

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

*Əlyazması hüququnda*

## **PARALEL FƏALİYYƏTLİ PROSESLƏRİN QEYRİ- SƏLİS İDARƏETMƏ MODEL VƏ ALQORİTMLƏRİNİN İŞLƏNMƏSİ**

İxtisas: 3338.01 - Sistemli analiz, idarəetmə və  
informasiyanın işlənməsi  
(modelləşdirmə və idarəetmə)

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **İradə Səməd qızı Zeynalabdiyeva**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi  
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

### **AVTOREFERATI**

**Bakı-2025**

Dissertasiya işi Sumqayıt Dövlət Universitetinin “İnformasiya texnologiyaları” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

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

Rəsmi opponentlər: Texnika elmləri doktoru, professor  
**Məhəmməd Nurməhəmməd oğlu Nuriyev**

Texnika elmləri doktoru, professor  
**Ələkbər Əliağa oğlu Əliyev**

Texnika elmlər namizədi, dosent  
**Nizami Duman oğlu Cəfərov**

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

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

Dissertasiya şurasının elmi katibi: texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Akif Vəli oğlu Əlizadə**

Elmi seminarın sədri: texnika elmləri doktoru, professor  
**Tarlan Səməd oğlu Abdullayev**

İMZANI TƏSDİQLƏYİR  
ADNSU-nun Elmi Kəşfiyyat Şurasının  
dosent N.Əliyeva



## **İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI**

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** Yeni avtomatlaşdırma vasitələrinin (sənaye və intellektual robotlar, avtomatik idarə olunan nəqliyyat və anbar sistemləri, qaldırıcı-mövqələşdirici manipulyatorlar, proqramla idarə olunan dəzqah və avadanlıqlar və s.) istifadəsi ilə yaradılan çevik istehsal modulları (ÇİM) və onların kompleks şəkildə, asinxronluq və paralellik prinsiplərinə riayət etməklə, idarə olunmasını təmin edən çevik istehsal sistemlərinin (ÇİS) layihələndirilməsi və tətbiqi, istehsal sahələrinin avtomatlaşdırılmasının perspektiv istiqamətlərindən biridir.

ÇİM-in tətbiqi üçün yüksək dəqiqliyə malik və mexatron qurğuların (MQ) fəaliyyətini təmin etməyə oriyentasiyalı emal mərkəzlərinin layihələndirilməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Tədqiqatlar onu göstərir ki, emal mərkəzlərin müxtəlif səbəblərdən (şəbəkədə elektrik enerjisinin dəyişməsi, ətraf mühitdə temperatur və digər parametrlərin pozulması və s.) MQ-da emal mərhələlərində qeyri-dəqiqlik və qəza hallarına səbəb olur.

Problemin mövcud vəziyyətinin təhlili göstərir ki, mürəkkəb diskret xarakterli dinamik sistemlər qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyət göstərən asinxron avtomatlar toplusu kimi təsvir olunmaqla modelləşdirilməli və tədqiq edilməlidir. Bu halda səbəb-nəticə əlaqələrinin təsviri üçün universal riyazi aparat olan Petri şəbəkələri (PŞ) daha çox tətbiq edilir. PŞ ilə obyektləri statik və dinamik modellər şəklində modelləşdirməklə tədqiq etmək mümkündür. PŞ-nin digər üstünlükləri ondan ibarətdir ki, onunla şəbəkəni xarakterizə edən əsas xassələrinin analizi, obyektədən kənarda, kompüter eksperimenti ilə reallaşdırılır.

Qeyri-müəyyənlik şəraitində fəaliyyət göstərən mürəkkəb sistemlərin analizi göstərir ki, onların modelləşdirilməsi və tədqiqi ehtimal, həm də qeyri-səlis (QS) xarakter daşıyır, bu isə yeni konstruksiyaların yaradılmasını stimullaşdırır.

