

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

QEYRİ SƏLİS ZAMAN PETRİ ŞƏBƏKƏSİNİN TƏTBİQİ İLƏ MÜRƏKKƏB SİSTEMLƏRİN İDARƏETMƏ MODEL VƏ ALQORİTMLƏRİNİN İŞLƏNMƏSİ

İxtisas: 1203.01- Kompüter elmləri

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Məlahət Nəsiman qızı Salmanova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2021

Dissertasiya işi Sumqayıt Dövlət Universitetinin "İnformatika" kafedrasında yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbər:

texnika elmləri doktoru, professor
Valeh Azad oğlu Mustafayev

Rəsmi opponentlər:

AMEA-nın müxbir üzvü,
texnika elmləri doktoru, professor
Əminəğa Bəhmən oğlu Sadıqov

AMEA-nın müxbir üzvü,
texnika elmləri doktoru
Ramiz Məhəmməd oğlu Alıquliyev

texnika elmləri namizədi, dosent
Nizami Duman oğlu Cəfərov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının AMEA İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.20 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri.



akademik,
texnika elmləri doktoru, professor
Əli Məhəmməd oğlu Abbasov

Dissertasiya şurasının elmi katibi.

texnika elmləri doktoru, professor
Nailə Fuad qızı Musayeva

Elmi seminarın sədri:

texnika elmləri doktoru, dosent
Fəhrad Heydər oğlu Paşayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Modelləşdirmə aparatı kimi Petri şəbəkəsi(PŞ) və onun müxtəlif modifikasiyaları mürəkkəb paylanmış sistemlərin strukturunu, onların fəaliyyət proseslərinin məntiqi-zaman xüsusiyyətlərini adekvat təsvir etmə imkanına malikdir. PŞ-nin müxtəlif modifikasiyaları sistemin strukturu və fəaliyyət dinamikasının analizini “şərt-hadisə” anlayışları ilə təsvir edən riyazi modelləri təmsil edir. PŞ modelləri, modelləşdirilən sistemin fəaliyyətini, onların strukturunun optimallığını, fəaliyyət prosesinin effektivliyini, həmçinin fəaliyyət prosesində müəyyən vəziyyətlərə nail olmaq imkanlarını tədqiq etməyə imkan verir. PŞ və onun ümumiləşmələri asinxron, paralel paylanmış və qeyri determinik proseslərin modelləşdirilməsi üçün əlverişli modelləşdirmə vasitəsi olub, sistemin fəaliyyət dinamikasını və onun təşkil etdiyi elementləri aydın təsvir edir. PŞ-nin müxtəlif növləri və genişlənmələri mövcuddur ki, onlara PŞ-nin zaman, rəngli, cəbri və digər modifikasiyaları daxildir. PŞ-nin genişlənmələri və iyerarxik əlavələrinin xüsusiyyətləri, mürəkkəb sistem və proseslərin zəruri dekompozisiyasını təmin edərək müxtəlif detallaşdırılma dərəcəsinə malik modellərə baxılmasına imkan verir.

Bu sinif modellər qeyri müəyyənlik faktorlarının təsiri olmadan modelləşdirilən sistemlərin strukturunu və fəaliyyət dinamikasını təsvir etməyə imkan verir. PŞ-nin struktur əlaqələri və fəaliyyət dinamikası haqqında qeyd edilən yanaşma bu sinif modellərin praktik istifadə imkanlarını məhdudlaşdırır və predmet sahəsinə aid biliklərin bəzi aspektlərini adekvat şəkildə təsvir etmir. PŞ-nin müxtəlif determinik növləri və ümumiləşmələrinə qeyri müəyyənliyin təsvirinin daxil edilməsi, PŞ-nin müvafiq siniflərinin başlanğıc formalizminin hər bir əsas komponentinə görə müxtəlif üsullarla reallaşdırıla bilər. Bu halda qeyri müəyyənliyin müxtəlif formalarına(stoxastik, qeyri səlis, birləşdirilmiş) baxmaq mümkündür və bu yolla davam edərək qeyri müəyyənliyə malik PŞ-nin müvafiq formalizminin bir neçə genişlənmiş variantını almaq olar. Qeyri səlis PŞ(QSPŞ)-nin biliklərə əsaslanan, qeyri müəyyənliyə, qeyri səlisliyə malik sistemlərin tədqiqi, modelləşdirilməsi və idarə olunmasında

tətbiqi uğurlu sayılsa da, onun nəzəri tədqiqatlarında bir sıra problemlər mövcuddur. Növbəti tədqiqatların aparılması üçün, QSPŞ-nin əsas dinamik əlaqəli xassələri araşdırılır. Əvvəlcə QSPŞ-nin, PŞ-nin genişlənmiş formalizmi olmasını təsdiqləyən elementar şəbəkə ilə genişlənmənin əks-uyğunlaşma metodunu ifadə edən müqayisəsi aparılır. Sonra dinamik xüsusiyyətlərin cari nəticələri QSPŞ modellərinin analizində istifadə olunur. Nəticələr onu göstərir ki, QSPŞ modelləri məhdudluq, təhlükəsizlik, yetərlilik və s. digər xassələrin analizi üçün bir-biri ilə əlaqəli bölünmə alqoritmlərinin işlənməsində nəzəri tədqiqatların aparılmasını zəruri edir. Bu baxımdan hesablama və informasiya texnologiyalarının inkişafı mövcud modelləşdirmə metodlarının və riyazi aparatlarının təkmilləşdirilməsini tələb edir. PŞ-nin modifikasiya edilmiş genişlənmələri qeyri səlis çoxluqlar nəzəriyyəsinin, qeyri səlis məntiq aparatının tətbiqi ilə mürəkkəb quruluşa və məntiqi fəaliyyətə malik modellərin qurulmasında və produksiya qaydaları əsasında idarə olunmasında istifadə olunur. Bu isə mürəkkəb paralel paylanan real zaman rejimli asinxron proseslərin modelləşdirilməsi üçün QSPŞ-nin müxtəlif genişlənmələrinin yaradılmasını və tətbiqini aktuallaşdırır.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiya işinin məqsədi zaman, rəngli zaman, üçbucaq qeyri səlis zaman, trapesiyaşəkilli qeyri səlis zaman, V_f tipli qeyri səlis zaman Petri şəbəkələrinin tətbiqi ilə mürəkkəb sistemlərin tədqiqi, modelləşdirilməsi, idarə olunmasının model və alqoritmlərinin işlənməsidir.

Tədqiqatın metodları. Qoyulmuş məsələlərin həlli zamanı PŞ nəzəriyyəsi, matrislər nəzəriyyəsi, qraflar nəzəriyyəsi, qeyri səlis çoxluqlar nəzəriyyəsi, formal dillər nəzəriyyəsi, süni intellektin müasir konsepsiya və metodları istifadə edilmişdir.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar:

➤ real zaman rejimli dinamik əlaqəli paralel proseslərin tədqiqi və idarəedilməsi üçün modelləşdirmə aparatlarının təsnifatı və sistemləşdirilməsi;

➤ zaman PŞ(ZPŞ), rəngli zaman PŞ(RZPŞ)-nin fəaliyyəti, analizi və struktur elementlərinin hesablanması alqoritmləri;

➤ üçbucaq və trapesiyaşəkilli qeyri səlis zaman PŞ(QSZPŞ)-nin

fəaliyyəti, analizi və struktur elementlərinin hesablanması alqoritmləri;

➤ V_f tipli QSPŞ və V_f tipli QSZPŞ-nin fəaliyyəti, analizi və struktur elementlərinin hesablanması alqoritmləri;

➤ ZPŞ şəklində mexaniki emal istehsal sistemində emal qurğularının idarəetmə modeli; RZPŞ şəklində mexaniki emal mərkəzində emal qurğularının və nəqliyyat manipulyatorunun idarəetmə modelləri; RZPŞ şəklində mexaniki emal mərkəzində nəqliyyat manipulyatorlarının fəaliyyətinin sinxronlaşdırılması modeli;

➤ V_f tipli QSPŞ və V_f tipli QSZPŞ şəklində mexaniki emal istehsal sistemində paralel işləyən emal qurğularının idarəetmə modeli;

➤ RZPŞ və V_f tipli QSZPŞ-nin fəaliyyəti üçün produksiyalar qaydasına əsaslanan qərar qəbuletmə modelləri;

➤ QSZPŞ-nin tətbiqi ilə mürəkkəb sistemlərin modelləşdirilməsinin proqram təminatı sistemi.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Dissertasiya işinin elmi yenilikləri aşağıdakılardan ibarətdir:

➤ ZPŞ və RZPŞ-nin fəaliyyəti, analizi və struktur elementlərinin hesablanması alqoritmləri təklif edilmiş və işlənmişdir.

➤ Mexaniki emal istehsal sistemində emal qurğularının idarəetmə modeli ZPŞ şəklində işlənmişdir. Mexaniki emal mərkəzində nəqliyyat manipulyatorlarının fəaliyyətinin sinxronlaşdırılması modeli, emal qurğularının və nəqliyyat manipulyatorunun idarəetmə modelləri RZPŞ şəklində işlənmişdir.

➤ Üçbucaq və trapesiyaşəkilli QSZPŞ-nin fəaliyyəti, analizi və struktur elementlərinin hesablanması alqoritmləri təklif edilmiş və işlənmişdir.

➤ Dövri işləyən robototexnoloji kompleksin idarəetmə modeli üçbucaq QSZPŞ şəklində, mexaniki emal istehsal sistemində paralel fəaliyyətli emal qurğularının idarəetmə modeli trapesiyaşəkilli QSZPŞ şəklində işlənmişdir.

➤ Mövqeləri qeyri səlis markerləşməyə malik V_f tipli QSPŞ və V_f tipli QSZPŞ-nin fəaliyyəti, analizi və struktur elementlərinin hesablanması alqoritmləri təklif edilmiş və işlənmişdir.

➤ Mexaniki emal istehsal sistemində paralel işləyən emal qurğularının idarəetmə modeli V_f tipli QSPŞ və V_f tipli QSZPŞ şəklində işlənmişdir.

