq istənilən İM kompüter üçün

tətbiqi paket proqramıdır və İM-in yaradılmasında proqramlaşdırma mərhələsi əsas hesab olunur. Bu mərhələ üç əsas istiqamətdə yerinə yerilir [7]:

1. İM üçün universal alqoritmik proqramlaşdırma dillərindən istifadə olunması: Paskal, C<sup>++</sup>, Fortran, PL/1, Ada və b. Bu halda proqramçı İM-i yaradarkən praktiki olaraq kompüterin resurslarından geniş istifadə etmək imkanına malik olur. İM-in göstərilən üsulla yaradılması böyük əmək resursları, yüksək peşəkarlığa malik olan proqramçılar və müxtəlif profilli mütəxəssislərin (sistem proqramçıları, problem sahəsi üzrə ekspertlər, tədqiqatçılar və b.) qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyətini tələb edir. İşlənmiş İM konkret məsələnin həllinə yönəldilmiş olduğundan ondan başqa məsələlərin həllində istifadə oluna bilmir.

2. İM-in proseslərə oriyentasiya olunan xüsusişdirilmiş dillərin yaradılması və modelləşdirmədə istifadəsi.

3. Problem- yönümlü modelləşdirmə sistemlərinin yaradılması və istifadəsi.

Qeyd edək ki, son vaxtlar müxtəlif sahələrdə modelləşdirmə alətlərinin, o cümlədən İM alətlərinin işlənməsində müxtəlif metod və yanaşmaları özündə əks etdirən hibrid sistemlər konsepsiyası formalaşmışdır. Bu halda İM-in və intellektual sistemlərin, xüsusən də ekspert sistemlərinin imkanlarını birləşdirən mürəkkəb və çoxfunksiyalı modelləşdirmə sistemləri yaradılır.

İntellektual sistemlərin tətbiqi ilə İM-in qurulmasında mürəkkəb sistemlər haqqında verilənlər və biliklər müxtəlif yollarla toplanmalı, formalizə olunmalı və kompüterin informasiya sisteminə daxil olunmalıdır. Əsas problem verilənlər və bilikləri İM-in proqramlarından ayırmaq və onlara modelləşdirmə sisteminin sərbəst elementi kimi baxılmasıdır. Bu halda verilənlər və biliklər bazaları akkumulyasiya qabiliyyətli, modifikasiya olunan, oxunulan və proqram təminatının digər elementlərindən asılı olmayaraq istifadə olunma qabiliyyətinə malik olmalıdır.

Biliklərə əsaslanan sistemlərin əsas elementləri biliklər bazası (BB), verilənlər bazası (VB) və məntiqi qərar qəbul etmə blokudur

[1]. Bu tip sistemlərdə əsas məsələ biliklərin kompüterdə emalı üçün təsvir olunmasıdır.

[17]-də mürəkkəb sistem və strukturların təsviri və idarə olunması üçün geniş yayılmış riyazi üsulların-formalizimlərin klassifikasiyası cədvəldə göstəriləndiyi kimi verilmişdir (cədvəl 4.1).

Cədvəldən görüldüyü kimi sonuncu iki üsul anlaşma və çeviklik dərəcələrinə görə insan tərəfindən qərar qəbul etməklə istifadə olunan dərin biliklərə əsaslanır.

Cədvəl 4.1

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

Produksiya qaydaları anlaşılma və çeviklik dərəcəsinə görə daha yüksək keyfiyyətlərə malikdir. Belə ki, produksiya qaydaları asan üsullarla bilikləri formalizə etmək, toplamaq və BB-ni modifikasiya etmək imkanlarına malikdir.

Produksiya qaydalarına əsaslanan çoxlu sayda praktiki intellektual sistemlər işlənmişdir və onlardan İM-də geniş istifadə olunur, məs.: EMYCİN, OPS-S, DELTA, ACE, EXPERT və b.

## **4.2. Diskret xarakterli mürəkkəb sistemlərin proseslərə oriyentasiya olunan xüsusişdirilmiş İM dilləri ilə tədqiqi**

Qeyd olunduğu kimi, İM-in qurulmasında proseslərə oriyentasiya olunan xüsusişdirilmiş dillərin yaradılması istiqaməti aktualıq kəşb edir. Bu dillərdən ən geniş istifadə olunanlardan biri 1962-ci ildə İBM firması tərəfindən təklif olunan İM-in xüsusişdirilmiş dili GPSS-dir (General Purpose Simulation System). GPSS müxtəlif fiziki təbiətli mürəkkəb diskret sistemlərin modelləşdirilməsi üçün yaradılmış və çoxlu versiyalarla hal-hazırda da istifadə edilir [7, 8]. GPSS İM-i dilin operatorlarına uyğun standart blokların birləşdirilməsi yolu ilə qurulur və modelləşdirilən kütləvi xidmət sisteminin (KXS) məntiqi strukturunu təyin edir. GPSS modelini yaratmaq üçün blokların funksiyalarını və onların birləşmələrinin məntiqini öyrənərək, modelləşdirilən obyektı KXS terminlərində təsvir etmək lazımdır.

GPSS-in versiyalarından asılı olaraq dilin 20-yə qədər operatorları mövcuddur. GPSS-in versiyaları kimi geniş istifadə olunanlardan aşağıdakıları göstərmək olar: GPSS/H, GPSS/PC, GPSS/ World, Micro GPSS və web GPSS. Hazırda İM-in yeni versiyası GPSS World 5.0.4. istifadəyə verilmişdir.

İM-in nəticələrini interpretasiya etmək üçün xüsusişdirilmiş İM dilləri kompüter animasiyası dilləri ilə birləşdirilir ki, bu da prosesin dinamikasını və İM-ın nəticələrini (GPSS- Proof Animation) monitora təsvir etməyə imkan verir.

SLAM dili proseslərin modelləşdirilməsinə yönəlmiş imitasiya modelləşdirilməsi dillərindən biridir. Belə ki, bu zaman əhəmiyyət kəşb etməyən hadisələrin proqramlaşdırılması tələb olunmur. Bu dildən istifadə edilməklə AweSim İM mühitində Visual SLAM qrafik dili vasitəsi ilə interaktiv rejimdə İM-i yaratmaq olur [18].

Pritsker korporasiyası tərəfindən işlənmiş AweSim proqram təminatı ifadələr və istifadə olunan İM dilləri (GASPIV və Q-GERT- Graphical Evaluation and Review Technique – qrafiki təsvir metodu) təcrübəsinə əsaslanan konsepsiya ilə yaradılmışdır.

Göstərilən AweSim mühitində İM-in yaradılması layihəsi aşağıdakı mərhələlərdə yerinə yetirilir: informasiyanın toplanması, modelin qurulması, modelləşdirmənin yerinə yetirilməsi, nəticələrin analizi və onların istifadəsi üçün yararlı formada təsviri. AweSim mühiti bütün mərhələlərin yerinə yetirilməsini təmin edir. Əsas üstün cəhəti modelləşdirmə üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edən informasiyaların toplanmasının qrafiki interfeys vasitəsi ilə sadələşdirilmiş şəkildə yerinə yetirilməsidir. Digər tərəfdən AweSim-in arxitekturası açıq sistemdir, yəni xarici VB, elektron cədvəllər, Microsoft Office və b. resurslarla əlaqə yaratmaq xassələrinə malikdir.

İM-in nəticələrini kompüter animasiyası ilə təşkil etmək üçün Animation Builder dilindən istifadə olunur. Animation Builder mətn və vizual təsvir formalarından istifadə etməklə animasiya fayllarını yaratmağa və redaktə etməyə imkan verir.

AweSim mühitində diskret proseslərin differensial tənliklər şəklində fasiləsiz və hibrid proseslərin İM tədqiq oluna bilər.

Qeyd edək ki, SLAM dilində model şəbəkə kimi təsvir olunur və həmin şəbəkədə onun komponentləri sirkulyasiya edərək prosesi modelləşdirir. Bu komponentlər şəbəkənin düyünlərindən keçdikdə yeni situasiyalara uyğun olaraq mahiyyətlərini dəyişir və prosesi əks etdirir. AweSim mühitində sənaye sistemlərinin modelləşdirilməsində onun qrafiki elementləri nisbətən sadə proseslərdə səmərəli hesab olunur. Tədqiqat obyektləri mürəkkəbləşdikdə AweSim mühitində şəbəkələr əhəmiyyətli dərəcədə mürəkkəb struktura malik olduğundan onların tədqiqi və qavranılması çətinləşir və İM-in qurulması səmərəli hesab edilmir.