ÇİS müəyyən zaman intervalında son məqsədə nail olmaq üçün operativ idarəetmə rejimində fəaliyyət göstərməlidir. Odur ki, ÇİS-in idarəetmə sistemində iki idarə etmə texnologiyasının, yəni QS məntiq

və operativ idarəetmə üsullarından istifadə edilməsi səmərəli yanaşma hesab edilir. Bu nöqteyi nəzərdən dissertasiya işinin mövzusu aktualdır.

**Tədqiqatın obyektı və predmeti.** Dissertasiya işində tədqiqat obyektı kimi müxtəlif xarakterli situasiyalarda paralellik prinsipi gözlənilməklə fəaliyyət göstərən mexaniki emal istehsal modulları seçilmişdir. İşdə paralel fəaliyyətli istehsal modullarının PŞ-nin genişlənmələri və modifikasiyalı konstruksiyaları ilə modelləşdirilməsi, tədqiqi və idarə edilməsinin model və alqoritmləri işlənmişdir.

**Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri.** Dissertasiya işinin məqsədi mexaniki emal prosesində paralel fəaliyyətli ÇİM-dən ibarət ÇİS-in zaman,  $QS, C_f$  tipli QSPŞ-nin tətbiqi ilə tədqiqi, modelləşdirilməsi, idarə olunmasının model və alqoritmlərinin işlənməsidir.

**Tədqiqat üsulları.** İşdə qarşıya qoyulan məqsədə nail olmaq üçün Petri şəbəkəsi nəzəriyyəsi, qraflar nəzəriyyəsi, qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsi, riyazi modelləşdirmə nəzəriyyələrindən və produksiya qaydaları konsepsiyasının üsullarından istifadə edilmişdir.

Bu məqsədə nail olmaq üçün dissertasiya işində aşağıdakı həlli tələb olunan məsələlər müəyyən edilmişdir:

**Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.**

➤ Paralel fəaliyyətli istehsal modullarının PŞ-nin genişlənmələri şəklində modelləşdirilməsi, tədqiqi və idarəetmə modellərinin işlənməsi;

➤ Bir marşurut üzrə paralel modullardan ibarət avtomatlaşdırılmış kompleksin zaman PŞ(ZPŞ) ilə idarəetmə modelinin işlənməsi;

➤ QSPŞ-nin modelləşdirmə aparatı kimi seçilməsinin əsaslandırılması, keçidlərin yerinə yetirilməsi qaydaları və struktur elementlərinin hesablanması alqoritminin işlənməsi;

➤ Mexaniki emal prosesində iki və üç moduldan ibarət paralel fəaliyyət göstərən emal mərkəzlərinin QS idarəetmə modellərinin işlənməsi;

➤ Keçidlərin yerinə yetirilməsi və QSPŞ-nin dinamik vəziyyətinin dəyişməsi qaydalarının işlənməsi;

➤ Paralel proseslərin QS produksiyalar qaydası (QSPQ) ilə təsviri və mexaniki emal istehsalında kasset konveyerin idarə edilməsinin QSPQ bazasının yaradılması;

➤ Mexaniki emal istehsalında kasset konveyerin idarə edilməsinin modifikasiyalı  $C_f$  tipli QSPŞ qərar qəbuletmə modelinin işlənməsi;

➤ Mexaniki emal istehsal sistemində paralel fəaliyyətli ÇİM-in idarə olunmasının model və alqoritmlərinin proqram təminatının işlənməsi.

**Elmi yeniliklər.** Dissertasiya işinin elmi yenilikləri aşağıdakılardan ibarətdir:

✓ Bir marşurut üzrə paralel modullardan ibarət avtomatlaşdırılmış kompleksin struktur-kinematik sxemi təklif olunaraq elementlərinin funksional və səbəb-nəticə əlaqələrinin qeyri-müəyyən parametrlərlə xarakterizə olunan idarəetmə modeli ZPŞ şəklində işlənməmişdir.