➤ RZPŞ və V_f tipli QSZPŞ-nin fəaliyyəti üçün produksiyalar qaydasına əsaslanan qərar qəbuletmə modelləri işlənmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiya işinin praktik əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, alınmış elmi-praktik nəticələr, təklif olunmuş yanaşma və alqoritmlər çevik istehsal sistemlərinin layihələndirilməsində, süni intellekt texnologiyasında, idarəetmədə, nəzəri proqramlaşdırmada, mürəkkəb və qeyri səlis şəraitdə fəaliyyət göstərən dinamik əlaqəli paralel proseslərin modelləşdirilməsi və tədqiqində istifadə oluna bilər.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı Respublika və Beynəlxalq elmi-texniki konfranslarda müzakirə edilmişdir: The Third International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics” (Baku, September 6-8, 2010); Республиканская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы автоматизации и управления» (Баку, 27 декабрь, 2012); III Республиканская научная конференция «Задачи прикладной математики и новые информационные технологии» (Сумгаит, 15-16 декабрь, 2016); I Республиканская конференция «Актуальные научно-практические проблемы программной инженерии» (Баку, 17 май, 2017); Международная научная конференция «Теоретические и прикладные проблемы математики» (Сумгаит, 25-26 май, 2017); XII Международная конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы математики и информатики» (Махачкала, 19-22 сентябрь, 2017); Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XXI respublika elmi konfransı (Bakı, 24-25 oktyabr, 2017); IV научно-практическая международная конференция молодых ученых «Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук» (Тольятти, 23-25 апрель, 2018); Международная научная конференция «Информационные системы и технологии: достижения и перспективы» (Сумгаит, 15-16 ноябрь, 2018); Международная научно-практическая конференция по возможностям и

перспективам информационных технологий и систем в строительстве (Баку, 05-06 июль, 2018); II Всероссийская научная конференция «Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения» с международным участием (Тольятти, 22-24 апрель, 2019); V Международная научно-практическая конференция молодых ученых «Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук» (Тольятти, 22-24 апрель, 2019); 21-я Международная конференция по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (Алушта, 24-31 мая, 2019); 14th International Conference on Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2019)(Minsk, 21-23 may, 2019); XXXII международная научная конференция математические методы в технике и технологиях (ММТТ-32)(Санкт Петербург, 3-7 июнь 2019); XIII Международная конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы математики и информатики» (Махачкала, 16-20 сентябрь , 2019); The 7th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications (COIA 2020)(Baku, 26-28 august, 2020).

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Sumqayıt Dövlət Universitetinin İnformatika kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiya işinin həcmi və strukturu. Dissertasiya girişdən, dörd fəsildən, nəticədən, istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından və əlavələrdən ibarətdir. İşin əsas məzmunu 129 səhifə, 25 şəkil və 3 cədvəldən ibarətdir. Ədəbiyyat siyahısında 105 adda mənbə göstərilmişdir. Dissertasiya işinin ümumi və struktur bölmələrinin işarə ilə həcmi təqribi olaraq aşağıdakı qaydada paylanmışdır:

- Ümumi–211000 işarə
- Giriş–16000 işarə
- Birinci fəsil–42000 işarə
- İkinci fəsil–58000 işarə
- Üçüncü fəsil–78000 işarə
- Dördüncü fəsil–15000 işarə
- Nəticə –2200 işarə

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatların məqsədi və istiqamətləri müəyyənləşdirilmiş, həlli tələb olunan əsas məsələlər təyin edilmiş, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar verilmiş, alınmış nəticələrin elmi yenilikləri və praktiki əhəmiyyəti göstərilmişdir.

Birinci fəsilə mürəkkəb paralel paylanan proseslərin tədqiqi və modelləşdirilməsinin müasir vəziyyətinin analizi məqsədi ilə ədəbiyyat mənbələri araşdırılmışdır. Göstərilmişdir ki, mürəkkəb sistemlərin tədqiqi, modelləşdirilməsi və idarə olunması mövcud modelləşdirmə metodlarının təkmilləşdirilməsini, müasir hesablama texnologiyalarına əsaslanan riyazi modelləşdirmə aparatlarının yaradılmasını zəruri edir. Araşdırmalar nəticəsində bir sıra nəzəri və praktiki əhəmiyyət kəsb edən həll edilməmiş məsələlər aşkar edilmişdir: real zaman rejimli asinxron proseslərin təsnifatı və sistemləşdirilməsində, modelin strukturuna zaman parametrlərinin daxil edilməsi və təsvir olunmasında vahid yanaşmanın mövcud olmaması; sistemdə baza verilənləri kimi hadisələrin səbəb-nəticə əlaqələrinin mürəkkəb məntiqi ifadələrlə təsviri və onların qeyri səlis xarakteri; hadisələrin başlanma zamanı momentləri, yerinə yetirilmə intervalları, dayaq momentləri parametrlərinin dəqiq ədədi kəmiyyətlərlə verilməsinin, təsvirinin mürəkkəbliyi və yaxud mümkünsüzlüyü. Elementləri paralel paylanan asinxron sistemlərin tədqiqi və modelləşdirilməsi prosesində predmet sahəsinin sistemli təhlili, verilənlərin strukturlaşdırılması, modelləşdirilmə mühitində istifadə olunan formaya çevrilməsi bu məsələlərin həllini əhəmiyyətli dərəcədə sadələşdirir və modelləşdirmənin effektivliyini artırır. Aparılmış təhlil və araşdırmaların nəticəsi göstərir ki, qeyri müəyyənlik, qeyri səlislik, zaman, resurs, dəyər və digər məhdudiyyətlərlə əlaqəli obyektlərin müxtəlif xarakteristikalarının qiymətləndirilməsi, “səbəb-nəticə” əlaqələri şəklində verilənlərin analizi məsələlərinin həlli, dinamik əlaqəli paralel proseslərin idarə olunmasında məntiqi uyğunsuzluğun aradan qaldırılması üçün riyazi modelləşdirmə aparatı kimi PŞ-nin genişlənmələrinin, müxtəlif genişlənmələrin struktur elementlərinin birləşdirilərək yeni modifikasiyaların yaradılması və tətbiqi perspektiv istiqamətdir.

Zaman, rəngli zaman, üçbucaq qeyri səlis zaman, trapesiyaşəkilli qeyri səlis zaman, V_f tipli qeyri səlis və V_f tipli qeyri səlis zaman PŞ-nin genişlənmələrinin modelləşdirmə aparatı kimi seçilməsi əsaslandırılmışdır.

İkinci fəsil ZPŞ-nin genişlənmələrinin tətbiqi ilə mürəkkəb paralel paylanan sistemlərin modelləşdirilməsinə həsr edilmişdir. Göstərilmişdir ki, ZPŞ-nin tətbiqi ilə modelləşdirilən real zaman rejimli sistemlərə qoyulan məhdudiyyətlər şəbəkənin mövqe və keçidlərinin zaman gecikmələrinə qoyulan şərtlərə uyğundur. Qeyd edilir ki, prioritetli hadisələrin modelləşdirilməsinin imkansızlığı, paralel paylanan proseslərin təsviri üçün mövqe və keçidlərin sayının əhəmiyyətli dərəcədə artması, zaman parametrlərinin aşkar şəkildə verilməməsi PŞ-nin modelləşdirmə imkanlarını məhdudlaşdırır. Bu çatızmazlıqların aradan qaldırılması PŞ-nin universal genişlənmələrindən biri olan RZPŞ-nin tətbiqi ilə mümkündür. RZPŞ hadisələr ardıcılığını təsvir edir, keçidlər ardıcılığını izləyir və tənzimləyir, mürəkkəb sistemlərin fəaliyyəti prosesində eyni zamanda bir neçə paralel hadisəni modelləşdirir, rənglər çoxluğuna əsaslanan verilənləri tipləşdirir, şəbəkənin mövqe və keçidlərinin sayını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır, modelləşdirmə prosesini sadələşdirir və sürətləndirir. Bu məqsədlə RZPŞ-nin fəaliyyəti, keçidlərin yerinə yetirilməsi və mövqelərdə markerlərin paylanması qaydaları verilmişdir. Verilmiş qaydalara uyğun ZPŞ, RZPŞ-nin fəaliyyəti, analizi və struktur elementlərinin hesablanması alqoritmləri təklif edilmiş və işlənmişdir. Təklif olunan alqoritmlərin tətbiqi ilə mexaniki emal sistemində emal mərkəzi istehsal modulunun idarəetmə modeli ZPŞ və RZPŞ şəklində, mexaniki emal mərkəzində nəqliyyat manipulyatorunun idarəetmə və nəqliyyat manipulyatorlarının fəaliyyətinin sinxronlaşdırılması modelləri RZPŞ şəklində, həmçinin RZPŞ-nin fəaliyyəti üçün produksiyalar qaydasına əsaslanan qərar qəbuletmə modeli işlənmişdir.

➤ **ZPŞ-nin fəaliyyəti, analizi və struktur elementlərinin hesablanması alqritmi**

Alqoritmın başlanğıcı

Addım 1. Keçidlər çoxluğunun $n \times m$ ölçülü giriş insidentlik matrisinin yaradılması:

$$c_{i,j}^- = \begin{cases} w(p_i, t_j), & \text{яэяp } \forall p_i \in I(t_j); \\ 0, & \text{яэяp } \forall p_i \notin I(t_j), \end{cases}$$

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

Addım 2. Keçidlər çoxluğunun $m \times n$ ölçülü çıxış insidentlik matrisinin yaradılması:

$$c_{i,j}^+ = \begin{cases} w(t_j, p_i), & \text{яэяp } \forall p_i \in O(t_j); \\ 0, & \text{яэяp } \forall p_i \notin O(t_j), \end{cases}$$

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

Addım 3. μ^0 başlanğıc markerləşmə vektorunun yaradılması:

$$\mu_i^0 = \mu^0(p_i), (i = \overline{1, n}).$$

Addım 4. Mövqelərdəki markerlərin gecikmə vektorunun yaradılması:

$$z = (z_1, z_2, \dots, z_n).$$

Addım 5. İcazəli keçidlərin yerinə yetirilmə zamanı vektorunun yaradılması:

$$s = (s_1, s_2, \dots, s_m).$$

Addım 6. $\tau = 0$ şəbəkənin fəaliyyətinin başlanğıc anının qeyd olunduğu zaman.

Addım 7. $\mu_{\tau i} = \mu_i^0$, $i = \overline{1, n}$ şəbəkənin cari markerləşməsi qəbul edilir.

Addım 8. İcazəli keçidin axtarışı: hər bir $t_j, j = \overline{1, m}$ keçidi üçün yerinə yetirilmə şərti yoxlanılır:

8.1. Əgər t_j keçidinin $c_{ij}^- \neq 0$ olan bütün giriş mövqeləri üçün $\mu_{\tau i} \geq c_{ij}^-$, $i = \overline{1, n}$ şərti ödənirsə, onda t_j keçidi icazəlidir və 9-cu addıma keçid edilir, əks halda j indeksi bir vahid artırılır: $j = j + 1$.