İstehsal sistemlərinin İM-nə oriyentasiya olunan dillərdən biri də SİMAN (Simulation Analysis) dilidir ki, onun vasitəsi ilə diskret, fasiləsiz və hibrid sistemlərin İM-in qurulmasında və tədqiqində istifadə edilir. SİMAN dili 1982-ci ildə S.Piqden tərəfindən təkilif olunmuş və sonrakı mərhələlərdə təkmilləşdirilmişdir. Bu dilin axıncı versiyası kimi SİMAN V-i göstərmək olar.

SİMAN dilində modelləşdirmənin riyazi konsepsiyası modellə



eksperimentlərin bir-birindən ayrı şəkildə qurulmasıdır ki, bu da modeli modifikasiya etmədən çoxlu sayda eksperimentlərin yerinə yetirilməsinə şərait yaradır. Bu halda model imitasiya olunan obyektin statik və dinamik xarakteristikalarını təyin edir. Eksperimentlərin planlaşdırılması isə modelin girişindəki şərtləri və giriş verilənlərini təyin etməklə onun çıxışında tələb olunan çıxış verilənlərinə hesablanır.

GPSS və SLAM dillərində olduğu kimi SİMAN dilində də sistemin modelləşdirilməsində bloklar şəbəkəsindən istifadə olunur. Bloklar şəbəkələri modelin qurulması prosesində yaradılır, xəttidir və sistem vasitəsi ilə mahiyyətlər axınıni təsvir edir. SİMAN dili obyektlərin və istehsal proseslərində konveyer, nəqliyyat sistemlərinin yerdəyişmələrini təsvir etmək üçün səmərəli hesab olunur.

Mürəkkəb sistemlərin modeləşdirilməsində SİMAN dilinin daxili imkanlarından istifadə etməklə problemin həlli mümkün olmur və C<sup>++</sup> və ya Fortran dilində tərtib olunmuş xarici alt proqramlardan istifadə tələb olunur. Bu isə SLAM dilində olduğu kimi modeləşdirmə prosesini mürəkkəbləşdirir. Göstərilən hal idarə sistemi modelləşdirilən obyektin tərkib hissəsi olduqda daha qabarıq şəkildə özünü göstərir.

Animasiya (multiplikasiya) sistemi olan CİNEMA, SİNAM imitatoru ilə kompleksdə obyektin qrafiki modelini statik, yəni təsvirlər şəklində və dinamik (növbələr, yerdəyişmə və s.) komponentlərlə təsvir etməyə imkan verir. Obyektlərin yerdəyişməsində xüsusiləşdirilmiş SİNAM- modellərdən istifadə etməklə avtomatlaşdırılmış nəqliyyat qurğularının, konveyerlərin, ayrıların, gistoqramların və s. canlandırılması həyata keçirilir. Göstərilən dilin digər üstün cəhəti ondadır ki, multiplikasiya və İM-si paralel şəkildə, eyni zaman intervallarında yerinə yetirilir.

CİNEMA animasiya sisteminin əsas çatışmayan cəhəti interaktiv vizualizasiya imkanlarının məhdud olmasıdır. Belə ki, CİNEMA-da vaxt məşabının idarə olunması diskret xarakter daşıyır, yəni multiplikasiya fasiləsiz şəkildə yerinə yetirilə bilmir.

CİNEMA animasiya sisteminin proqram təminatı təkmilləşdirilərək Systems Modelling Corporation (ABŞ) kompaniyası tərəfindən yaradılan Arena imitasiya modelləşdirilməsi sistemində istifadə olunmuşdur. 1993-cü ildə yaradılmış Arena-nın birinci versiyası obyektə oriyentasiyalı interfeyslə təmin olunmaqla, müxtəlif predmet sahələrinə adaptasiya olmaq imkanlarını özündə əks etdirirdi. Belə ki, sistem istifadə olunmaq nöqtəyi-nəzərindən sadə olmaqla proqram kodlarının yazılmasını tələb etmirdi.

İM-in nəticələrini təsvir etmək üçün Arena İM-i sistemində CİNEMA animasiya sistemi bazasında təkmilləşdirilmiş proqram məhsullarından istifadə olunurdu. Arena İM-i sisteminin interfeysi verilənlərlə, eyni zamanda elektron cədvəlləri, verilənlər bazaları və digər informasiya sistemləri ilə əlaqədə işləməyə imkan verir.

Arena İM-i sistemində modelləşdirmə prosesi aşağıdakı ardıcılıqla təşkil olunur: istifadəçi Arena-nın vizual redaktoru ilə ardıcıl addımlarla modeli qurur; SİMAN İM-si dilində sistem tələb olunan alt modelləri generasiya edir və sonrakı mərhələdə CİNEMA animatoru avtomatik olaraq işə başlayır. İM-in axırncı versiyası Arena 9.0-da Windows mühitinin interfeys imkanları ilə Arena İM-i sistemində xas olan modellərin ierarxiyalı qurulma prinsiplərinin birləşməsi hesabına, ardıcıl olaraq real obyektlərin modellərinə yaxınlaşan modelləri tədqiq etmək olur.

Arena İM sistemi aşağıdakı əsas proqram paketlərindən təşkil olunur: iki ölçülü qrafik redaktor; üç ölçülü qrafik redaktor (3D player paketləri); zaman, şablon və cədvəllər redaktoru; qrafik xammallar və simvollar kitabxanaları redaktoru; qrafik xammallar kitabxanası ilə əlaqə və s.

Qeyd edək ki, göstərilən üstün xüsusiyyətlərlə bərabər, Arena İM-i onu öyrənmək və istifadə etmək üçün ehtimal nəzəriyyəsi, riyazi statistika, KXS-ri və Petri şəbəkələri üzrə dolğun biliklərə malik olmağı tələb edir.

### **4.3. Problem-yönümlü imitasiya modelləşdirilməsi sistemlərinin yaradılmasında süni intellekt üsullarının istifadəsi**

Keçən əsrin 60-cı illərindən başlayaraq texniki sistemlərin layihələndirilməsinin bütün mərhələlərində komputer texnikasının, informasiya texnologiyalarının geniş istifadəsi ilə layihə prosedurlarının avtomatlaşdırılması konsepsiyası yeni bir istiqamət kimi inkişaf etməyə başladı. Məlum olduğu kimi layihələndirmə mərhələlərinin müddətlərinin avtomatlaşdırma vasitələrindən istifadə etməklə qısaldılması layihələndirilən obyektin istismarda olma müddətini artırır və layihənin iqtisadi səmərəliliyini yüksəldir.

Qeyd edək ki, layihələndirilən obyektlərin mürəkkəblik dərəcəsiindən asılı olaraq, onların layihələndirmə mərhələlərində istifadə olunan üsullara, avtomatlaşdırma vasitələrinə qoyulan tələblər də dəyişməyə başladı. Bu istiqamətdə, xüsusən sistemotexniki layihələndirmə mərhələsində (eskiz, texniki və işçi layihələndirmə mərhələləri) komputer modelləşdirilməsindən istifadə olunması, yəni mürəkkəb sistemlərin imitasiya modelləşdirilməsi və nəticələrin animasiya üsulları ilə eksperimentlərinin təşkili xüsusi əhəmiyyət kəsb etməyə başladı.

İM-in ənənəvi sistemləri kompüterin universal proqramlaşdırma dillərindən (Paskal, C++, Delphi və.s) istifadə etməklə yaradılırdı və sonrakı mərhələlərdə İM-in xüsusiləşdirilmiş dillərinin yaradılması ilə inkişaf etdi: Arena, GPSS, SIMAN, SLAM, SIMULA və.s. İM-in növbəti mərhələlərdə inkişafı problem-yönümlü modelləşdirmə sistemlərinin yaradılmasıdır. [7]-də göstərilədiyi kimi universal proqramlaşdırma dillərindən istifadə etməklə yaradılan İM-i konkret məsələnin həllinə, xüsusiləşdirilmiş İM dilləri proseslərin modelləşdirilməsinə oriyentasiya olunmuşdur. Növbəti İM mərhələləri isə problem-yönümlü modelləşdirmə sistemlərinin yaradılması və istifadəsinə oriyentasiya olunmuşdur.

Son vaxtlar süni intellekt üsullarına və yeni informasiya texnologiyalarına əsaslanan İM-lər daha aktualdır və vacib əhəmiyyət kəsb edir.

Odur ki, yeni nəsil İM-in qurulma prinsipləri, funksional imkanları və tətbiq sahələrinin müqayisəli analizi məsələlərinə baxaq.