✓ Mexaniki emal prosesində fəaliyyət göstərən emal mərkəzlərinin struktur-kinematik sxemi nümunəsində QS produksiya modeli QSPŞ şəklində təsvir olunaraq, paralel işləyən istehsal modullarının modifikasiyalı QSPŞ şəklində idarəetmə modeli işlənməmişdir.

✓ QSPŞ-nin keçidlərinin yerinə yetirilməsi qaydaları və struktur elementlərinin hesablanması alqoritmi təklif edilmiş və işlənməmişdir. Alqoritmin tətbiqi ilə bir marşurut üzrə avtomatlaşdırılmış kompleksin, iki və üç ÇİM-dən ibarət paralel fəaliyyətli mexaniki emal istehsal sistemlərinin modifikasiyalı QSPŞ şəklində idarəetmə modelləri işlənməmişdir.

✓ Paralel fəaliyyət göstərən proseslərin QSPQ ilə təsviri analiz edilmiş, QSPŞ-nin modifikasiyalarının tətbiqi ilə diskret xarakterli obyektlərin modelləşdirilməsinin realizasiyası proqram təminatının spesifikasiyası və verifikasiyası əsasında işlənməmiş idarəetmə modellərindən və alqoritmlərdən istifadənin məqsədəuyğunluğu əsaslandırılmış və dürüstlüyü tədqiq edilmişdir.

**İşin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti və nəticələrin tətbiqi.** Dissertasiya işinin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, alınmış elmi-praktiki nəticələr, təklif olunmuş yanaşmalar,

alqoritmlər, işlənmiş idarəetmə modelləri mexaniki emal prosesində paralel fəaliyyətli ÇİM-dən ibarət ÇİS-in layihələndirilməsində, süni intellekt texnologiyasında, idarəetmədə, mürəkkəb və QS şəraitdə fəaliyyət göstərən dinamik əlaqəli paralel proseslərin modelləşdirilməsi və tədqiqində istifadə oluna bilər.

**İşin aprobasiyası.** Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı Respublika və beynəlxalq elmi-texniki konfranslarda müzakirə edilmişdir: Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları, III Respublika Elmi konfransı (Sumqayıt, 15-16 dekabr, 2016); IV Национальная научно-практическая конференция, Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве (Казань, 06–07 декабря, 2018); Международная научная конференция, Наука, технология, производство (Уфа, 22 май, 2017); “Program mühəndisliyinin aktual elmi – praktiki problemləri” I respublika konfransı (Bakı, 17 may, 2017); İnformasiya sistemləri və texnologiyalar nailiyyətlər və perspektivlər: Beynəlxalq Elmi konfransı (Sumqayıt, 15-16 noyabr, 2018); Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XXI, XXII, XXIII Respublika elmi konfransları (Bakı, 2017, 2018, 2019); İnformasiya sistemləri və texnologiyalar, nailiyyətlər və perspektivlər II Beynəlxalq elmi konfrans (Sumqayıt, 9-10 iyul, 2020), Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları, IV Respublika Elmi konfransı (Sumqayıt, 09-10 dekabr, 2021); The 8<sup>th</sup> International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications (COIA 2022) (Baku, 24-26 august, 2022); IECHCI 2022, İnsan-kompüter qarşılıqlı əlaqəsi beynəlxalq şərq konfransı (Naxçıvan, 9-10 sentyabr, 2022).

**Çap olunmuş elmi əsərlər.** Dissertasiya işi üzrə 19 elmi iş: onlardan 7 məqalə, 12 iş elmi-praktik konfransların materiallarında nəşr olunmuşdur.

**Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.** İş Sumqayıt Dövlət Universitetində yerinə yetirilmişdir. Dissertasiya işi üzrə elmi-tədqiqat işlərinin yerinə yetirilməsində dəyərli elmi məsləhətlərə görə SDU-nun İnformatika kafedrasının professoru V.A.Mustafayevə minnətdarlığımı bildirirəm.