8.2. Əgər $j \leq m$ şərti ödənirsə onda 8-ci addıma keçid edilir, əks halda tupik vəziyyət elan olunur və alqoritmin sonuna keçid edilir.

Addım 9. t_j keçidinin giriş mövqeləri üzrə markerlərin maksimal bloklanma müddətinin hesablanması:

9.1. $z_{\max} = 0$;

9.2. Əgər bütün $p_i \in I(t_j)$ mövqeləri üçün $z_i > z_{\max}$ şərti ödənirsə, onda $z_{\max} = z_i$ qəbul edilir.

Addım 10. t_j keçidinin yerinə yetirilmə zamanı hesablanır:

$$\tau = \tau + z_{\max} + s_j;$$

Addım 11. Yeni markerləşmə vektorunun yaradılması:

$$\mu'_{\tau i} = \mu_{\tau i} - c_{ij}^-, \forall p_i \in I(t_j)$$

$$\mu'_{\tau i} = \mu_{\tau i} + c_{ij}^+, \forall p_i \in O(t_j).$$

Addım 12. Yeni markerləşmə cari markerləşmə qəbul edilir:

$\mu_{\tau i} = \mu'_{\tau i}$, $i = \overline{1, n}$; və 8-ci addıma keçid edilir.

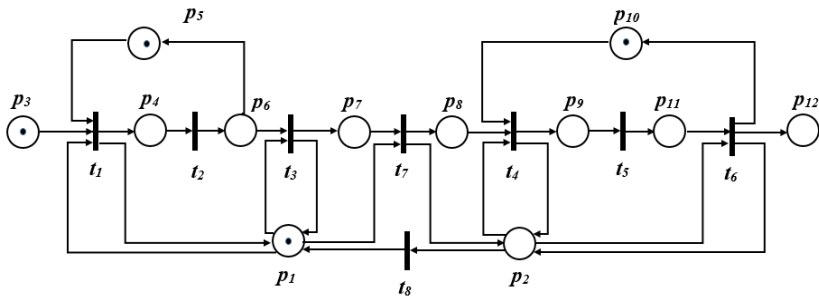
Alqoritmin sonu.

➤ **Mexaniki emal istehsal sistemində emal qurğularının zaman PŞ şəklində idarəetmə modeli**

Emaledici mərkəz(EM) emal olunmamış detallar üçün bir fərdi giriş saxlayıcısından, detallar üzərində iki müxtəlif əməliyyatları yerinə yetirən qurğu1 və qurğu2-dən, qurğu1 və qurğu2-nin uyğun olaraq yüklənməsi – boşaldılmasını icra edən robot – manipulyator-dan(RM) və emal olunmuş detallar üçün fərdi çıxış saxlayıcısından ibarətdir. Modulun özündən əvvəlki və özündən sonrakı modullarla əlaqəsi uyğun olaraq yuxarıda qeyd olunan saxlayıcılarla həyata keçirilir.

Modul aşağıdakı qaydada işləyir: emal edilməmiş detallar giriş saxlayıcısına daxil edilir və emal prosesini gözləyir; giriş saxlayıcısında detal olduqda RM qurğu1-i yükləyir; emal olunduqdan sonra detallar boşaldılır; sonra qurğu2 yüklənir; detalların emalından sonra qurğu2 boşaldılır və dövr təkrar olunur.

ZPŞ-nin təbiiqi ilə təsvir olunmuş modeldə(şək.1), modelin vəziyyəti aşağıdakı mövqelər ilə təsvir olunur: p_1 və p_2 – uyğun olaraq qurğu1 və qurğu2-yə xidmət rejimi; p_3 – emal edilməmiş detalların giriş saxlayıcısı; p_4 və p_8 – uyğun olaraq qurğu1 və qurğu2-nin yüklənməsi; p_5 və p_{10} – uyğun olaraq qurğu1 və qurğu2-nin bir detal üzərində bir əməliyyatın yerinə yetirilməsinə hazırlıq rejimi;



Şəkil 1. Mexaniki emal istehsal sistemində emal mərkəzi modulunun qraf modeli

p_6 və p_9 –uyğun olaraq qurğul və qurğu2-dəki detallar üzərində emalın sona çatması; p_7 və p_{11} – uyğun olaraq qurğul və qurğu2-nin boşaldılması; p_{12} – emal edilmiş detalların çıxış saxlayıcısı.

EM modulundakı mümkün hadisələr aşağıdakı keçidlər vasitəsilə təsvir olunur:

t_1 və t_4 –uyğun olaraq qurğul və qurğu2-nin yüklənməsinin yerinə yetirilməsi; t_2 və t_5 –uyğun olaraq qurğul və qurğu2-dəki detalın emalı; t_3 və t_6 –uyğun olaraq qurğul və qurğu2-nin boşaldılmasının yerinə yetirilməsi; t_7 –detailın qurğul-in çıxışından qurğu2-nin girişinə göndərilməsi; t_8 – robot-manipulyatorun qurğu2-dən qurğul-ə yerini dəyişməsi.

Başlanğıc markerləşmə $\mu_0 = (1,0,1,0,1,0,0,0,1,0,0)$ vektoru ilə təsvir olunur.

İşlənmiş alqoritm əsasında ZPŞ-nin strukturu təyin olunmuşdur. Kompüter eksperimenti nəticəsində μ_0 başlanğıc markerləşməsindən yerinə yetirilən keçidlərin $\sigma = (t_1 t_2 t_3 t_7 t_4 t_5 t_6 t_8)$ ardıcılığı alınmışdır:

t_1 keçidi yerinə yetirilir, keçidin yerinə yetirilmə zamanı $\tau = 8$, yeni markerləşmə vektoru: $\mu_1 = (1,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0)$;

t_2 keçidi yerinə yetirilir, keçidin yerinə yetirilmə zamanı $\tau = 11$, yeni markerləşmə vektoru: $\mu_2 = (1,0,0,0,0,1,0,0,0,1,0,0)$;

t_3 keçidi yerinə yetirilir, keçidin yerinə yetirilmə zamanı $\tau = 18$,

yeni markerləşmə vektoru: $\mu_3 = (1,0,0,0,1,0,1,0,0,1,0,0)$;

t_7 keçidi yerinə yetirilir, keçidin yerinə yetirilmə zamanı $\tau = 25$,
yeni markerləşmə vektoru: $\mu_4 = (0,1,0,0,1,0,0,1,0,1,0,0)$;

t_4 keçidi yerinə yetirilir, keçidin yerinə yetirilmə zamanı $\tau = 34$,
yeni markerləşmə vektoru: $\mu_5 = (0,1,0,0,1,0,0,0,1,0,0,0)$;

t_5 keçidi yerinə yetirilir, keçidin yerinə yetirilmə zamanı $\tau = 38$,
yeni markerləşmə vektoru: $\mu_6 = (0,1,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0)$;

t_6 keçidi yerinə yetirilir, keçidin yerinə yetirilmə zamanı $\tau = 47$,
yeni markerləşmə vektoru: $\mu_7 = (0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,0,1)$;

t_8 keçidi yerinə yetirilir, keçidin yerinə yetirilmə zamanı $\tau = 52$,
yeni markerləşmə vektoru: $\mu_8 = (1,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,1)$.

Beləliklə, keçidlərin yerinə yetirilmə ardıcılığı ZPŞ-nin fəaliyyət prosesini tamamilə təsvir edir.

➤ **RZPŞ-nin fəaliyyəti, analizi və struktur elementlərinin hesablanması algoritmi**

Alqoritmın başlanğıcı

Addım 1. $D^- = [d_{ij}^-]$ giriş insidentlik matrisinin yaradılması, burada $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$ (n –mövqələrin sayı; m – keçidlərin sayı). d_{ij}^- elementi i -ci mövqe ilə j -cu keçidi birləşdirən tillərin sayına bərabərdir :

$$d_{ij}^- = \begin{cases} 1, & \text{якщо } p_i \in I(t_j); \\ 0, & \text{якщо } p_i \notin I(t_j). \end{cases}$$

Addım 2. $D^+ = [d_{ij}^+]$ çıxış insidentlik matrisinin yaradılması, burada $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$ (n –mövqələrin sayı; m – keçidlərin sayı). d_{ij}^+ elementi j -cu keçidi i -ci mövqe ilə birləşdirən tillərin sayına bərabərdir:

$$d_{ij}^+ = \begin{cases} 1, & \text{якщо } p_i \in O(t_j); \\ 0, & \text{якщо } p_i \notin O(t_j). \end{cases}$$

Addım 3. $M = [\mu_{il}]$ başlanğıc markerləşmə matrisinin yaradılması, burada $i = \overline{1, n}, l = \overline{1, k}$ (k –rənglərin sayıdır). μ_{il} elementi p_i mövqeyindəki r_l rənginə malik markerlərin sayıdır.

Addım 4. $\Lambda = [\lambda_{il}]$ mövqelərdəki rənglərin paylanma matrisinin yaradılması, burada $i = \overline{1, n}, l = \overline{1, k}$:

$$\lambda_{il} = \begin{cases} 1, & \text{яәяр } (p_i \cdot r_l) \in R; \\ 0, & \text{якс щәлдә} \end{cases}$$

Addım 5. keçidlərin giriş mövqeləri üzrə markerlərin rənglərinin $\Phi = [\varphi_{jl}]$ paylanma funksiyaları matrisinin yaradılması, burada $j = \overline{1, m}, l = \overline{1, k}$:

$$\varphi_{jl} = \begin{cases} 1, & \text{яәяр } (p_j, t_l) = r_l; \\ 0, & \text{якс һәлдә.} \end{cases}$$

Addım 6. keçidlərin çıxış mövqeləri üzrə markerlərin rənglərinin $\Psi = [\psi_{jl}]$ paylanma funksiyaları matrisinin yaradılması, burada, $j = \overline{1, m}, l = \overline{1, k}$:

$$\psi_{jl} = \begin{cases} 1, & \text{яәяр } (t_l, p_j) = r_l; \\ 0, & \text{якс һәлдә.} \end{cases}$$

Addım 7. Mövqelərdəki markerlərin gecikmə vektorunun yaradılması: $z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$.

Addım 8. İcazəli keçidlərin yerinə yetirilmə zamanı vektorunun yaradılması: $s = (s_1, s_2, \dots, s_m)$.

Addım 9. Şəbəkənin fəaliyyətə başlanması zamanı $\tau = 0$, şəbəkənin fəaliyyət müddəti T qəbul edilir.