Real vaxt rejimində fəaliyyət göstərən dinamik intellektual sistemlərin yaradılması üçün alət vasitələrinin inkişafı 1985-ci ildə Lisp Machine Inc. firması tərəfindən simvollarla işləyən komputer üçün Picon sisteminin işlənməsi ilə başlanmışdır [7]. Bu ideyanın inkişafı nəticəsində 1988-ci ildə G2 sistemi yaradıldı və onun müxtəlif versiyaları geniş istifadə olunmağa başlandı.

Çoxfunksiyalı G2 intellektual sisteminin İM istiqamətində inkişafı Re Think alət vasitələrinin yaradılması ilə əlaqədardır. Belə ki, bu sistem prosesləri modelləşdirmək üçün güclü imkanlara malik olan interaktiv qrafika vasitələri ilə təchiz olunmuşdur. Onun müxtəlif versiyaları işlənmişdir ki, onlar qeyri professional ekspertlərin real vaxt rejimində eksperimentlərini təşkil etməyə imkan verir.

Re Think sistemi müştəri-server arxitekturası ilə fəaliyyət göstərir və üç əsas obyektə xarakterizə olunur: işçi obyektlər (sifarişlər, xammallar, informasiya paketləri); proseslər (işçi obyektlərin emal olunduğu bloklar, məs. sifarişlərə xidmət, detalın hazırlanması və.s); resurslar (insanlar, maşınlar, dəzgahlar və.s).

Re Think sisteminin əsas üstünlüyü onun müxtəlif dərəcəli detalləşdirməyə malik olan proseslərin ierarxik modellərinin yaradılmasına imkan verməsidir.

Qeyd etdiyimiz kimi Re Think alət vasitələrinin yaradılması çoxfunksiyalı G2 intellektual sisteminin aktiv inkişafına təkan verdi.

G2 alət kompleksi biliklər bazasından (BB) istifadə etməklə real vaxt rejimində prosesləri modelləşdirmək üçün obyekt-yönümlü inteqrasiyalı mühitdir. G2-də mürəkkəb proqramların işlənməsi üçün yüksək səmərəlilikli texnologiyalardan istifadə olunur: obyekt-yönümlü proqramlaşdırma; müştəri-server və açıq sistemlər; aktiv obyekt qrafikası; strukturlaşdırılmış təbii dil və informasiyaları təsvir etmək üçün gipermetnlər; produksiya qaydalarına, prosedurlara, dinamik (imitasiya) modellər əsasında qərarın

axtarılması və qəbulu; bir-birindən asılı olmayan proseslərin real vaxt rejimində paralel yerinə yetirilməsi; müxtəlif kateqoriyalı istifadəçilər üçün intellektual interfeys; biliklərə əsaslanan intellektual (ekspert) sistemlərin texnologiyaları ilə ənənəvi proqramlaşdırma texnologiyalarının uzlaşdırılması.

G2 sisteminin əsas komponentləri kimi BB-dən əlavə verilənlər bazasını (VB), qərar qəbul etmə maşını, modelləşdirmə və planlaşdırma alt sistemlərini göstərmək olar.

G2 dinamik proseslərin monitorinqi, diaqnostikası, optimallaşdırılması, planlaşdırılması və idarə olunması üçün real vaxt rejimində fəaliyyət göstərən ekspert sistemlərinin qurulması və dəstəklənməsi üçün yaradılmış qrafiki, obyekt –yönümlü baza sistemi idi. Bu baza sistemi əsasında sistem analitiklərinə oriyentasiya olunmuş Re Think İM-i işlənmişdir ki, onun vasitəsi ilə proseslərin qrafiki təsvirlərini piktoqramlar şəkilində, ardıcılıqla yerinə yetirilən, bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə olan əsas məsələləri təsvir etmək mümkün olurdu. Re Think mühiti aktiv qrafika əsasında (arxitektura, müştəri-server) modelin fəaliyyətini vizuallaşdıraraq, son nəticədə modelin sistemin təşkilatı idarə olunmasının işçi versiyasına çevirirdi.

RE Think sistemin əsas üstün cəhəti onun proqramçılara deyil, sistem analitiklərinə oriyentasiya olunmasıdır. Bu isə eksperimentatorlardan modelləşdirilən obyekt haqqında biliklərdən başqa, kompüter elmləri sahəsində yüksək səviyyəli biliklərə malik olmağı tələb edir.

Süni intellekt üsullarına əsaslanan İM-dən biri də geniş tətbiq sahəsi tapmış РДО («Ресурсы-Действия-Операции»-«Resurslar-Fəaliyyətlər-Əməliyyatlar») İM mühitidir. РДО İM mühiti Bauman adına Moskva Dövlət Texniki Universitetinin “İstehsalın avtomatlaşdırılmasının kompüter sistemləri” kafedrasında işlənmişdir [7]. РДО-un yaradılmasının əsas səbəbi və məqsədi aşağıdakılardır: modelləşdirilən sistemlərin siniflərinin müxtəlifliyi ilə əlaqədar İM-in universallığına qoyulan tələbatlar; modellərin modifikasiya olunmasının asanlığı; idarəolunan obyektlə birlikdə

mürəkkəb idarəetmə sistemlərinin də modelləşdirilməsi; idarəetmənin real vaxt rejimində İM-dən istifadə olunması və s. Göstərilənlər müxtəlif təyinatlı mürəkkəb xarakterli istehsalların sistemli analizini və idarə olunmasının təşkilini təmin edir.

PDО- metodda mürəkkəb sistemin modeli verilənlər və biliklər bazaları ilə təchiz olunmuş dinamikı produksiya sistemi kimi təsvir olunur. PDО –da konkret mürəkkəb sistem resursların və əməliyyatların ifadələrinin formalizə olunaraq göstərilən bazalara daxil edilməsi ilə həyata keçirilir.

Mürəkkəb sistemlərin imitasiyası üçün onun haqqında biliklərin təsviri üçün obyekt-yanaşma üsulundan istifadə olunur. əksəriyyət obyektlərə xas olan aşağıdakı sinifləri göstərmək 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 trasslarının birləşməsi, küçələrin yolayırıcıları və s.); spesifikasiyalar-qaydalar, standartlar və keyfiyyət meyarlarının təsviri üçün istifadə olunur (texnoloji proses, növbələrin xarakteristikaları və s.).

Yaradılan obyektlərin mənbələri kimi aşağıdakıları göstərmək olar: 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 olunacaqsə; istifadəçilərin prosesdəki rolları; obyektlərin fiziki yerləşdiyi məkan; təşkilatlar –istifadəçilərin daxil olduğu qruplar.

Konseptual səviyyədə mürəkkəb sistem öz aralarında qarşılıqlı əlaqədə olan müxtəlif resurslar çoxluğu kimi təsvir olunur. Resurs dedikdə mürəkkəb sistemin hər hansı bir elementi nəzərdə tutulur. Qoyulmuş məsələlərdən asılı olaraq sistemin işlənən hissəsinə resurs kimi baxmaq olar. Məsələn, anbar kompleksini təsvir etdikdə

anbarın stellajları ayrı-ayrı nəqliyyat robotları, anbarlaşdırmaya sifarişlər və s. resurslardır. Əgər anbarlar şəbəkəsi modelləşdirilirsə, onda resurs kimi bütün anbar onun daxili hissələri nəzərə alınmadan təsvir edilir.

Umumiyyətlə PDO-metodda əsas resurslar kimi insan, avadanlıq, nəqliyyat sistemi, insan qrupları, detal partiyaları, anbarlar və b. mövcud fiziki obyektlər nəzərdə tutulur. Mürəkkəb sistemin spesifik xüsusiyyətlərini nəzərə almaqla, PDO- metodda digər resurslar da əlavə oluna bilər. Onu da qeyd edək ki, resurslar sabit və dəyişən (müvəqqəti) ola bilər.

Resurslar öz aralarında məlum qanunauyğunluqlarla qarşılıqlı əlaqədə olurlar. Bu proses müxtəlif fəaliyyətlərlə yerinə yetirilir. Hər bir fəaliyyət mürəkkəb sistemin vəziyyətini dəyişdirir ki, buna da hadisə deyilir. Hadisələrə misal olaraq detalın emalının başlanmasını, gəminin porta gəlməsini və s. göstərmək olar.

Bütün hadisələr requlyar və qeyri requlyar olurlar. Requlyar hadisələr resursların fəaliyyətləri ilə baş verir.