**Dissertasiyanın həcmi və strukturu.** Dissertasiya işi girişdən, dörd fəsildən, əsas nəticələrdən, 112 adda istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından, əlavələrdən və ixtisarların siyahısından ibarətdir. İşin ümumi həcmi 128 səhifə, 6 cədvəl, 19 şəkil daxil olmaqla 179084 işarə təşkil edir: Giriş–23920 işarə, Birinci fəsil–47790 işarə, İkinci fəsil–45651 işarə, Üçüncü fəsil–40901 işarə, Dördüncü fəsil–18679 işarə, Nəticə – 2143 işarə.

## İŞİN MƏZMUNU

**Girişdə** mövzunun və aparılan tədqiqatların aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatların məqsədi və istiqamətləri müəyyən-ləşdirilmiş, tədqiqat obyektı və predmeti, tədqiqat üsulları, müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar, tədqiqat nəticəsində əldə olunan elmi yeniliklər və işin praktiki əhəmiyyəti, aprobeşiyası, dissertasiyanın həcmi və strukturu təqdim edilmişdir.

**Birinci fəsildə** paralel fəaliyyət göstərən istehsal modullarının modelləşdirilməsi və idarə edilməsinin ədəbiyyat mənbələrinə və təcrübəyə istinadən müasir vəziyyəti analiz edilmişdir. Qeyri-müəyyənlik və QS-lik şəraitində fəaliyyət göstərən texniki sistemlərin idarə edilməsindəki problemlərin araşdırılmasına baxılmışdır. Səbəb-nəticə əlaqələrinin yazılışı üçün adekvat model kimi diskret xarakterli sistemlərin tədqiqində riyazi aparat olan PŞ geniş istifadə edilir. Eyni zamanda PŞ-nin konstruksiyasında asinxronluq və paralellik prinsiplərinin realizasiyasının mümkünlüüyü müxtəlif xarakterli paylanmış proseslərin modelləşdirilməsi və tədqiqini təmin edir<sup>1</sup>.

Təcrübə göstərir ki, kompüterin operativ idarəetmə sisteminə tətbiqində idarəetmə məsələsinin riyazi qoyuluşunda ənənəvi üsullardan istifadə müəyyən çətinliklərlə müşayiət olunur. Bu hal modelin sərt olması, struktur elementlərinin mürəkkəbliyi və xarici təhrifedici təsirlərə qarşı kifayət qədər invariant olmaması nəticəsində onun real sistemə uyğunluq dərəcəsinin zəif olması ilə əlaqədardır.

---

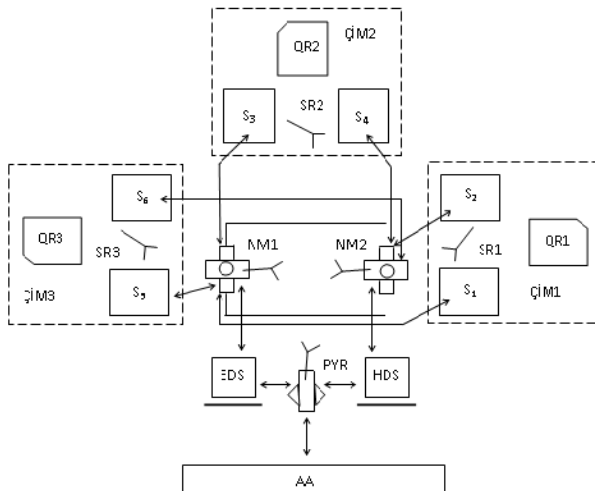
<sup>1</sup> Əhmədov M.A., Zeynalabdiyeva İ.S. Paralel fəaliyyətli istehsal modullarının modelləşdirmə üsulları ilə tədqiqinin müasir vəziyyətinin təhlili. //–Sumqayıt: Elmi xəbərlər.Təbiət və texniki elmlər bölməsi, -2019, .cild 19, №2. -s.66-71. <https://www.ssu-scientificnews.edu.az/pdf/T19-2.pdf>

Göstərilən problemlərin aradan qaldırılması üçün yeni yanaşmaların işlənməsi, xüsusən də PŞ nəzəriyyəsinin müxtəlif modifikasiyalarının tətbiqi aktualıq kəsb edir.