Addım 10. İcazəli keçidin axtarışı: hər bir $t_j, j = \overline{1, m}$ keçidi üçün yerinə yetirilmə şərti yoxlanılır:

10.1 $D^- = [d_{ij}^-]$ matrisindən t_j keçidinin bütün giriş mövqeləri təyin edilir: $p_{i_1}, p_{i_2}, \dots, p_{i_q}, q = |I(t_j)|$.

10.2 Φ matrisindən t_j keçidinin giriş mövqeləri üzrə rənglərin

bütün mümkün paylanmaları təyin edilir: $r_{l_1}, r_{l_2}, \dots, r_{l_i}, i \in [1, k]$.

10.3 M matrisindən t_j keçidinin təyin edilmiş bütün giriş mövqeləri üzrə markerlərin müəyyən edilmiş rəngləri seçilir:

$$\mu_{i_q l_v} = (p_{i_q}, r_{l_v}), q = \overline{1, |I(t_j)|}, v = \overline{1, k};$$

10.4 Əgər $\forall i_q$ üçün $\mu_{i_q l_v} \geq d_{i_q j}^-$ şərtini ödəyən $\exists l_v$ mövcuddursa, onda t_j keçidi icazəlidir və 12-ci addıma keçid edilir.

Addım 11. Əgər t_j keçidi üçün yerinə yetirilmə şərti ödənmirsə, onda j indeksi bir vahid artırılır: $j=j+1$. Əgər $j \leq m$ şərti ödənirsə onda 10.1 bəndinə keçid edilir, əks halda tupik vəziyyət elan olunur və algoritmin sonuna keçid edilir.

Addım 12. t_j keçidinin giriş mövqeləri üzrə markerlərin maksimal bloklanma müddətinin hesablanması:

$$12.1 z_{\max} = 0;$$

12.2 əgər bütün $p_i \in I(t_j)$ mövqeləri üçün $z_i > z_{\max}$ şərti ödənirsə, onda $z_{\max} = z_i$ qəbul edilir.

Addım 13. t_j keçidinin yerinə yetirilmə zamanı hesablanır:

$$\tau = \tau + z_{\max} + s_j.$$

Addım 14. Əgər $\tau < T$ şərti ödənirsə, onda 15-ci addıma keçid edilir, əks halda şəbəkənin fəaliyyət müddəti başa çatır və algoritmin sonuna keçid edilir.

Addım 15. Yeni M' markerləşmə matrisinin elementlərinin hesablanması:

$$\mu'_{i_q l_v} = \mu_{i_q l_v} - \phi_{j l_v} d_{i_q l_v}^-, q = \overline{1, |I(t_j)|}, v = \overline{1, k};$$

$$\mu'_{i_q l_v} = \mu_{i_q l_v} + \psi_{j l_v} d_{j i_q}^+, q = \overline{1, |O(t_j)|}, v = \overline{1, k}.$$

Addım 16. 10-cu addıma keçid edilir.

Algoritmin sonu.

➤ **Mexaniki emal mərkəzində RZPŞ şəklində nəqliyyat manipulyatorunun fəaliyyət modeli**

Mexaniki emal ÇİS-də nəqliyyat manipulyatorunun(NM) RZPŞ-

nin tətbiqi ilə işlənmiş qraf modelində vəziyyətlər aşağıdakı mövqelər çoxluğu ilə ifadə olunur:

p_1 –EM1, EM2, EM3-ün yüklənmə və boşalmasını yerinə yetirən NM; p_2, p_3, p_4 –uyğun olaraq EM1, EM2, EM3-ün emal edilməmiş detalların giriş saxlayıcıları; p_5, p_6, p_7 – uyğun olaraq EM1, EM2, EM3-ə detalların yüklənməsinin sona çatması və emalına başlanması; p_8, p_9, p_{10} – uyğun olaraq EM1, EM2, EM3-də detalların emalının sona çatması və boşaldılmanın başlanması; p_{11}, p_{12}, p_{13} – uyğun olaraq yüklənməsi istisna edilən boşaldılmayan EM1, EM2, EM3-ün bloklanması; p_{14}, p_{15}, p_{16} –uyğun olaraq EM1, EM2, EM3-ün emal edilmiş detalların çıxış saxlayıcıları.

NM-nun fəaliyyəti zamanı mümkün hadisələr aşağıdakı keçidlərlə ifadə olunur:

t_1, t_2, t_3 – uyğun olaraq EM1, EM2, EM3-ün yüklənməsi; t_4, t_5, t_6 – uyğun olaraq EM1, EM2, EM3-də detalların emalı; t_7, t_8, t_9 – uyğun olaraq EM1, EM2, EM3-ün boşaldılması əməliyyatları.

Mövqelərdə zamana görə gecikmə parametrləri vektorunun elementləri:

$$Z = (3, 3, 1, 1, 2, 1, 3, 4, 2, 2, 4, 3, 6, 3, 4, 7).$$

İcazəli keçidlərin yerinə yetirilmə zamanı parametrləri vektorunun elementləri:

$$S = (5, 2, 4, 5, 2, 5, 4, 2, 6).$$

Kompüter eksperimenti nəticəsində başlanğıc markerləşmədən $\sigma = (t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9)$ yerinə yetirilən keçidlər ardıcılığı alınmışdır.

İşlənmiş modeldə şəbəkənin marker və tilləri ilə əlaqəli rənglər çoxluğu $R = (r_1, r_2, \dots, r_9)$ vektoru vasitəsilə təsvir olunur. Şəbəkədə EM-ni imitasiya edən markerlər və nəqliyyat manipulyatorunun marşrut trayektoriyasını imitasiya edən tillər rənglənmişdir. p_1 mövqeyindəki markerin başlanğıc rəngi r_1 -dir və (p_1, t_1) tili r_1 rəngi

ilə rənglənmişdir. t_1 keçidi yerinə yetirildikdən sonra marker p_1 mövqeyinə r_2 rənginə malik olaraq qayıdır, çünki (t_1, p_1) tili r_2 rəngi ilə rənglənmişdir. Bu halda t_2 keçidi yerinə yetirilir, (p_1, t_2) tili r_2 rəngi ilə rəngləndiyi üçün, t_2 keçidinin yerinə yetirilməsindən sonra p_1 mövqeyinə marker r_3 rənginə malik olaraq qayıdır, çünki (t_2, p_1) tili r_3 rənginə malikdir. t_3 keçidi həyəcanlanır, belə ki, (p_1, t_3) tili r_3 rəngi ilə rəngləndiyindən, t_3 keçidinin yerinə yetirilməsindən sonra p_1 mövqeyinə marker r_4 rənginə malik olaraq qayıdır, çünki (t_3, p_1) tili r_4 rənginə malikdir. Sistemin ixtiyari vəziyyətində tillərin rənglənməsi p_1 mövqeyindən sonra yalnız bir keçidi həyəcanlandırır. Verilmiş rənglənmədə nəqliyyat manipulyatorunun marşrutu yerinə yetirilən $t_1, t_2, t_3, t_7, t_8, t_9$ keçidlər ardıcılığı ilə təsvir olunur, yəni əvvəlcə EM1, sonra EM2 və EM3-ün yüklənməsi baş verir. Yüklənmədən sonra onların boşaldılması yerinə yetirilir və dövr təkrarlanır.

Üçüncü fəsil QSZPŞ-nin tətbiqi ilə qeyri müəyyən mühitdə fəaliyyət göstərən paralel paylanan proseslərin tədqiqi, modelləşdirilməsi və idarə olunmasına həsr edilmişdir. Göstərilmişdir ki, obyektin elementləri arasında qeyri müəyyən parametrlərlə xarakterizə olunan funksional və struktur əlaqələr, bu əlaqələrin mürəkkəb “səbəb-nəticə” münasibətləri ilə təsviri, proseslərin asinxronluğu, qeyri determinik xarakteri modelləşdirmə aparatı kimi qeyri xəliş PŞ-nin müxtəlif genişlənmələrinin istifadəsini zəruri edir. Təqdim olunan yanaşmada özündə determinik və qeyri determinik xüsusiyyətləri birləşdirən ümumiləşmiş ZPŞ-ni təmsil edən QSZPŞ riyazi aparatına əsaslanan, mürəkkəb paralel paylanmış sistemlərin modelləşdirilməsi və analizi üçün müxtəlif genişlənmələr təklif olunmuşdur. Qeyd edilmişdir ki, qeyri xəliş şərtlər və vəziyyətlər çoxluğunda verilmiş paralel paylanan mürəkkəb struktura malik, müxtəlif xüsusiyyətlərlə, zaman parametrləri ilə xarakterizə olunan dinamik əlaqəli proseslərin tədqiqində QSZPŞ aparatı mühüm yer tutur. Bu riyazi aparatın üstünlüyü kimi, onun yaxşı formalizə və interpretasiya etmə imkanı, modellərin və proseslərin modifikasiya

olunması, modelin vəziyyətlər çoxluğunun ətraflı tədqiqinin mümkünlüyü göstərilmişdir. Bu fəsildə üçbucaq, trapesiyaşəkilli QSZPŞ-nin, V_f tipli QSPŞ və V_f tipli QSZPŞ-nin fəaliyyəti, analizi və struktur elementlərinin hesablanması alqoritmləri təklif edilmiş və işlənmişdir. Mexaniki emal istehsal modulunda paralel fəaliyyətli emal qurğularının idarəetmə modeli trapesiyaşəkilli QSZPŞ şəklində, dövrü işləyən robototexnoloji kompleksin idarəetmə modeli üçbucaq QSZPŞ şəklində, mexaniki emal istehsal sistemində paralel işləyən emal qurğularının idarəetmə modeli V_f tipli QSPŞ və V_f tipli QSZPŞ şəklində işlənmişdir.

➤ **Trapesiyaşəkilli QSZPŞ-nin fəaliyyəti, analizi və struktur elementlərinin hesablanması alqoritmi**

Alqoritmın başlanğıcı

Addım 1. QSZPŞ-nin giriş və çıxış funksiyalarının uyğun $m \times n$ ölçülü d_{ij}^-, d_{ij}^+ ($i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}$) giriş və çıxış matrislərinin yaradılması.

Addım 2. QSZPŞ-nin struktur elementlərinin ölçülərinin təyini və daxil edilməsi:

$$\mu_{ij}, z_{ij} (i = \overline{1, k}; j = \overline{1, n}); s_{ij} (i = \overline{1, k}; j = \overline{1, m}).$$

Addım 3. $k = 1$ qəbul edilir.

Addım 4. $j = 1; q = 1; i = 0$ qəbul edilir.