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

Qeyd edək ki, İM-in intellektual vasitələrinin işlənməsi, G2, Re Think, Arena, PDO və b. intellektual sistemlər, modellərin yaradılmasında müəyyən hissə məsələlərin həllini yerinə yetirsə də bu istiqamətdə çoxlu sayda həllini tələb edən problemlər mövcud idi. Bu problemlərin həlli istiqamətində uğurlu yanaşma kimi Bauman adına MDTU-da işlənmiş RAO-studio proqram kompleksini göstərmək olar. RAO-studio PDO dilində İM-in işlənməsi və sazlanması üçün yaradılmışdır. Onun əsas məqsədi PDO dilində modellərin mətnlərinin işlənməsi vasitələrinin, eyni zamanda imitasiya eksperimentlərinin aparılması və nəticələrinin emalı vasitələrinin yaradılmasıdır [23].

RAO – studio dörd əsas moduldan ibarətdir:

PDO – Model (Modul yeni modelləri yaradır, mövcud modelləri istifadəçiyə təqdim edir və cari modelləri arxivə daxil edir. Onun vasitəsi ilə yaradılmış və ya mövcud modellər işə salınır və ya fəaliyyətləri dayandırılır. Bu model mövcud modellər və imitatorla aktiv şəkildə qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyət göstərir);

PDO -Traker İM-in modelləşdirilməsi prosesində informasiyaların emalını və onların əsasında qrafiklərin qurulmasını həyata keçirir. Əsas etibarlı ilə bilavasitə imitatorla (PDO -Simulator) qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyət göstərir;

RDO-Frame- bu modul animasiya kadrlarının şəkillərinin çəkilməsi və onların yerdəyişmələrini yerinə yetirir. Eyni zamanda işləyən İM ilə istifadəçi arasında əks əlaqənin yaradılması da PDO -Frame modulu ilə həyata keçirilir;

PDO -Editor modelin mətnlərinin redaktəsi ilə fəaliyyət göstərən mətn redaktorudur və eksperimentatora oriyentasiya olunmuşdur.

RAO-Studio üç modelləşdirmə rejimindən hər hansı birində fəaliyyət göstərir.

Modelləşdirilən sistemin maksimal məhsuldarlığı rejimi-NoShow. Bu rejimdə animasiyanın, qrafik və trassirovkanın ekrana çıxışına məhdudiyət qoyulur, ancaq trassirovka haqqında informasiyalar toplanır.

Animasiya rejimi-Animation. Əgər modeldə animasiya kadrları varsa, onların ekrana çıxarılması bu rejimdə yerinə yetirilir. Bu halda real vaxt rejimində qrafiklərin qurulması, trassirovka verilənlərinə müdaxilə əməliyyatları da yerinə yetirilə bilər.

Monitor-pauza rejimi. Bu halda modelləşdirmə prosesi dayandırılır. Prosesin davam etdirilməsi üçün digər iki rejimdən hər hansı birini seçmək kifayətdir.

Göründüyü kimi RAO-Studio proqram vasitəsi predmet sahəsi üzrə mütəxəssisə imkan verir ki, nisbətən asanlıqla müxtəlif təyinatlı İM-ni yaratsın və eksperimentlərlə tədqiq etsin. Bu sistemin əsas məqsədi proqramlaşdırma deyil, istifadəçi tərəfindən sistemə modelləşdirilən obyektin elementləri və onlarda baş verən proseslər



barədə öz biliklərini formalaşdıraraq daxil edilməsi və eksperimentlərin təşkilidir.

#### **4.4. Diskret xarakterli mürəkkəb sistemlərin kompüteriyönlü texnologiyalarla analitik modelləşdirilməsi**

İM-in səmərəliliyinin yüksəldilməsi, onun layihələndirilməsi mərhələlərindəki yarana biləcək çoxlu sayda səhvlərin növbəti mərhələlərə tiraj olunmasının qarşısını almaq məqsədi ilə, sistemin struktur analizini yerinə yetirən və mürəkkəb sistemləri funksional diaqramlar və yerinə yetirilən işlərin ardıcılıqları diaqramları ilə təsvir edən sistemlərin kompüteriyönlü texnologiyalarla işlənməsi (CASE) texnologiyaları mühüm əhəmiyyət kəsb edir [7].

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 göstərir. 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. Diaqramların qurulması mürəkkəb sistem haqqında biliklərin formalizə olunması üçün köməkçi addım hesab olunur və layihənin bütün iştirakçıları arasında sıx əlaqə yaratmaqla modelləşdirmənin ilkin mərhələlərində müxtəlif səhvlərin aşkarlanıb aradan qaldırılmasını təmin edir.

Bu funksiyaları CASE-texnologiyaları (Computer Aided System Engenceriq) ilə səmərəli yerinə yetirmək olar. Bu texnologiyalardan realizə olunma həcminə görə daha çox istifadə olunan sistemlərin struktur analizi və layihələndirilməsi texnika və vasitələri (Struktural Analisis and Desiqn Technique) SADT-texnologiyalarıdır. SADT- texnologiyaları içərisində də daha geniş

yayılmış spesifikasiyaların integral yazılışı metodu (Integrated Computer-Aided Definition Method) İDEF- texnologiyaları hesab olunur ki, onun da müxtəlif təyinatlı versiyaları mövcuddur: İDEFO-funksional modelləşdirmə; İDEF1- informasiya modelləşdirməsi; İDEF3- 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.

İDEF struktur metodlara əsaslanır ki, bu halda predmet sahəsinin yazılışı üçün struktur sxemlər tipli qrafiki dillərdən istifadə olunur.

İDEFO sistemin funksional modelini yaratmaq üçün istifadə olunur. Dekompozisiya olunan fəaliyyətlərin və verilənlərin yazılışı üçün funksional və informasiya modelləri istifadə edilir. Adətən İDEF metodunda arxitektura termini işlədilir ki, bu da mürəkkəb sistemin tam yazılışını təmin edən müxtəlif tip modellərdən istifadə edir: funksional, informasiya və dinamik. Bu nöqtəyi-nəzərdən İDEFO-funksional, İDEF1-informasiya, İDEF2 isə proseslərin vəziyyəti və görülən işlərin axınlarını modelləşdirmək üçün səmərəli hesab olunur.

Göründüyü kimi, CASE- texnologiyaları obyektin statik şəkildə təsvirini və tədqiqini yerinə yetirir (obyektin funksiyaları, tərkibi və informasiya axınlarını). CASE- texnologiyalarının göstərilən çatışmamazlığını aradan qaldırmaq üçün İDEF/CPN proqram paketi yaradılmışdır. Bu proqram paketi rəngli Petri şəbəkələri (Coloured Petri Nets) texnologiyaları və digər metodların istifadəsi ilə yaradılmışdır. Çatışmayan cəhəti odur ki, Petri şəbəkəsi nəzəriyyəsinin həllini tapmayan və yaxud çətin realizə olunan çatışmamazlıqları bu texnologiyada öz əksini tapır, o cümlədən: real sistem üçün Petri şəbəkəsinin yaradılması və analizinin mürəkkəbliyi, analiz prosesinə İDEF- texnologiyasından əlavə daha bir süni sxemin əlavə olunması; qərar qəbul etmə və məntiqi idarəetmə proseslərinin modelləşdirilməsinin mürəkkəbliyi və s.

CASE- texnologiyaların tədqiqinin nəticələrini ümumiləşdirərək göstərmək olar ki, mürəkkəb sistemlərdə material, informasiya, finans, təşkilati və s. strukturlar haqqında tam informasiya olmadıqda bu texnologiyaların müxtəlif nəticələrindən İM üçün giriş informasiyası kimi istifadə oluna bilər.

#### **4.5. İmitasiya modelləşdirilməsinin nailiyyətləri və inkişafının perspektivləri**

İM-in inkişaf mərhələlərini ümumiləşdirərək aşağıdakı əsas nəticələri göstərmək olar:

1. İM mürəkkəb sistemlərin modelləşdirilməsi və eksperimentlərlə tədqiqi üçün səmərəli alət olmasına baxmayaraq, onlar bir sıra əhəmiyyətli çatışmamazlıqlara da malikdirlər:

-eksperimentlərin kompüterdə gedişi mərhələləri tədqiqatçı üçün gizli yerinə yetirilir və ancaq son nəticədə aşkarlanır. Bu çatışmamazlıq tədqiqatçının eksperimentin gedişində ona müdaxilə etməsini məhdudlaşdırır;

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

-modelləşdirmə prosesində obyektin stoxastik xarakterinin nəzərə alınmasının çətinliyi;

-İM-in böyük əmək yüklü metod olması.