**İkinci fəsildə** paralel fəaliyyətli istehsal modullarının PŞ-nin genişlənmələri şəklində idarəetmə modellərinin işlənməsi məsələlərinə baxılır. Bu məqsədlə bir marşurut üzrə paralel modullardan ibarət kompleksin, mexaniki emal prosesində iki və üç moduldən ibarət paralel işləyən istehsal modullarının qeyri-səlis idarəetmə modellərinin zaman və PŞ-nin modifikasiyaları şəklində işlənməsi məsələlərinə baxılmışdır.

**Bir marşurut üzrə paralel modullardan ibarət avtomatlaşdırılmış kompleksin idarəetmə modelinin işlənməsi**

Paralel işləyən ÇİM-dən ibarət avtomatlaşdırılmış kompleksə daxildir (Şəkil 1): üç ÇİM, hər bir modula daxildir: qurğu (QR), sənaye robotu (SR), 2 saxlayıcı : S<sub>1</sub> - emal olunmamış detallar üçün ; S<sub>2</sub> – emal olunmuş detallar üçün; iki nəqliyyat manipulyatoru (NM); emal edilməmiş detalların saxlayıcısı (EDS); emal edilmiş hazır detalların saxlayıcısı (HDS); paylayıcı yığıcı robot (PYR); avtomatlaşdırılmış anbar (AA).



**Şəkil 1. Avtomatlaşdırılmış kompleksin struktur kinematik sxemi**



Başlanğıc markerləşmənin qiymətindən asılı olaraq seçilmiş modulun özündən əvvəlki və özündən sonrakı modullarla əlaqəsi saxlayıcılar vasitəsi ilə həyata keçirilir. Belə ki, proses bir marşurut üzrə həyata keçirilir: emal edilməmiş detallar giriş saxlayıcısına yerləşdirilir və emal prosesi üçün gözləyir; qurğul boşdursa yüklənir; emal olunur, sonra detallar boşaldılır; sonra qurğul2 yüklənir; detalların emalından sonra qurğul2 boşaldılır və sonra qurğul3 yüklənir; detalların emalından sonra qurğul3 boşaldılır: beləliklə dövr təkrar olunur.

Paralel işləyən ÇİM-dən ibarət avtomatlaşdırılmış kompleksin idarəetmə modeli ZPŞ şəklində təsvir edilir.

ZPŞ-nin mövqelər və keçidlər çoxluğu aşağıdakı kimi təyin edilmişdir. Mövqelər çoxluğu: P<sub>1</sub>- NM HDS-in mövqesindədir, tutqac qurğusu bağlıdır; P<sub>2</sub>- NM EDS-ə detal boşaldır; P<sub>3</sub>- NM HDS-in mövqesinə doğru hərəkət edir; P<sub>4</sub>- NM HDS-in mövqesindədir, tutqac qurğusu açıqdır; P<sub>5</sub>- NM HDS-dən emaledilməmiş detal götürür; P<sub>6</sub>- NM ÇİM1-in giriş saxlayıcısına doğru hərəkət edir, tutqac qurğusu bağlıdır; P<sub>7</sub>- NM ÇİM1-in giriş saxlayıcısı mövqesindədir, tutqac qurğusu bağlıdır; P<sub>8</sub>- HDS boşdur; P<sub>9</sub>- HDS-də detal var; P<sub>10</sub>- EDS boşdur; P<sub>11</sub>- EDS-də detal var; P<sub>12</sub>- PYR HDS-in mövqesinə hərəkət edir; P<sub>13</sub>- PYR HDS-dən detal götürür; P<sub>14</sub>- PYR hazır detalı AA-nın saxlayıcısına yerləşdirir, emal olunmamış detalla yüklənir; P<sub>15</sub>- PYR EDS-in mövqeyindədir, tutqac qurğusu bağlıdır; P<sub>16</sub>- PYR EDS-ə detal yerləşdirir; P<sub>17</sub>- PYR HDS-ə doğru hərəkət edir, tutqac qurğusu açıqdır. Keçidlər çoxluğu: t<sub>1</sub> - NM emal edilmiş detalı HDS-ə boşaltmağa başlayır; t<sub>2</sub> - NM-in boşaltma prosesi başa çatdı; t<sub>3</sub> - NM EDS-in yüklənmə mövqeyindədi; t<sub>4</sub> - NM EDS-dən emal edilməmiş detalları yükləməyə başlayır; t<sub>5</sub> - NM-in EDS-dən yükləmə prosesi sona çatdı; t<sub>6</sub> - NM ÇİM-in yüklənmə mövqeyindədir; t<sub>7</sub> - PYR-in EDS-də yükləmə prosesi sona çatdı; t<sub>8</sub> - PYR HDS-in boşaltma mövqeyindədir; t<sub>9</sub> - PYR HDS-in boşaltma prosesinə başladı; t<sub>10</sub> - PYR –in HDS-də boşaltma prosesi sona çatdı; t<sub>11</sub> - PYR EDS-in yükləmə mövqeyindədir; t<sub>12</sub> – PYR EDS-dən yükləmə prosesinə başladı.