Addım 5. i indeksi bir vahid artırılır: $i = i + 1$.

Addım 6. Əgər $i \leq n$ şərti ödənirsə, onda 7-ci addıma, əks halda 15-ci addıma keçid edilir.

Addım 7. μ_{il}^1 aralıq matrisinin yaradılması: $\mu_{il}^1 = \mu_{ij}; (l = \overline{1, 4})$.

Addım 8. Əgər $(\mu_{il}^1 = 0) \wedge (\mu_{i2}^1 = 0) \wedge (\mu_{i3}^1 = 0) \wedge (\mu_{i4}^1 = 0)$ şərti ödənirsə, onda 5-ci addıma, əks halda 9-cu addıma keçid edilir.

Addım 9. μ_{il}^1 matrisinin elementləri hesablanır:

$$\mu_{il}^1 = \mu_{ij} + z_{ij}; (l = \overline{1, 4}).$$

Addım 10. Əgər $i = d_{kj}^-$ şərti ödənirsə, onda 11-ci addıma, əks halda 5-ci addıma keçid edilir.

Addım 11. Əgər $j = 1$ şərti ödənirsə, onda $\max_a = \mu_{il}^1$;

$\max_b = \mu_{i2}^1$; $\max_\alpha = \mu_{i3}^1$; $\max_\beta = \mu_{i4}^1$ qəbul edib 12-ci addıma, əks halda 13-cü addıma keçid edilir.

Addım 12. μ_{il}^1 matrisinin elementləri sıfırlanır: $\mu_{il}^1 = 0 (l = \overline{1,4})$; j indeksi bir vahid artırılır: $j = j + 1$ və 5-ci addıma keçid edilir.

Addım 13. $a_1 = \max_a$; $a_2 = \mu_{i1}^1$ qəbul edilir.

Addım 14. Əgər $a_1 \geq a_2$ şərti ödənirsə, onda $\max'_a = a_1$, əks halda $\max'_a = a_2$ qəbul edilir.

14.1 $b_1 = \max_b$; $b_2 = \mu_{i2}^1$ qəbul edilir;

14.2 əgər $b_1 \geq b_2$ şərti ödənirsə onda $\max'_b = b_1$, əks halda $\max'_b = b_2$ qəbul edilir;

14.3 $\alpha_1 = \max_\alpha$; $\alpha_2 = \mu_{i3}^1$; $\beta_1 = \max_\beta$; $\beta_2 = \mu_{i4}^1$ qəbul edilir və $\alpha'_1 = a_1 - \alpha_1$; $\alpha'_2 = a_2 - \alpha_2$ hesablanır;

14.4 əgər $\alpha'_1 \geq \alpha'_2$ şərti ödənirsə, onda, $\max'_\alpha = \alpha'_1$ əks halda $\max'_\alpha = \alpha'_2$ qəbul edilir;

14.5 $\max_\alpha = \max'_a - \max'_\alpha$; $\beta'_1 = b_1 + \beta_1$; $\beta'_2 = b_2 + \beta_2$ hesablanır;

14.6 Əgər $\beta'_1 \geq \beta'_2$ şərti ödənirsə, onda $\max'_\beta = \beta'_1$, əks halda $\max'_\beta = \beta'_2$ qəbul edilir;

14.7 $\max_\beta = \max'_\beta - \max'_\beta$ hesablanır və 12-ci addıma keçid edilir.

Addım 15. $i = 1$ qəbul edilir.

Addım 16. Əgər $i \leq n$ şərti ödənirsə, onda 17-ci addıma, əks halda 25-ci addıma keçid edilir.

Addım 17. Əgər $i = d_{kq}^+$ şərti ödənirsə, onda 18-ci addıma, əks halda i indeksi bir vahid artırılır: $i = i + 1$ və 16-cı addıma keçid edilir.

Addım 18. μ_{il}^2 aralıq matrisinin elementləri hesablanır:

$$\mu_{i1}^2 = \max_a + s_{k1}; \mu_{i2}^2 = \max_b + s_{k2};$$

$$\mu_{i3}^2 = \max_\alpha + s_{k3}; \mu_{i4}^2 = \max_\beta + s_{k4}.$$

Addım 19. Əgər $(\mu_{i1}^1 = 0) \wedge (\mu_{i2}^1 = 0) \wedge (\mu_{i3}^1 = 0) \wedge (\mu_{i4}^1 = 0)$ şərti

ödənilsə, onda 20-ci addıma, əks halda 21-ci addıma keçid edilir.

Addım 20. $\mu_{li}^1 = \mu_{li}^2; (l = \overline{1,4})$ qəbul edilir; i indeksi bir vahid artırılır: $i = i + 1$ və 16-cı addıma keçid edilir.

Addım 21. Əgər $q = 1$ şərti ödənilsə, onda $\min_a = \mu_{i1}^2$; $\min_b = \mu_{i2}^2$; $\min_\alpha = \mu_{i3}^2$; $\max_\beta = \mu_{i4}^2$ qəbul edilir və 22-ci addıma, əks halda 23-cü addıma keçid edilir.

Addım 22. $\mu_{i1}^1 = \min_a$; $\mu_{i2}^1 = \min_b$; $\mu_{i3}^1 = \min_\alpha$; $\mu_{i4}^1 = \min_\beta$ qəbul edilir; q -nün qiyməti bir vahid artırılır: $q = q + 1$ və 17-ci addıma keçid edilir.

Addım 23. $a_1 = \min_a$; $a_2 = \mu_{i1}^2$ qəbul edilir.

Addım 24. Əgər $a_1 \leq a_2$ şərti ödənilsə, onda $\min'_a = a_1$, əks halda $\min'_a = a_2$ qəbul edilir.

24.1 $b_1 = \min_b$; $b_2 = \mu_{i2}^2$ qəbul edilir;

24.2 əgər $b_1 \leq b_2$ şərti ödənilsə, onda $\min'_b = b_1$, əks halda $\min'_b = b_2$ qəbul edilir;

24.3 $\alpha_1 = \min_\alpha$; $\alpha_2 = \mu_{i3}^2$; $\beta_1 = \min_\beta$; $\beta_2 = \mu_{i4}^2$ qəbul edilir; $\alpha'_1 = a_1 - \alpha_1$; $\alpha'_2 = a_2 - \alpha_2$ hesablanır;

24.4 Əgər $\alpha'_1 \leq \alpha'_2$ şərti ödənilsə, onda $\min'_\alpha = \alpha'_1$, əks halda $\min'_\alpha = \alpha'_2$ qəbul edilir;

24.5 $\min_\alpha = \min'_\alpha - \min'_\alpha$; $\beta'_1 = b_1 + \beta_1$; $\beta'_2 = b_2 + \beta_2$ hesablanır;

24.6 Əgər $\beta'_1 \leq \beta'_2$ şərti ödənilsə, onda $\min'_\beta = \beta'_1$, əks halda $\min'_\beta = \beta'_2$ qəbul edilir;

24.7 $\min_\beta = \min'_\beta - \min'_\beta$ hesablanır və 22-ci addıma keçid edilir.

Addım 25. Cari markerləşmə yeni markerləşmə kimi qəbul edilir: $\mu_{rl} = \mu_{rl}^1; (l = \overline{1,4}; r = \overline{1,n})$.

Addım 26. k -nün qiyməti bir vahid artırılır: $k = k + 1$. Əgər $k \leq m$ şərti ödənilsə, onda 4-cü addıma keçid edilir.

Alqoritmin sonu.

➤ **Mexaniki emal istehsal modulunda paralel fəaliyyətli emal**

qurğularının idarəetmə modeli

Mexaniki emalı istehsal modulu bir sənaye robotu, bir NM, bir personal giriş saxlayıcısı, eyni tipli detallar dəsti üzərində eyni əməliyyatları yerinə yetirən iki eyni tipli qurğu və bir personal çıxış saxlayıcısından ibarətdir. Modulun özündən əvvəlki və sonrakı modullarla əlaqəsi müvafiq olaraq yuxarıda qeyd olunan saxlayıcıların köməyi ilə baş verir. Modulda eyni tipli detallar emal edilir. Detallar personal giriş saxlayıcısına daxil olur və emalı gözləyirlər. Boş olan 1-ci qurğu və ya 2-ci qurğu detalları giriş saxlayıcısından götürür. Emal olunmuş detallar çıxış saxlayıcısına daxil olur və növbəti modula ötürülməni gözləyir.

QSZPŞ-nin struktur elementlərindən təşkil olunan paralel fəaliyyətli emal qurğularından ibarət modulun vəziyyəti aşağıdakı mövqelər və keçidlərlə təsvir olunur:

p_1 və p_2 – detalın uyğun olaraq qurğul və qurğu2-də emalı; p_3 və p_4 – uyğun olaraq qurğul və qurğu2 sərbəstdir; p_5 və p_6 – uyğun olaraq qurğul-in girişinə və qurğu2-nin girişinə detal daxil edilib; p_7 və p_8 – uyğun olaraq qurğul və qurğu2 xidmət tələbi irəli sürür; p_9 – NM qurğul və qurğu2-nin tələbini yerinə yetirir; p_{10} – robot sərbəstdir; t_1 və t_2 – uyğun olaraq qurğul-də və qurğu2-də detallar üzərində emalın yerinə yetirilməsi; t_3 və t_4 – uyğun olaraq qurğul-in və qurğu2-nin çıxış saxlayıcısının boşaldılması; t_5 və t_6 – uyğun olaraq qurğul-in və qurğu2-nin giriş saxlayıcısının yüklənməsi; t_7 və t_8 – uyğun olaraq qurğul-in və qurğu2-nin tələbinin yerinə yetirilməsi; z_1 və z_2 – uyğun olaraq qurğul və qurğu2-dəki detalın emal müddəti; z_3 və z_4 – uyğun olaraq qurğul və qurğu2-nin çıxışında nəqliyyat manipulyatorunun yüklənməsi müddəti, qurğul və qurğu2-dən çıxış saxlayıcısına doğru yerdəyişməsi; z_5 və z_6 – uyğun olaraq nəqliyyat manipulyatorunun gözləmə, qurğul və qurğu2-nin tələblərinin yerinə yetirilməsi müddəti; z_7 və z_8 – uyğun olaraq nəqliyyat manipulyatorunun çıxış saxlayıcısından qurğul və

qurğu2-yə doğru yerdəyişmə müddəti; z_9 – nəqliyyat manipulyatorunun növbəti tapşırığın yerinə yetirilməsinə sazlanması müddəti; z_{10} – robotun növbəti tapşırığın yerinə yetirilməsinə sazlanması müddəti.