2. Əksər hallarda İM-dən əvvəl tədqiq olunun obyektin statik analizinin aparılması tələb olunur. Bu proses, obyekt haqqında daha ətraflı biliklərin əldə olunmasına və İM-də səhvlərin həcmi azalmasına səbəb olur. Bu məsələnin səmərəli həlli üçün təcrübədə CASE –texnologiyalar geniş istifadə olunur.

3. İlk İM universal dillər (Fortran, Paskal, Modula, Ada və s.) vasitəsi ilə yaradılmışdır. İM-in sonrakı inkişaf mərhələlərində xüsusiləşdirilmiş İM dilləri (GPSS-in müxtəlif versiyaları, SİMULA və s.) və obyekt yönümlü İM dillərindən (SİMULA 67, C<sup>++</sup> və s.) istifadə olunmağa başlandı. Qeyd edək ki, modelləşdirmə dillərinin bəzi üstün xüsusiyyətlərinin (proqramlaşdırmanın tez yerinə yetirilməsi, konseptual anlaşma qabiliyyəti və s.) olmasına

baxmayaraq, imkanlarına görə universal dillərdən geri qalırlar.

4.İM-in yaradılmasında problemyönlü sistem və İM alətlərindən istifadə edilməsi (Rethink, AweSim, Arena və s.). Bu tip sistemlər istifadəçidən yüksək proqramlaşdırma bilikləri tələb etmir və bir qism çox da mürəkkəb olmayan sistemlərin modelləşdirilməsində istifadə edilir. Obyektin İM-i problemyönlü sistem tərəfindən istifadəçi ilə dialoq prosesində generasiya olunur.

Göründüyü kimi, müasir ÇİS-i layihələndirdikdə texnoloji, təşkilati və idarəetmə xarakterli faktlar çoxluğunu nəzərə alan sistemli yanaşmadan istifadə olunmalıdır.

## V FƏSİL

### MÜRƏKKƏB İSTEHSAL SİSTEMİNİN İMITASIYA MODELİNİN ARXİTEKTURASI

Birinci fəsildə istehsal sistemlərinin evolyusiya prosesində qeyd olunduğu kimi ÇİS-dən başlayaraq istehsal prosesləri o dərəcədə mürəkkəbləşir ki, artıq ənənəvi modelləşdirmə üsullarının istifadəsi arzu olunan nəticələri əldə etməyə imkan vermir. Təbiidir ki, istehsal sistemlərinin mürəkkəblilik dərəcələri yüksəldikcə onun alt sistemlərinin nail ola bilmədiyi yeni xassələrin yaranması nəticəsində mürəkkəb sistemin səmərəliliyi yüksəlir (emergentlik effekti). Bu nöqtəyi-nəzərdən kompüterləşmiş inteqrallaşdırılmış istehsallar ÇİS-lərlə müqayisədə daha mürəkkəb sistemlər kateqoriyasına aid edilirlər. Belə ki, bu tip sistemlərin tərkibinə layihələndirmə sistemləri, istehsalın avtomatlaşdırılmış hazırlığı sistemi, məhsulun yaşama müddətinin dəstəklənməsi informasiya sistemi və b. sistemlər də daxil olur. İstehsal sistemlərinin sonrakı inkişafı postteylor, virtual, genişləndirilmiş, intellektual və s. tipli müəssisələrin yaradılmasını nəzərdə tutur.

Məlum olduğu kimi mürəkkəb istehsal sistemlərinin və onlarda baş verən proseslərin abstrakt yazılışlarını müxtəlif riyazi aparatlarla təsvir etmək olar. Ancaq şəkil 3.1-də göstərilmiş xaos sərhəddinə yaxınlaşdıqda alt sistemlərin qarşılıqlı əlaqələri o dərəcədə mürəkkəbləşir ki, analiz və idarəetmə məsələlərinin həlli nöqtəyi-nəzərindən qanəedici nəticələrin alınması imitasiya modelləşdirilməsini tətbiq etmədən mümkün olmur.

Evolusiya yolu ilə yaranan mürəkkəb sistemin idarə olunması bir mərkəzdən yerinə yetirilə bilməz. Bu halda biliklər və məntiqi qərar qəbul etməyə əsaslanaraq alt sistemlərinədən təşkil olunmuş paylanmış idarəetmə sistemlərinin yaradılması tələb olunur. Bütün bunlar öz növbəsində çoxagentli sistemlərin və intellektual təşkilatların yaranması və inkişafını təmin edir.

Göründüyü kimi, bu tip sistemlərin layihələndirilməsində imitasiya və animasiya modelləşdirilməsi, eyni zamanda mürəkkəb

sistemlərin xarici və daxili parametrlərinin təsvir üsullarının seçilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

### **5.1. Mürəkkəb sistemin struktur sxemi**

Qeyd olunduğu kimi modelləşdirmə və imitasiya mürəkkəb sistemlərin analizi üçün əsas vasitələrdən biridir. Belə ki, modelləşdirmə tədqiqatçıya sistemin təsviri üsulları, eksperimentlərin planlaşdırılması və yerinə yetirilməsi, modelin adekvatlığının yoxlanılması və nəticələrin analizi barədə yanaşmaları təqdim edir.

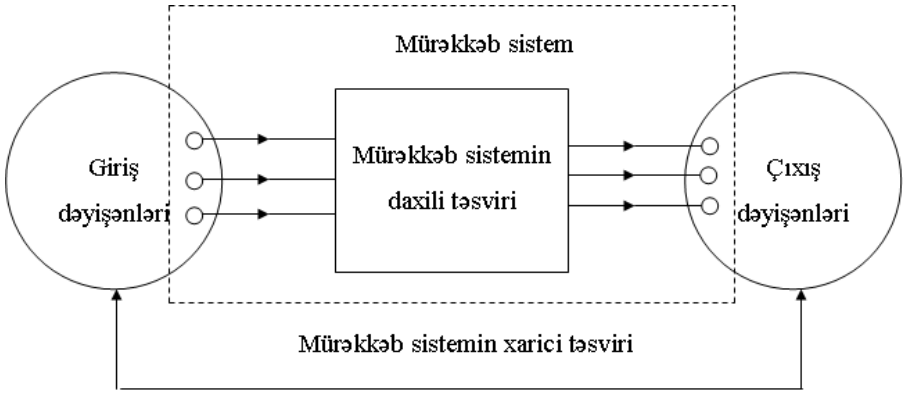
Modelləşdirmənin əsas anlayışlarından biri sistemin vəziyyəti anlayışdır. Dinamiki sistemlərin fəaliyyətinin təsviri üçün «vəziyyət» anlayışı ilk dəfə 1936-cı ildə A.Tyuring tərəfindən təklif edilmişdir.

Sistemə baxıldıqda onu təsvir edən bütün dəyişənlərin üç qrupa bölünməsi məqsədəuyğun hesab edilir: giriş dəyişənləri və təsirlər (tədqiq olunan sistemə görə xarici informasiyalar); çıxış dəyişənləri (sistemin fəaliyyətinin bəzi məsələlərini xarakterizə edən və girişə reaksiya verən informasiya); sistemin dinamik fəaliyyətini xarakterizə edən vəziyyətlər dəyişənləri.

Şəkil 5.1-də göstərilmiş mürəkkəb sistemin struktur-sxemindən görüldüyü kimi sistemi daxili və xarici təsvirlərlə fərqləndirirlər [7]. Sistemin xarici təsviri dedikdə, onun giriş-çıxış münasibətləri nəzərdə tutulur. Bu halda sistemə «qara qutu» kimi baxılır ki, onun da girişləri və onlara uyğun çıxışları məlum olur. Girişlərin çıxışlara çevrilməsi mexanizmi, eyni zamanda idarəetmə alt sistemlərinin alqoritmləri məlum deyildir. İdarəetmə alt sistemlərinin alqoritmləri, yəni mürəkkəb sistemin xarici təsvir yanaşmaları, adətən, kifayət qədər abstrakt şəkildə olurlar və sistemin vəziyyətlər dəyişənləri tədqiqatçıdan gizli şəkildə cərəyan edirlər.

Xarici təsvirdən fərqli olaraq, sistemin daxili təsvirində onun elementlərinin tam yazılışı, xassə və əlaqələri və s. öz əksini tapır. Sistemin daxili təsviri böyük həcmli olur və sistemdə baş verən

proseslər haqqında daha çox informasiyaya malikdir. Mürəkkəb sistemin daxilində müxtəlif üsullarla bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə olan yüzlərlə dəyişənlər olur. Bu dəyişənlər sistemin strukturunu xarakterizə edən əlaqələrə və ya ayrı-ayrı alt sistemlərə aid olurlar. Göründüyü kimi sistemin daxili modeli onun xarici modelini yaradır.