İlkin markerləşmə  $\mu_0 = (10010101010001101)$  vektoru ilə şəbəkənin icazəli keçidlər ardıcılığının trayektoriyası tapılmışdır

$$\tau = (t_1 t_2 t_3 t_4 t_5 t_6 t_7 t_4 t_5 t_7 t_{12}).$$

$t_1$  keçidi  $\tau = 4$  anında yerinə yetirilir, yeni markerləşmə vektoru  $\mu_1 = (01010100110001100)$ ;

$t_2$  keçidi  $\tau = 7$  anında yerinə yetirilir, yeni markerləşmə vektoru  $\mu_2 = (00110100110001100)$ ;

$t_3$  keçidi  $\tau = 9$  anında yerinə yetirilir, yeni markerləşmə vektoru  $\mu_3 = (00020100110001100)$ ;

$t_4$  keçidi  $\tau = 12$  anında yerinə yetirilir, yeni markerləşmə vektoru  $\mu_4 = (00011100101001100)$ ;

$t_5$  keçidi  $\tau = 15$  anında yerinə yetirilir, yeni markerləşmə vektoru  $\mu_5 = (00010110101001100)$ ;

$t_6$  keçidi  $\tau = 17$  anında yerinə yetirilir, yeni markerləşmə vektoru  $\mu_6 = (00010020101001100)$ ;

$t_7$  keçidi  $\tau = 19$  anında yerinə yetirilir, yeni markerləşmə vektoru  $\mu_7 = (00010020110101100)$ ;

$t_8$  keçidi  $\tau = 22$  anında yerinə yetirilir, yeni markerləşmə vektoru  $\mu_8 = (00001020101101100)$ ;

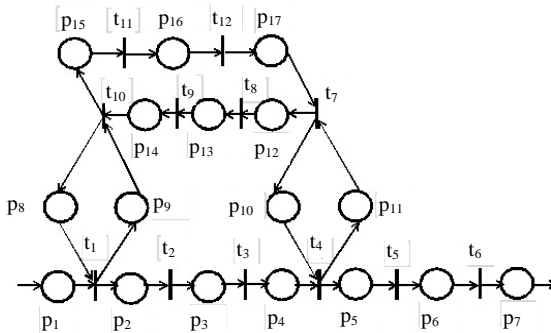
$t_9$  keçidi  $\tau = 25$  anında yerinə yetirilir, yeni markerləşmə vektoru  $\mu_9 = (00000030101101100)$ ;

$t_{10}$  keçidi  $\tau = 27$  anında yerinə yetirilir, yeni markerləşmə vektoru  $\mu_{10} = (00000030110201100)$ ;

$t_{11}$  keçidi  $\tau = 30$  anında yerinə yetirilir, yeni markerləşmə vektoru,  $\mu_{11} = (00000030100201101)$ ;

əməliyyat müddəti başa çatdı.