İlkin markerləşmə vektorunun elementləri:

$$\mu_1^0 = \mu_2^0 = \langle 1, 2, 1, 1 \rangle, \mu_3^0 = \mu_4^0 = \mu_5^0 = \mu_6^0 = \mu_7^0 = \mu_8^0 = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, \\ \mu_9^0 = \langle 2, 3, 1, 1 \rangle, \mu_{10}^0 = \langle 1, 2, 1, 0 \rangle.$$

Mövqelərdə markerlərin zamana görə gecikmə parametrləri vektorunun elementləri:

$$z_1 = z_2 = \langle 2, 3, 1, 1 \rangle, z_3 = z_4 = \langle 1, 2, 1, 1 \rangle, z_5 = z_6 = \langle 2, 3, 0, 1 \rangle, \\ z_7 = z_8 = \langle 1, 2, 0, 1 \rangle, z_9 = \langle 1, 2, 1, 0 \rangle, z_{10} = \langle 1, 2, 0, 1 \rangle.$$

İcazəli keçidlərin yerinə yetirilmə müddəti parametrləri vektorunun elementləri:

$$s_1 = s_2 = \langle 2, 3, 1, 1 \rangle, s_3 = s_4 = \langle 1, 2, 1, 1 \rangle, s_5 = s_6 = \langle 1, 2, 0, 1 \rangle, s_7 = s_8 = \langle 2, 3, 1, 0 \rangle.$$

İşlənmiş alqoritm əsasında QSZPŞ-nin struktur elementləri hesablanmışdır¹. Kompüter eksperimenti nəticəsində μ' ilkin markerləşməsindən başlayaraq yerinə yetirilən $\sigma = (t_3 t_5 t_7 t_1 t_4 t_6 t_8 t_2)$ keçidlər ardıcılığı alınmışdır:

1. t_3 keçidi yerinə yetirilir, alınmış növbəti markerləşmə:

$$\mu_1^1 = \mu_4^1 = \mu_5^1 = \mu_6^1 = \mu_7^1 = \mu_8^1 = \mu_9^1 = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, \mu_2^1 = \langle 3, 5, 2, 2 \rangle, \\ \mu_3^1 = \langle 5, 8, 3, 3 \rangle, \mu_{10}^0 = \langle 2, 4, 1, 1 \rangle;$$

2. t_5 keçidi yerinə yetirilir, alınmış növbəti markerləşmə:

$$\mu_1^2 = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, \mu_2^2 = \langle 5, 8, 3, 3 \rangle, \mu_3^2 = \mu_4^2 = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, \\ \mu_5^2 = \langle 8, 13, 5, 5 \rangle, \mu_6^2 = \mu_7^2 = \mu_8^2 = \mu_9^2 = \mu_{10}^2 = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle;$$

3. t_7 keçidi yerinə yetirilir, alınmış növbəti markerləşmə:

¹ Мустафаев, В.А., Салманова, М.Н. Разработка модели функционирования обрабатывающего центра с применением нечетких временных сетей Петри // – Воронеж: Вестник Воронежского государственного технического университета, –2018. Т.14, №3, – с.13-19.

$$\mu_1^3 = \langle 0,0,0,0 \rangle, \mu_2^3 = \langle 7,11,4,4 \rangle, \mu_3^3 = \mu_4^3 = \mu_5^3 = \langle 0,0,0,0 \rangle, \\ \mu_6^3 = \mu_8^3 = \mu_9^3 = \langle 0,0,0,0 \rangle, \mu_7^3 = \langle 11,18,6,7 \rangle, \mu_{10}^3 = \langle 11,18,6,7 \rangle;$$

4. t_1 keçidi yerinə yetirilir, alınmış növbəti markerləşmə:

$$\mu_1^4 = \langle 13,22,7,9 \rangle, \mu_2^4 = \langle 9,14,5,5 \rangle, \mu_3^4 = \mu_4^4 = \mu_5^4 = \langle 0,0,0,0 \rangle, \\ \mu_9^4 = \langle 13,22,7,9 \rangle, \mu_{10}^4 = \langle 12,20,6,8 \rangle, \mu_6^4 = \mu_7^4 = \mu_8^4 = \langle 0,0,0,0 \rangle.$$

Proses tələb olunan markerləşmə alınana qədər davam edir.

➤ **V_f tipli QSZPŞ-nin fəaliyyəti, analizi və struktur elementlərinin hesablanması alqoritmi**

Alqoritmin başlanğıcı

Addım 1. $D^- = [d_{ij}^-]$ giriş insidentlik matrisinin yaradılması, burada $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$ (n –mövqələrin sayıdır; m –keçidlərin sayıdır). d_{ij}^- elementi i -ci mövqe ilə j -cu keçidi birləşdirən tillərin sayına bərabərdir:

$$d_{ij}^- = \begin{cases} 1, & \text{якщо } p_i \in I(t_j); \\ 0, & \text{якщо } p_i \notin I(t_j). \end{cases}$$

Addım 2. $D^+ = [d_{ij}^+]$ çıxış insidentlik matrisinin yaradılması, burada $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$. d_{ij}^+ elementi j -cu keçidi i -ci mövqe ilə birləşdirən tillərin sayına bərabərdir:

$$d_{ij}^+ = \begin{cases} 1, & \text{якщо } p_i \in O(t_j); \\ 0, & \text{якщо } p_i \notin O(t_j), \end{cases}$$

burada $l \in N_0$.

Addım 3. M_0 ilkin markerləşmə matrisinin sütunlarının d sayının təyin edilməsi:

3.1. $\max = d_{11}^-$ qəbul edilir;

3.2. əgər $d_{ij}^- > \max$ şərti ödənirsə, onda $\max = d_{ij}^-$ qəbul edilir, burada $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$;

3.3. $d = \max$ qəbul edilir.

Addım 4. $M_0 = [\mu_{ij}]$ başlanğıc markerləşmə matrisinin

yaradılması, burada $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, d + 1}$.

Addım 5. Mövqelərdəki markerlərin zamana görə gecikmə parametrləri vektorunun yaradılması: $z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$.

Addım 6. İcazəli keçidlərin yerinə yetirilmə zamanı vektorunun yaradılması: $s = (s_1, s_2, \dots, s_m)$.

Addım 7. Şəbəkənin fəaliyyətə başlanması zamanı: $k=0$ və $\tau_{ki} = 0$ qəbul edilir, $i = \overline{1, 4}$.

Addım 8. ∂ vektorunun elementlərinin hesablanması:

8.1 $i = 1$ qəbul edilir;

8.2 $r = 0$ qəbul edilir;

8.3 əgər $\mu_{ij} \neq 0$ şərti ödənirsə, onda $r = j$ qəbul edilir, $j = \overline{1, d + 1}$;

8.4 $\partial_i = r - 1$ qəbul edilir və i indeksi bir vahid artırılır: $i = i + 1$.
Əgər $i \leq n$ şərti ödənirsə, onda 8.2 bəndinə keçid edilir, əks halda 9-cu addıma keçid edilir.

Addım 9. İcazəli keçidin axtarışı: hər bir $t_j, j = \overline{1, m}$ keçidi üçün yerinə yetirilmə şərti yoxlanılır: Əgər t_j keçidinin bütün giriş mövqeləri üçün $\partial_i \geq d_{ij}^-$ ($i = \overline{1, n}$) şərti ödənirsə, onda t_j keçidi icazəlidir və 12-ci addıma keçid edilir.

Addım 10. Əgər t_j keçidi üçün yerinə yetirilmə şərti ödənmirsə, onda j indeksi bir vahid artırılır: $j = j + 1$ və $k = k + 1$ qəbul edilir. Əgər $j \leq m$ şərti ödənirsə, onda 8-ci addıma keçid edilir, əks halda tupik vəziyyət haqqında məlumat verilir və alqoritmin sonuna keçid edilir.

Addım 11. t_j keçidinin giriş mövqeləri üzrə markerlərin maksimal bloklanma müddətinin hesablanması:

11.1. $z_{\max_1} = 0$ qəbul edilir $i = \overline{1, 4}$;

11.2. Bütün $d_{ij}^- \neq 0, (i = \overline{1, n})$ üçün hesablanır:

11.3. Əgər $z_{i1} > z_{\max_1}$ şərti ödənirsə, onda $z_{\max_1} = z_{i1}$ qəbul edilir;

11.4. əgər $z_{i2} > z_{\max_2}$ şərti ödənirsə, onda $z_{\max_2} = z_{i2}$ qəbul edilir;

11.5. əgər $z_{i1} - z_{i3} > z_{\max_3}$ şərti ödənirsə, onda $z_{\max_3} = z_{i1} - z_{i3}$ hesablanır;

11.6. Əgər $z_{i2} + z_{i4} > z_{\max_4}$ şərti ödənilirsə, onda $z_{\max_4} = z_{i2} + z_{i4}$ hesablanır.

Addım 12. Hesablanır: $z_{\max_3} = z_{\max_1} - z_{\max_3}$; $z_{\max_4} = z_{\max_4} - z_{\max_2}$.

Addım 13. t_j keçidinin qeyri səlis yerinə yetirilməsinin q_j mənsubluq dərəcəsinin hesablanması:

13.1 əgər $d_{ij}^- \neq 0, (i = \overline{1, n})$ şərti ödənilirsə, onda $q_j = \text{const} > 1$;
 $\max = 0$ qəbul edilir və 14.2 bəndinə keçid edilir;

13.2 əgər $\mu_{ir} > \max$ şərti ödənilirsə, onda $\max = \mu_{ir}$,
 $(r = \overline{d_{ij}^- + 1, d + 1})$ qəbul edilir;

13.3 əgər $(\max < q_j) \wedge (\max > 0)$ şərti ödənilirsə, onda $q_j = \max$ qəbul edilir, burada $\wedge$ –məntiqi minimum əməliyyatıdır.