Şəkil 5.1. Mürəkkəb sistemin struktur sxemi

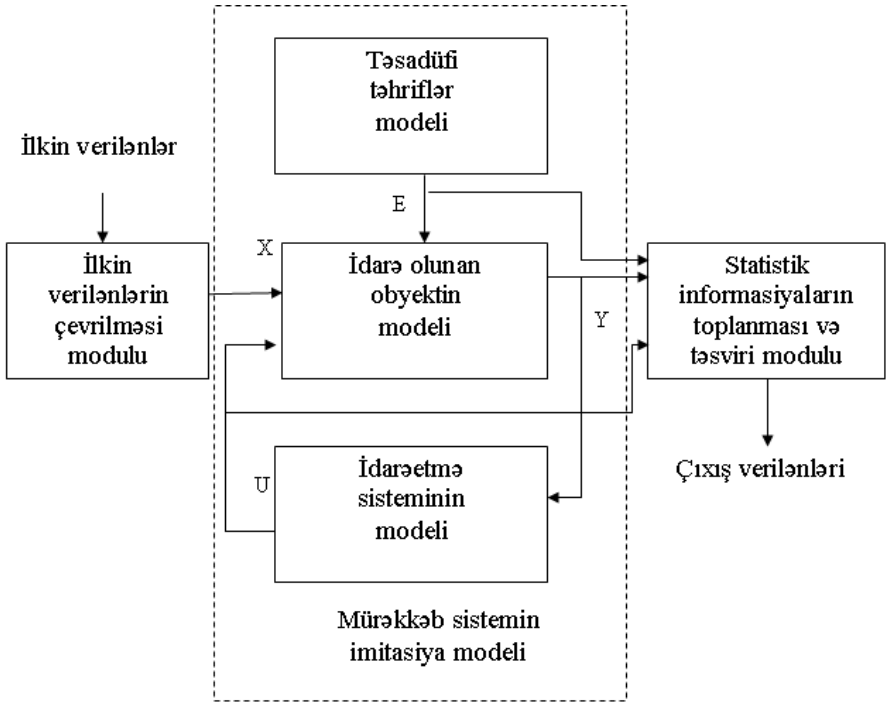
## 5.2. Diskret xarakterli mürəkkəb sistemin imitasiya modeli

Mürəkkəb sistemin diskretliliyi dedikdə, nəzərdə tutulur ki, elə sayda vaxt momentləri çoxluğu  $(t_1, t_2, \dots, t_i, t_{i+1}, \dots, t_N)$  mövcuddur ki, həmin vaxtlarda  $X, Y, U, E$  və  $V$  parametrlərinin qiymətləri dəyişir.  $[t_i, t_{i+1}]$  vaxt intervalında, göstərilən parametrlərin qiymətləri dəyişmir və  $t_i$  momentindəki qiymətlərə malik olurlar.

Mürəkkəb sistemin imitasiya modelini şərti olaraq bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə olan və məntiqi başa çatmış funksiyaları yerinə yetirən üç əsas model şəklində təsvir etmək olar (şəkil 5.2):

İdarə olunan obyektin modelinin girişinə üç əsas giriş parametrləri təsir edir:  $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$  – nəzarət olunan, ancaq idarəolunmayan giriş verilənləri;  $U=(u_1, u_2, \dots, u_m)$  – nəzarət olunan və idarə olunan verilənlər;  $E=(e_1, e_2, \dots, e_q)$  – təsadüfi təhriflər.  $Y=(y_1, y_2, \dots, y_k)$  – sistemi xarakterizə edən çıxış dəyişənləri.  $U$  eyni zamanda

idarə sisteminin çıxışıdır, E isə təsadüfi ədədlər vericilərinin çıxışıdır (daxili təsadüfi təhriflər modeli).



Şəkil 5.2. Mürəkkəb sistemin imitasiya modelinin arxitekturası

Sistem arzu olunan vəziyyətlərdən hər hansı birində ola bilər. Bu arzu olunan vəziyyətlər çoxluğunu vektor şəklində təsvir etmək olar,  $V=(v_1, v_2, \dots, v_s)$ ,  $V \in \Omega$  - sistemin mümkün olan vəziyyətlər fəzası. Qeyd edək ki, hər hansı real obyektin imitasiya modelini tədqiq etdikdə, onun bütün vəziyyətlər fəzasını təyin etmək vacib deyil. Məs. benzindoldurma stansiyasının modelini kütləvi xidmət sisteminin terminləri ilə təsvir etmək olar: xidmət qurğuları, növbələr, xidmətə sifariş və s. Ancaq sistemin elementlərinin dinamikasını öyrənən sistem analitiklərindən predmet sahəsinin



anlayışlarından, məhfumlarından istifadə etmək məqsədəuyğun hesab olunur. Bu halda predmet sahəsini yaxşı bilən, ancaq imitasiya modelləşdirilməsi metodlarını bilməyən mütəxəssislərin biliklərindən imitasiya eksperimentlərində istifadə oluna bilər.

Layihə edən İM dilindən və modelin daxili təsvirindən istifadə edərək diskret sistemin imitasiya modelini yaradır. Bu halda o vəziyyət dəyişənlərini seçir və girişin çıxışa çevrilməsinin məntiqini təsvir edir.

Diskret sistemin İM-in layihələndirilməsi prosesində layihə edən sistemin strukturu və dinamik mürəkkəbliyi, eyni zamanda idarə olunmasının mürəkkəbliyi məsələləri ilə qarşılaşır. Bu halda o sistemi məntiqi başa çatmış funksiyaları yerinə yetirən alt sistemlərə bölməli (dekompozisiya) və ayrı-ayrı alt sistemlərin idarə olunmasının ierarxik aspektlərini nəzərə almalıdır.

Əgər sistemin cari vəziyyəti ( $Y_i$ ), girişi ( $X_{i+1}$ ), idarəolunan verilənlər ( $U_{i+1}$ ) və təsadüfi təhriflərin ( $E_{i+1}$ ) cari qiymətləri məlumdursa, onda sistemin xarici təsvirini əks etdirən model onun imitasiyasını təmin edən  $Y_{i+1}$  çıxışının qiymətini təyin etməyə imkan verir, yəni aşağıdakı rekurrent münasibətlərlə təyin edilir:

$$Y_{i+1}=F(Y_i, X_{i+1}, U_{i+1}, E_{i+1}), i=1,2,\dots,n, \quad (5.1)$$

burada  $F$  – imitasiya modelinin operatorudur (proqramı).

Sistemin daxili təsviri üçün İM aşağıdakı münasibəti realizə etməlidir:

$$V_{i+1}=F(V_i, Y_i, X_{i+1}), i=1, 2,\dots,N$$

Diskret xarakterli sistemlərdə sistemin  $t_i$  vaxt momentində onun ( $i-1$ ) vəziyyətindən  $i$  vəziyyətinə keçməsi ani halda (sıçrayışla) yerinə yetirilir və bölünməz hadisə kimi özünü göstərir (yəni bu hadisə yarımqıç şəkildə ola bilməz):

$$V_{i-1} \xrightarrow{F} V_i, \quad i = 1,2,\dots,N$$

Sistem analitik imitasiya eksperimentlərini kompüterdə yerinə

yetirdikdə sistemin xarici təsirindən istifadə edir. Bu halda o, X girişini verməklə onu maraqlandıran çıxış dəyişənlərini əldə edir. Bu halda eksperimenti yerinə yetirəndə modelin daxilində baş verənlər haqqında heç bir informasiya olmur, yəni giriş dəyişənlərinin çıxış dəyişənlərinə çevrilməsi prosesi gizli şəkildə həyata keçirilir. Odur ki, prosesləri dinamikada təsdiq etmək üçün İM-in nəticələrini monitorda əks etdirən animasiya üsullarından istifadə edilir.