ZPŞ şəklində işlənmiş üç istehsal modulundan ibarət avtomatlaşdırılmış kompleksin idarəetmə modelinin giriş və çıxış insidentlik funksiyaları təyin edilmiş, ZPŞ şəklində idarəetmə modelinin strukturu formalaşdırılaraq şəbəkənin keçidlər ardıcılığı trayektoriyası tapılmış, bir məşurut üzrə avtomatlaşdırılmış kompleksin idarəetmə modelinin qraf-sxemi qurulmuşdur (Şəkil 2).



**Şəkil 2. Bir maşurut üzrə avtomatlaşdırılmış kompleksin idarəetmə modelinin qraf-sxemi**

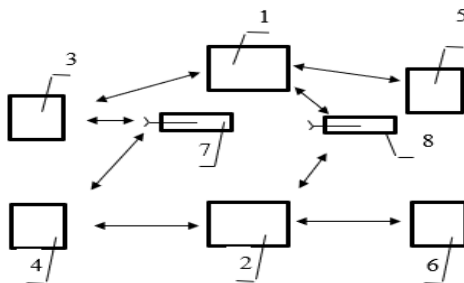
**Mexaniki emal prosesində iki moduldan ibarət paralel işləyən istehsal modullarının qeyri-səlis idarəetmə modeli**

Qeyri-müəyyən şəraitdə mexaniki emal istehsal sistemində paralel işləyən ÇİM-lərin idarəetmə modeli QSPŞ şəklində təsvir edilir. Bu məqsədlə QSPŞ-nin keçidlərinin yerinə yetirilməsi qaydaları və şəbəkənin struktur elementlərinin hesablanması alqoritmi işlənmişdir.

Paralel işləyən ÇİM-lərdən ibarət modulun idarəetmə modelinə baxılır<sup>2</sup> (Şəkil 3).

Şəkildə verilmişdir: 1- detal üzərində 1-ci əməliyyatı yerinə yetirən qurğu 1; 2- detal üzərində 1-ci əməliyyatı yerinə yetirən qurğu 2; 3- qurğu 1-in giriş saxlayıcısı; 4- qurğu 2-nin giriş saxlayıcısı; 5- qurğu 1-in çıxış saxlayıcısı; 6- qurğu 2-nin çıxış saxlayıcısı; 7- qurğu 1-in və qurğu 2-nin giriş buferinə emal olunmamış detalı yükləyən SR1; 8- qurğu 1-in və qurğu 2-nin çıxış buferinə emal olunmuş detalı boşaldan SR2.

<sup>2</sup> Атаев Г.Н., Зейналабдыева И.С. Модель принятия решений управление параллельно функционирующих обрабатывающих устройств. // –Sumqayıt: Sumqayıt Dövlət Universiteti, Elmi xəbərlər.Təbiət və texniki elmlər bölməsi, - 2022, cild 22, № 2, -səh. 64-69



**Şəkil 3. Paralel fəaliyyətli emal qurğularının struktur kinematik sxemi**

Detal emal edən modulun produksiya sistemi aşağıdakı qaydalardan təşkil olunub:

**Qayda 1.** Əgər qurğu 1-in giriş saxlayıcısında emal olunmamış detal yerləşdirilibsə, və sənaye robotu 1 boşdursa, və qurğu 1 detal üzərində birinci əməliyyatı yerinə yetirmirsə, *onda* sənaye robotu 1-in qolu sola döndür, detailı tutur, qurğu 1-i yükləyir.

**Qayda 2.** Əgər qurğu 2-nin giriş saxlayıcısında emal olunmamış detal varsa, və sənaye robotu 1 boşdursa, və qurğu 2 detal üzərində ikinci əməliyyatı yerinə yetirmirsə, *onda* sənaye robotu 1-in qolu sağa döndür, detailı tutur, qurğu 2-ni yükləyir.