Addım 14. t_j keçidinin τ qeyri səlis yerinə yetirilmə zamanının hesablanması:

$$\tau_{ki} = \tau_{k-i} + z_{\max_i} + s_{ji}, i = \overline{1, 4}.$$

Addım 15. M' yeni markerləşmə matrisinin elementlərinin hesablanması:

15.1 $d_{ij}^- \neq 0, (i = \overline{1, n})$ üçün hesablanır:

15.1.1 $\max = \mu_{i1}$ qəbul edilir. Əgər $\mu_{ir} > \max$ şərti ödənilirsə, onda $\max = \mu_{ir}$, $(r = \overline{1, d_{ij}^- + 1})$ hesablanır;

15.1.2 $\mu'_{i1} = \max$ qəbul edilir;

15.1.3 $\mu'_{ir} = \mu_{i, r+d_{ij}^-}, (r = \overline{2, d + 1})$ qəbul edilir;

15.2 $d_{ij}^+ \neq 0, (i = \overline{1, n})$ üçün hesablanır:

15.2.1 Əgər $\mu_{ir} < 1 - q_j$ şərti ödənilirsə, onda, $\mu'_{ir} = \mu_{ir}$, əks halda $\mu'_{ir} = 1 - q_j$ qəbul edilir $(r = \overline{1, d_{ij}^+})$;

15.2.2 əgər $\mu_{ir} < 1 - q_j$ şərti ödənilirsə, onda $\min 1 = \mu_{ir}$, əks halda $\min 1 = 1 - q_j$ qəbul edilir; əgər $\mu_{i, r-d_{ij}^+} < q_j$ şərti ödənilirsə, onda $\min 2 = \mu_{i, r-d_{ij}^+}$, əks halda $\min 2 = q_j$ qəbul edilir; əgər $\min 1 > \min 2$

şərti ödənirsə, onda $\mu'_{ir} = \min 1$, əks halda $\mu'_{ir} = \min 2$ qəbul edilir, $r = \overline{d_{ij}^+} + 1, d + 1$.

Addım 16. Cari markerləşmə yeni markerləşmə qəbul edilir: $\mu_{ir} = \mu'_{ir}; (1 = \overline{1, n}; r = \overline{1, d + 1})$ və 8-ci addıma keçid edilir.

Alqoritmin sonu.

➤ **Mexaniki emal istehsal sistemində paralel işləyən emal qurğularının V_f tipli QSZPŞ şəklində idarəetmə modeli**

Üç personal fərdi giriş saxlayıcılarından, müxtəlif eyni tipli yarımfabrikatlar üzərində eyni əməliyyatları yerinə yetirmək üçün, paralel fəaliyyətli eyni tipli üç emal qurğusundan (EQ) və üç fərdi çıxış saxlayıcısından ibarət olan tipik mexaniki emal mərkəzini nəzərdən keçirək. Modulda eyni tipli detallar emal edilir. Yarımfabrikatlar fərdi giriş saxlayıcılarına daxil olur və emalı gözləyir. Sərbəst olan qurğulardan biri (belə qurğuların sayı üçdür) yarımfabrikatı sol və ya sağ giriş saxlayıcısından götürür. Əgər bütün qurğular sərbəstdirsə, onda konflikt vəziyyət yaranır. Təsadüfi seçilən qeyri səlis kompozisiya qanunları ilə konflikt həll edilir. Emal olunmuş detallar çıxış saxlayıcılarına daxil olur və göndərilməni gözləyirlər.

Mexaniki emal ÇİS-də paralel fəaliyyətli EQ-larının idarəetmə modeli QSZPŞ şəklində təsvir edilir. İşlənmiş qraf-modeldə şəbəkənin vəziyyəti aşağıdakı mövqelərlə təsvir olunur²:

p_1, p_5, p_8 – uyğun olaraq EQ1, EQ2, EQ3 başlanğıc vəziyyətdədir və gözləmə rejimindədir; p_3, p_4, p_6 – uyğun olaraq giriş saxlayıcılarında yarımfabrikatlar var və giriş saxlayıcıları sərbəstdir; p_2, p_7, p_9 – uyğun olaraq EQ1, EQ2, EQ3 son vəziyyətdədir və çıxış saxlayıcılarında emal olunmuş detallar yerləşir.

Moduldakı mümkün hadisələr aşağıdakı keçidlər vasitəsilə təsvir olunur: t_1, t_3, t_5 – uyğun olaraq EQ1, EQ2, EQ3-də yarımfabrikatların

² Мустафаев, В.А., Салманова, М.Н. Моделирование динамических взаимодействующих процессов с применением нечетких временных сетей Петри типа V_f // – Москва: Вестник компьютерных и информационных технологий, – 2019. № 9(183), – с.19-26.

emalı başlanır; t_2, t_4, t_6 – uyğun olaraq EQ1, EQ2, EQ3-də yarımfabrikatların emalı sona çatır.

V_f tipli QSZPŞ şəklində işlənmiş idarəetmə modelinin başlanğıc markerləşmə matrisi aşağıdakı kimi verilir:

$$\mu^0(9,4) = \begin{pmatrix} 0.30 & 0.80 & 0.00 & 0.00 \\ 0.10 & 0.20 & 0.60 & 0.90 \\ 0.50 & 0.70 & 0.00 & 0.00 \\ 0.40 & 0.80 & 0.00 & 0.00 \\ 0.60 & 0.70 & 0.00 & 0.00 \\ 0.30 & 0.90 & 0.00 & 0.00 \\ 0.10 & 0.20 & 0.60 & 0.90 \\ 0.70 & 0.80 & 0.00 & 0.00 \\ 0.10 & 0.20 & 0.60 & 0.90 \end{pmatrix}$$

Mövqelərdə zamana görə gecikmə parametrləri vektorunun elementləri:

$$\begin{aligned} z_1 &= \langle 1, 2, 0, 1 \rangle, \quad z_2 = \langle 2, 3, 1, 1 \rangle, \quad z_3 = \langle 3, 4, 1, 1 \rangle, \\ z_4 &= \langle 2, 3, 1, 0 \rangle, \quad z_5 = \langle 2, 4, 1, 1 \rangle, \quad z_6 = \langle 1, 4, 0, 3 \rangle, \\ z_7 &= \langle 3, 5, 1, 1 \rangle, \quad z_8 = \langle 2, 3, 0, 1 \rangle, \quad z_9 = \langle 4, 5, 0, 1 \rangle. \end{aligned}$$

İcazəli keçidlərin yerinə yetirilmə zamanı parametrləri vektorunun elementləri:

$$\begin{aligned} s_1 &= \langle 0, 1, 0, 1 \rangle, \quad s_2 = \langle 1, 2, 0, 1 \rangle, \quad s_3 = \langle 2, 3, 0, 1 \rangle, \\ s_4 &= \langle 3, 4, 0, 1 \rangle, \quad s_5 = \langle 2, 3, 0, 1 \rangle, \quad s_6 = \langle 1, 2, 1, 0 \rangle. \end{aligned}$$

İlkin verilənlər əsasında kompüter eksperimenti aparılmış və başlanğıc markerləşmədən yerinə yetirilən keçidlərin $\sigma = (t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6)$ ardıcılığı və uyğun keçidlərin qeyri səlis yerinə yetirilmə zaman intervalları alınmışdır:

$$\begin{aligned} \tau_1 &= \langle 3, 5, 1, 2 \rangle, \quad \tau_2 = \langle 6, 10, 2, 4 \rangle, \quad \tau_3 = \langle 11, 17, 3, 8 \rangle, \\ \tau_4 &= \langle 17, 26, 4, 10 \rangle, \quad \tau_5 = \langle 21, 33, 4, 14 \rangle, \quad \tau_6 = \langle 26, 40, 5, 15 \rangle. \end{aligned}$$

Dördüncü fəsilə QSZPŞ-nin tətbiqi ilə mürəkkəb sistemlərin modelləşdirilməsinin proqram təminatının işlənməsi məsələsinə baxılmışdır. Real zaman rejimli qarşılıqlı dinamik əlaqəli paralel proseslərin modelləşdirilməsində və idarə olunmasında tətbiq olunan

PŞ-nin genişlənmələrinin təsnifat sxemi verilmişdir. Göstərilmişdir ki, kompüter modelləşdirməsi prosesi sistemin layihələndirilməsini, riyazi modelin qurulmasını, modelin fəaliyyət alqoritmı və kompüter proqramının işlənməsini əhatə edir. Uyğun proqram təminatına malik modelin tədqiqi və qurulmasının kompüter modelləşdirməsinin struktur sxemi işlənmiş, proqram təminatının işlənməsi prosesinin mərhələləri göstərilmişdir.

QSZPŞ-nin tətbiqi ilə qarşılıqlı dinamik əlaqəli proseslərin modelləşdirilməsinin proqram təminatı ikisəviyyəli semantik idarəetmə sistemi kimi işlənmişdir: Sistem proqramları (I səviyyə), tətbiqi proqramların idarə olunması (II səviyyə). Sistem proqram təminatına aşağıdakılar daxildir: İdarəedici, servis proqramları, layihələndirmə, instrumental proqramlaşdırma sistemləri, istifadəçi interfeysinin, proqram kodunun yaradılması, testləşdirmə, nəticələrin analizi və sənədləşdirilməsi. Tətbiqi idarəetmə proqramları aşağıdakı proqram modullarından ibarətdir: ZPŞ-nin fəaliyyəti və analizi, RZPŞ-nin fəaliyyəti və analizi, Üçbucaq QSZPŞ-nin fəaliyyəti və analizi, trapesiyaşəkilli QSZPŞ-nin fəaliyyəti və analizi, V_f tipli QSPŞ-nin fəaliyyəti və analizi, V_f tipli QSZPŞ-nin fəaliyyəti və analizi. Sadalanan hər bir modula bir çox proqram modulları, prosedurlar və alt proqramlar daxildir.

Delphi 7.0 vizual proqramlaşdırma mühitində işlənmiş tətbiqi idarəetmə proqramlarının fəaliyyətinin əsas aspektləri nümayiş etdirilmişdir. QSZPŞ-nin tətbiqi ilə paralel paylanan sistemlərin modelləşdirilməsinin instrumental və tətbiqi proqram vasitələri MATLAB mühitində qeyri səlis modelləşdirmə paketi olan Fuzzy Logic Toolbox genişlənməsindən istifadə etməklə reallaşdırılmışdır.

DİSSERTASIYA İŞİNİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ

1. Real zaman rejimli qeyri müəyyənlik, qeyri səlislik xassələri ilə xarakterizə olunan paralel asinxron proseslərin tədqiqi və idarə edilməsi üçün zaman, rəngli zaman, üçbucaq qeyri səlis zaman, trapesiyaşəkilli qeyri səlis zaman, V_f tipli qeyri səlis və V_f tipli qeyri səlis zaman PŞ-nin genişlənmələrinin modelləşdirmə aparatı kimi seçilməsi əsaslandırılmışdır.

2. Qeyri səlis çoxluqlar və PŞ-nin matrislər nəzəriyyəsinə əsaslanan, verilənləri modelləşdirmə mühitində istifadə olunan formaya çevirən, modelin strukturunu, dinamikasını, vəziyyətlər çoxluğunu, keçidlər ardıcılığını vektorlar və matrislər toplusu şəklində təsvir edən, zaman parametrlı PŞ-nin birləşmiş modifikasiyalarını formalaşdıran, konfliktlərin aradan qaldırılmasını təmin edən, modelləşdirmə prosesini sadələşdirən və sürətləndirən yanaşma təklif edilmişdir.