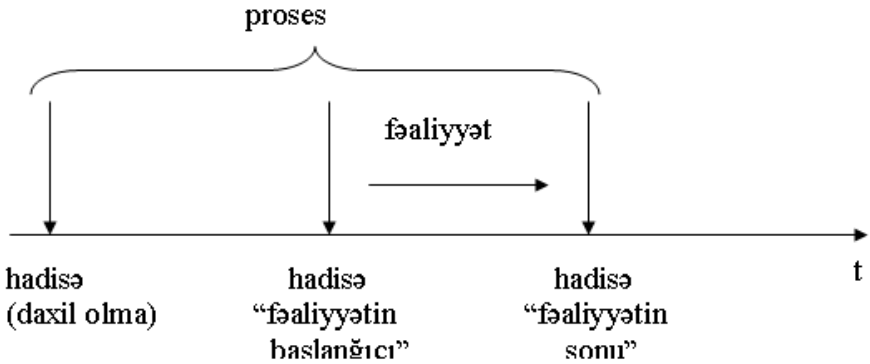
### **5.3. Mürəkkəb sistemdə baş verən proseslər haqqında**

Təcrübə göstərir ki, mürəkkəb sistemin riyazi modelinin yaradılması əhəmiyyətli çətinliklərlə müşayiət olunur. Əksər hallarda bu, onunla izah olunur ki, sistem və onda baş verən proseslər haqqında biliklər kifayət qədər öyrənilmədiyindən, onun giriş və çıxışları arasındakı kəmiyyət əlaqələrini yaradan riyazi aparat təyin olunmur.

Bu nöqtəyi-nəzərdən mürəkkəb sistemin işlənməsində birinci məsələ sistemdə baş verən proseslərin öyrənilməsi və formalizasiyası nəticəsində onun konseptual modelinin qurulmasıdır.

Mürəkkəb sistemin fəaliyyətini təsvir etmək üçün layihə edəni maraqlandıran hadisə və fəaliyyətlərin yazılışını tərtib etmək və onlardan əlifbasını yaradaraq hər bir parametri adlandırmaq lazımdır. Bu halda tədqiqatçı üçün maraqlı olmayan hadisə və fəaliyyətlərə baxılmadığından, əlifbanın seçilməsi mürəkkəb sistemi sadələşdirir.

Mürəkkəb sistemdə hadisə dedikdə, zaman nöqtəyi-nəzərindən ani baş verən fəaliyyətlər ardıcılığı başa düşülür. Fəaliyyət, realizasiyası üçün müəyyən zaman intervalı tələb olunan iki hadisə - başlanğıc və son ilə əlaqədar təyin olunur. Fəaliyyətin sürəkliliyi çoxlu sayda səbəblərdən asılıdır: onun başlama vaxtından, istifadə olunan resurslardan, idarəetmə xarakteristikalarından, təsadüfi faktorların təsirindən və s. Qeyd edək ki, fəaliyyət müddətində müxtəlif hadisələr yarana bilər və fəaliyyət vaxtından əvvəl başa çatar. Fəaliyyətlərin ardıcılığı mürəkkəb sistemin proseslərini yaradır (şəkil 5.3).



Şəkil 5.3. Proses, fəaliyyət və hadisələr arasındakı qarşılıqlı əlaqə

Mürəkkəb sistemdə iki və daha çox hadisələr bir-biri ilə zaman nöqtəyi-nəzərindən kəsişə bilirlər. Onlar mürəkkəb sistemin ümumi resurslardan eyni zamanda istifadə etmədikdə və bir-birini resurslarla təmin etmədikdə, tam şəkildə bir-birindən asılı olmaya bilirlər. Əgər fəaliyyətlər ümumi resurslardan istifadə edirlərsə və giriş-çıxışlarla əlaqədədirlərsə, onda tam və ya qismən sinxronlaşdırılmalıdırlar.

Göründüyü kimi, mürəkkəb sistemin xarakterik xüsusiyyəti kimi onun tərkibində paralel qarşılıqlı əlaqəli proseslərin olduğunu göstərmək olar. Bu proseslər bir-birindən asılı olmayaraq eyni zaman intervalında fəaliyyətdə olurlar və müxtəlif vaxtlarda bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə ola bilirlər. Proseslərin paralellik prinsipləri onların təşkilati və idarəolunma səviyyələrində realizə olunurlar.

5.3. Alt fəslində diskret sistemin zamanla sinxronlaşdırılmış modelində hadisələr vaxt intervalının təyin olunmuş momentləri ilə bağlıdır ki, bu halda istehsal sisteminin bütün resurslarının vəziyyətləri eyni zamanda dəyişilir. Vəziyyətlərin dəyişməsi ardıcılıqla yerinə yetirilir. Bu tip modelin mürəkkəb sistemin modelləşdirilməsi və idarəolunmasında istifadə olunmasının aşağıdakı çatışmamazlıqlarını göstərmək olar:

- proseslər paralel yerinə yetirildiyindən hadisələrin başlanğıc,

son və sürəklilik vaxtlarının təyin olunmasının çətinlikləri;

- hər hansı resursun vəziyyətinin dəyişməsi ilə modelin ümumi vəziyyətinin dəyişdirilməsinin tələb olunması ( baxmayaraq ki, əsasən cari vəziyyətin dəyişməsi lokal xarakter daşıyır və sistemin əsas hissəsinə təsir etmir. Bu isə modelin işinin operativliyini azaldır);

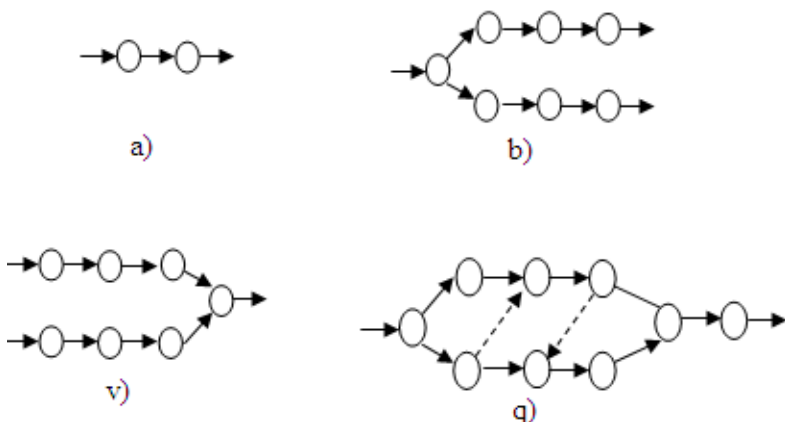
- hadisələr arasındakı nəticə əlaqələrinin əyaniliyinin kifayət qədər olmaması.

Zaman modellərindən imtina edərək səbəb-nəticə əlaqələrinə keçid mürəkkəb sistemin asinxron modellərlə təsvirinə imkan verir. Bu tip modellər və idarə üsulları aşağıdakı sistemlərin modelləşdirilməsində və tədqiqində yoxlanılıb və tətbiq edilib: paralel hesablama sistemləri; sonlu avtomatlar; Petri şəbəkələri və onların modifikasiyaları və s. Əksər mürəkkəb sistemlərdə bu üsullar özünü doğrultmur, belə ki, bu halda real sistemin təsvirində çox sayda sadələşdirilmələr tələb olunur. Bu isə düzgün olmayan nəticələrlə müşayiət olunur.

Mürəkkəb sistemlərdə proseslərin realizasiyası məhdud şəkildə resurslar çoxluğundan istifadə etməklə həyata keçirilir. Bu halda asinxron şəkildə fəaliyyətdə olan proseslərin (Q) daxilində qarşılıqlı əlaqədə olan resurslar çoxluqları və bir-biri ilə proseslərdən kənar qarşılıqlı əlaqədə olan R resurslar çoxluqları nəzərə alınmalıdır. Odur ki, mürəkkəb sistemdə idarəetmə göstərilən əlaqələrin tənzimlənməsi ilə yerinə yetirilməlidir. Yəni elə idarəetmə təsirləri yaradılmalıdır ki, onlar optimallığa yaxın və yaxud optimal səmərəlilik göstəriciləri ilə resurslara qoyulmuş məhdudiyyətlər və fəaliyyət qanunları çərçivəsində mürəkkəb sistemin işini yerinə yetirsin.

Mürəkkəb sistemin ayrı-ayrı proseslərini əyani şəkildə qraflarla təsvir etmək olar. Bu halda prosesin bir vəziyyətdən digərinə keçməsi qrafla təsvir olunur. Prosesin xüsusiyyətlərindən asılı olaraq qraf xətti, budaqlanan, bir yerdə toplanan və kombinə olunmuş strukturlarda ola bilər (şəkil 5.4).

Qrafların ilkin komponentləri proseslərin başlanğıc vəziyyətlərinə uyğun gəlir.



Şəkil 5.4. Mürəkkəb sistemin proseslərinin qrafları.