3. ZPŞ və RZPŞ-nin fəaliyyəti, analizi və struktur elementlərinin hesablanması alqoritmləri təklif edilmiş və işlənmişdir. Mexaniki emal istehsal sistemində emal qurğularının idarəetmə modeli ZPŞ və RZPŞ şəklində, mexaniki emal mərkəzində nəqliyyat manipulyatorlarının fəaliyyətinin sinxronlaşdırılması və nəqliyyat manipulyatorunun idarəetmə modelləri RZPŞ şəklində işlənmişdir.

4. Üçbucaq və trapesiyaşəkilli QSZPŞ-nin fəaliyyəti, analizi və struktur elementlərinin hesablanması alqoritmləri təklif edilmiş və işlənmişdir. Dövri işləyən robototexnoloji kompleksin idarəetmə modeli üçbucaq QSZPŞ şəklində, mexaniki emal istehsal sistemində paralel fəaliyyətli emal qurğularının idarəetmə modeli trapesiyaşəkilli QSZPŞ şəklində işlənmişdir.

5. Mövqeləri qeyri səlis markerləşməyə malik V_f tipli QSPŞ və V_f tipli QSZPŞ-nin fəaliyyəti, analizi və struktur elementlərinin hesablanması alqoritmləri təklif edilmiş və işlənmişdir. Mexaniki emal istehsal sistemində paralel işləyən emal qurğularının idarəetmə modeli V_f tipli QSPŞ və V_f tipli QSZPŞ şəklində işlənmişdir.

6. RZPŞ və V_f tipli QSZPŞ-nin fəaliyyəti üçün produksiyalar qaydasına əsaslanan qərar qəbuletmə modelləri işlənmişdir.

7. Delphi 7.0 proqramlaşdırma sistemində QSZPŞ-nin tətbiqi ilə mürəkkəb sistemlərin modelləşdirilməsinin proqram təminatı sistemi işlənmişdir. Proqram təminatının tətbiqi və MATLAB mühitində Fuzzy Logic Toolbox qeyri səlis modelləşdirmə paketindən istifadə etməklə idarəetmə modelləri tədqiq edilmişdir.

DISSERTASIYANIN ƏSAS MÜDDƏALARI AŞAĞIDAKI ELMİ İŞLƏRDƏ DƏRC EDİLMİŞDİR:

1. Akhmedov, M.A., Mustafayev, V.A., Salmanova, M.N. Fuzzy models of active elements Working in the flexible manufacture system // **Proceedings The Third International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics” (PCI 2010)**, Volume I, –Baku:–6-9 september,–2010,–p.44-46. <https://ict.az/uploads/konfrans/PCI2010/PCI%202010%20V%201/11.pdf>
2. Мустафаев, В.А., Салманова, М.Н. Разработка алгоритма функционирования и анализа стохастических алгебраических сетей Петри // **Материалы Республиканской научно-технической конференции «Актуальные проблемы автоматизации и управления»**, – Баку:– 27 декабрь, –2012, – с. 296-298.
3. Mustafayev, V.A., Salmanova, M.N. Qeyri-səlis modelləşdirmə aparatlarının müasir vəziyyətinin analizi // **Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları, III Respublika Elmi konfransı**, – Sumqayıt:– 15-16 dekabr,– 2016,– s.334-335.
4. Салманова, М.Н., Руфуллаева, Р.А. Модель база правил на основе нечётких лингвистических высказываний // **Материалы Республиканской научной конференции «Задачи прикладной математики и новые информационные технологии»**, –Сумгаит:– 15-16 декабрь, – 2016, –с.281-282.
5. Мустафаев, В.А., Рагимов, Ш.Р., Салманова, М.Н. Разработка алгоритма вычисления структурных элементов нечетких временных сетей Петри // **Материалы I Республиканской конференции «Актуальные научно-практические проблемы программной инженерии»**, –Баку:–17 май,– 2017,– с.61-63. https://ict.az/uploads/konfrans/soft_eng/13.pdf
6. Мустафаев, В.А., Салманова, М.Н. Алгоритм вычисления структурных элементов модели нечеткого управления // **Материалы международной научной конференции «Теоретические и прикладные проблемы математики»**, – Сумгаит:– 25-26 май,– 2017,– с. 232-233.

7. Талыбов Н.Г. Моделирование динамических взаимодействующих процессов с применением нечетких временных сетей Петри / Н.Г.Талыбов, В.А.Мустафаев, М.Н.Салманова [и др.] // **Электротехнические и информационные комплексы и системы**,– Уфа:– 2017. Т.13, №2, – с.48-54. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30043084>
8. Мустафаев, В.А., Салманова, М.Н. Моделирование динамических взаимодействующих процессов с применением подклассов нечетких временных сетей Петри // **Материалы XII Международной конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы математики и информатики»**, –Махачкала: – 19-22 сентябрь,– 2017, –с.205-210.
9. Salmanova M.N. Üçbucaq qeyri səlis zaman parametrlı şəbəkənin fəaliyyət alqoritminin işlənməsi // **Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XXI respublika elmi konfransının materialları I**,– Bakı: –24-25 oktyabr, –2017, –s.49-51.
10. Мустафаев В.А., Салманова М.Н. Модель функционирования производственной системы механообработки в виде раскрашенных временных сетей Петри //–Уфа: **Электротехнические и информационные комплексы и системы**, –2018. Т.14, № 2, – с.37-45. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36674320>.
11. Мустафаев В.А., Салманова М.Н. Разработка модели функционирования обрабатывающего центра с применением нечетких временных сетей Петри //–Воронеж: **Вестник Воронежского государственного технического университета**, –2018. Т.14, №3,– с.13-19. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34977125>.
12. Фаттахов, Д.Ш., Салманова, М.Н. Модель управления параллельно функционирующими обрабатывающими устройствами в виде временных сетей Петри // **Материалы IV научно-практической международной конференции молодых ученых «Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук»**, – Тольятти: – 23-25 апрель,– 2018, –с.540-545.

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35613727>.

13. Салманова, М.Н. Модель функционирования транспортного манипулятора в виде раскрашенных временных сетей Петри // **Материалы Международной научно-практической конференции по возможностям и перспективам информационных технологий и систем в строительстве**, –Баку:– 05-06 июль,– 2018, –с. 46-51.
14. Мустафаев, В.А., Салманова, М.Н., Модель принятия решений для функционирования раскрашенных временных сетей Петри // **Материалы международной научной конференции информационные системы и технологии: достижения и перспективы**, –Сумгаит:–15-16 ноябрь, –2018, –с. 256-258.
15. Мустафаев В.А., Салманова М.Н., Сетевая модель обрабатывающего центра в производственной системе механообработки //–Сумгаит: **«Научные известия» СГУ**, Естественные и технические науки,–2018.Т.18, №4, – с.65-69.
16. Абасзаде, Р.Р.,Салманова, М.Н., Модель синхронизации движения транспортных манипуляторов в производственном модуле механообработки // **V Международная научно-практическая конференция молодых ученых «Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук»**, –Тольятти: –22 - 24 апрель, – 2019, – с. 86-90. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41179745>
17. Mustafayev, V.A., Salmanova, M.N. Modeling the dynamic interaction processes using fuzzy Petri nets of type V_f // **14TH International Conference on Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2019)**, –Minsk:–21-23 may, –2019, –p.27-30.
18. Salmanova M.N. Mexaniki emal mərkəzində nəqliyyat manipulyatorlarının fəaliyyətinin sinxronlaşdırılması modeli // –Sumqayıt: **Sumqayıt Dövlət Universiteti, Elmi xəbərlər**.Təbiət və texniki elmlər bölməsi, – 2019. Cild 19, №2, – s.72-78.
19. Мустафаев, В.А., Салманова, М.Н. Алгоритм вычисления структурных элементов нечетких сетей Петри с

- неопределенностью маркировки позиций // **Материалы Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам**, – Алушта: – 24 -31 май, – 2019, – с. 166-168.
20. Мустафаев, В.А., Салманова, М.Н. Моделирование динамических взаимодействующих процессов с применением нечетких временных сетей Петри // **Материалы XXXII международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях»**, – Санкт-Петербург:– 3-7 июнь, – 2019, –с. 43-50. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41420987>
 21. Мустафаев В.А., Салманова М.Н. Моделирование динамических взаимодействующих процессов с применением нечетких сетей Петри типа V_f //–Воронеж: **Вестник Воронежского государственного технического университета**, – 2019. Т.15 , №3, – с.28-33. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38250846>
 22. Мустафаев, В.А., Салманова, М.Н. Нечеткая модель параллельно функционирующих обрабатывающих устройств в системе механообработки // **Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения. Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием**, –Тольятти:– 22 - 24 апрель, – 2019, – с. 278-285. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39539871>
 23. Salmanova M.N. Real zaman rejimli paralel proseslərin modelləşdirilməsinin program təminatı sisteminin işlənməsi //– Bakı: **İnformasiya Texnologiyaları problemləri**, –2019. №2, – s.105-113. <https://jpit.az/az/journals/247>
 24. Мустафаев, В.А., Салманова, М.Н. Модель принятия решений для функционирования нечетких временных сетей Петри типа V_f // **Материалы XIII Международной конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы математики и информатики»**, –Махачкала:– 16-20 сентябрь, – 2019, –с. 120-122.
 25. Мустафаев В.А., Салманова М.Н. Моделирование

- динамических взаимодействующих процессов с применением нечетких временных сетей Петри типа V_f //—Москва: **Вестник компьютерных и информационных технологий**, –2019. № 9(183),–с.19-26. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41146434>.
26. Mustafayev, V.A., Salmanova, M.N. Decision making model for controls of complex parallel functioning distributed systems // **The 7th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications (COIA 2020)**, – Baku: –26-28August,–2020,– p.293-295. http://www.coia-conf.org/upload/editor/files/COIA2020_V1.pdf

Dissertasiyanın müdafiəsi 11 fevral 2022-ci il tarixində saat 16⁰⁰-da Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.20 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1141, Bakı şəhəri, B.Vahabzadə küçəsi, 68.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları AMEA İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun rəsmi internet saytında (<http://www.isi.az>) yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 28 dekabr 2021-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 20.12.2021

Kağızın formatı: 60*84/^{1/16}

Həcm: 39870 işarə

Tiraj:100