Ayrı-ayrı proseslərin qraflar çoxluğu mürəkkəb sistemin ümumi proseslərinin təsvirini verir. Əgər asinxron proseslər müəyyən dərəcədə sinxronlaşdırılıbsa, bu hal şərti keçidlərlə (qrafta qırıq xətlərlə göstərilmişdir) təsvir olunur ki, bu da resursların və ya idarəetmənin ötürülməsini göstərir.

Məlumdur ki, qoyulmuş məqsədə nail olmaq üçün mürəkkəb sistem idarəolunan olmalıdır. İdarəetmə (qərar qəbul etmə) ümumi prosesin giriş  $Y$ , qarşıya qoyulmuş məqsəd  $Z$ , prosesin həyata keçirildiyi ətraf mühitin vəziyyəti  $X$  haqqında informasiya əsasında yerinə yetirilir. Yaranmış situasiyada ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) qərar qəbul etmək üçün  $A$  idarə alqoritmi və obyektin idarə modeli  $F$  istifadə edilir.

$$U_i = A(X_i, Y_i, Z, F).$$

Beləliklə, mürəkkəb sistemi öyrənmək üçün o müxtəlif prizmalardan, özünü aparması və məqsədinin analizi ilə bərabər idarəolunmasının xüsusiyyətləri də nəzərə alınmaqla tədqiq edilməlidir. Odur ki, tədqiqatçı mürəkkəb sistemin İM-ni yaratdıqda ancaq onun daxili modelini deyil, eyni zamanda sistemin idarə alqoritmlərini də yaratmalıdır.

## NƏTİCƏ

Süni intellektin tədqiqat istiqamətləri informatikanın bir elmi fənn kimi formalaşmasında, informasiya emalı texnologiyalarının müasir səviyyəyə çatmasında, yeni arxitekturalı kompüterlərin yaradılmasında, modelləşdirmə alətlərinin qurulmasında və son nəticədə müasir intellektual sistemlər industriyasının meydana gəlməsində böyük uğurlar əldə etməyə imkan yaratdı.

Kağızsız informatikaya keçid, eyni zamanda çevik istehsal sahələrinin tətbiqi ilə “insanın iştirak etmədiyi” tam avtomatik istehsalların yaradılması məhz müasir informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı nəticəsində qismən reallaşdı və yaxın gələcəkdə tam başa çatdırılacaqdır.

Müstəqil Respublikamızın misalında informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının ictimai həyatın bütün sahələrinə geniş tətbiqi bu prosesə bariz misal ola bilər. Belə ki, Respublika iqtisadiyyatının bütün sahələrində, o cümlədən İKT istiqamətində perspektivdə görüləcək işlər Prezidentin 2012-ci il 29 dekabr Fərmanı ilə təsdiqlənən “Azərbaycan 2020: Gələcəyə baxış” inkişaf Konsepsiyasında öz əksini tapmışdır.

Sonda akademik G.S.Pospelova istinad edərək süni intellektin gələcək tədqiqat istiqamətlərini aşağıdakı kimi formalizə etmək olar.

Süni intellekt riyaziyyatçıların, bilik və texniki mühəndislərin, proqramçıların, filosofların, psixoloqların və insan cəmiyyətinin həyatının müxtəlif aspektləri ilə məşğul olan mütəxəssislərin birgə fəaliyyətləri ilə həllini tapan kompleks elmi-texniki problemdir.

## İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии / Пospelов Г.С. – М.: Наука, 1988. – 280 с., ил. – (Сер «Академические чтения»)
2. М.А.Ахмедов. Направления Создание интеллектуального интерфейса при новой технологии обработки информации// Научные известия Сумгаитского государственного университета. №1, 2001. стр. 59-63
3. Soft Computing. Учебное пособие для ВУЗ-ов по специальности «Автоматизированные системы обработки информации и управление». В трех частях. ч.1 «Нечеткие множества и системы» / Р.А.Алиев, Р.Р.Алиев. Баку, АГНА, 1996. – 121 с. ил
4. WWW.ikt.az
5. iktnews elektron xəbər xidmətləri portalı
6. М.А.Əhmədov. 2013-cü il Azərbaycanında “İnformasiya kommunikasiya texnologiyaları ilidir”: nailiyyətlər və perspektivlər / Respublika elmi-praktik konfransının materialları. Mingəçevir. 6-7 dekabr 2013-cü il. səh. 23-27.
7. Емельянов В.В., Ясиновский С.И. Имитационное моделирование систем: Учеб.пособие. – М.: Изд-во МГТУ им Н.Э.Баумана, 2009. – 584 с.: ил (Информатика в техническом университете).
8. Зиновьев В.В. Компьютерная имитация и анимация: Учеб. пособие/ Кузбасс гос.тех. ун-т – Кемерово, 2003.
9. Ахмедов М.А., Магомедли Х.М. Анализ моделирующих аппаратов функционирования мехатронных устройств гибкой производственной систем //Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. Астрахань, 2011, №1 (13), с.67-73.
10. Автоматное управление асинхронными процессами в ЭВМ и дискретных системах / Под ред. В.В. Варшавского. – М.: Наука. Гл. Ред. физ. – мат. лит., 1986.- 400 с.

11. Ахмедов М.А., Мустафаев В.А. Автоматизация моделирования применением сети Петри. Баку: Элм, 2007, 144 с.
12. Ахмедов М.А., Ахмедова С.М., Ахмедова Х.М. Автоматизированное проектирование гибких производственных систем с применением сети Петри// «Научные известия» Сумгаитского государственного университета. Том 2, №1, 2002, с. 47-50.
13. Лескин А.А., Мальцев П.А., Спиридонов А.М. Сети Петри в моделировании и управлении. – Л.: Наука, 1989, 133 с.
14. Məhəmmədli H.M. ÇİS-in idarəolunmasının avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsinin əsas xüsusiyyətlərinin analizi və tədqiqi // Sumqayıt Dövlət universitetinin “Elmi xəbərlər”i, cild 11, №1, 2011, səh. 120-126.
15. Кязимов Н.М., Магоммедли Х.М. Архитектура инструмента автоматизированного проектирования гибких производственных систем// Информационные технологии моделирования и управления. Воронеж. Научная книга. 2010, №3 (62). с. 371-378.
16. Мамедов Дж.Ф., Магоммедли Х.М. Моделирование ГПМ в виде конечных автоматов и исследование анализом основных свойств сети Петри / Сборник трудов по итогам XVI Международной открытой конференции «Современные проблемы информатизации в моделировании и социальных технологиях». Воронеж – 2011, Научная книга, выпуск 16, с. 260-264.
17. Mamedov Dj.F., Akhmedova S.M., Maqommedli H.M. Simulation and investigation of dynamical technical systemworking represented by final automat by means of Petri Network/ Materialu VII Mezinarodni Vedecko-Praktika ceonference, Praha, 27.06.2011-05.07.2011, p. 37-39.
18. Sadiqov Z.Ə., Məhəmmədli H.M. Produksiya modelləri ilə təsvir edilmiş giriş informasiyasının Petri şəbəkəsinə çevrilməsi alqoritmi / Труды шестой Международной научно-



технической конференции «Микроэлектронные преобразователи и приборы на их основе». Баку- Сумгаит, 2007, с. 155-156.

19. Пассанецки С. Технология разреженных матриц. Пер. с англ. М.: Мир, 1988, 410 с.
20. Əhmədov M.A., Əhmədova S.M., Məhəmmədli H.M., Xəlilov E.O. Mürəkkəb sistemlərin kompüter modelləşdirilməsi ilə tədqiqinin müasir vəziyyətinin təhlili// Sumqayıt Dövlət universitetinin “Elmi xəbərlər”i. Cild 12, №4, 2012. səh.88-95.
21. Лорьер Ж.Л. Системы искусственного интеллекта. Пер. с франц. М.: Мир.
22. Прицкер А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМ II. М.:Мир,1987.
23. Əhmədov M.A., Əhmədova S.M., Məhəmmədli H.M., Xəlilov E.O. Çevik istehsal sistemlərinin imitasiya modelləşdirilməsində süni intellekt üsullarının tətbiqinin müqayisəli analizi// Sumqayıt Dövlət universitetinin “Elmi xəbərlər”i., cild 13, №2, 2013.
24. Каган Б.М. Электронные вычислительные машины и системы. 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. 592 с. ил.
25. В.В.Емельянов, А.В.Урусов, П.А.Захаров, А.В.Барс. RAO-Studio для разработки имитационных моделей// Интеллектуальный САПР. №3, Том 38, 2004, стр.157-162.