**Qayda 3.** Əgər qurğu 1-in giriş buferində detal yerləşdirilibsə, *onda* qurğu 1 detailın üzərində birinci əməliyyatı həyata keçirir;

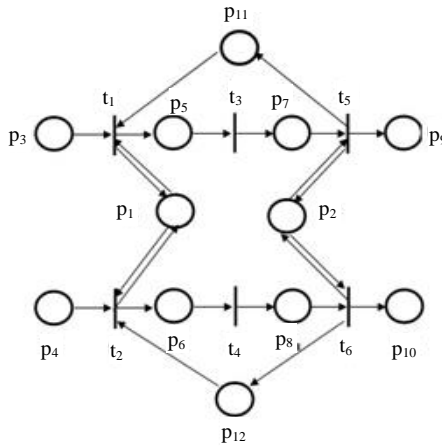
**Qayda 4.** Əgər qurğu 2-nin giriş buferində detal varsa, *onda* qurğu 2 detal üzərində ikinci əməliyyatı həyata keçirir;

**Qayda 5.** Əgər qurğu 1-in çıxış buferində emal olunmuş detal varsa, qurğu 1-in çıxış saxlayıcısı və sənaye robotu 2 boşdursa, *onda* sənaye robotu 2-nin qolu sola döndür, detailı tutur, qurğu 1-i boşaldır.

**Qayda 6.** Əgər qurğu 2-nin çıxış buferində emal olunmuş detal varsa, qurğu 2-nin çıxış saxlayıcısı və sənaye robotu 2 boşdursa, *onda* sənaye robotu 2-nin qolu sağa döndür, detailı tutur, qurğu 2-ni boşaldır.

Mexaniki emal istehsal sistemində paralel fəaliyyətli emal qurğularının qraf-sxeminə mövqelər çoxluğu aşağıdakı kimi təsvir olunur (Şəkil 4):  $P_1$  - qurğu 1-ə və qurğu 2-yə yüklənməni təmin edən

SR1;  $P_2$  - qurğu 1-ə və qurğu 2-yə yüklənməni təmin edən SR2;  $P_3$  - qurğu 1-in emal olunmamış detalların giriş saxlayıcısı;  $P_4$  - qurğu 2-nin emal olunmamış detalların giriş saxlayıcısı;  $P_5$  - emal qurğusu 1 –in giriş buferində emal olunmamış detal sayı;  $P_6$  - emal qurğusu 2 –nin giriş buferində emal olunmamış detal sayı;  $P_7$  - emal qurğusu 1 –in çıxış buferində emal olunmuş detal sayı;  $P_8$  - emal qurğusu 2 –nin çıxış buferində emal olunmuş detal sayı;  $P_9$  - qurğu 1-in emal olunmuş detalları saxlamaq üçün çıxış saxlayıcısı;  $P_{10}$  - qurğu 2-in emal olunmuş detalları saxlamaq üçün çıxış saxlayıcısı;  $P_{11}$  - emal olunmamış detal üzərində birinci əməliyyatı yerinə yetirən qurğu 1;  $P_{12}$  - emal olunmamış detal üzərində ikinci əməliyyatı yerinə yetirən qurğu 2.



**Şəkil 4. Paralel fəaliyyətli emal qurğularının Petri şəbəkəsi şəklində qraf-sxemi**

Paralel fəaliyyətli emal qurğulu modulda baş verən hadisələr aşağıdakı keçidlər şəklində təsvir edilir:

$t_1$  - emal qurğusu 1-in giriş buferinin yüklənməsini təmin edən SR1;  $t_2$  - emal qurğusu 2-nin giriş buferinin yüklənməsini təmin edən

SR1;  $t_3$  - emal olunmamış detal üzərində 1-ci əməliyyat yerinə yetirən emal qurğusu 1;  $t_4$  - emal olunmamış detal üzərində 2-ci əməliyyat yerinə yetirən emal qurğusu 2;  $t_5$  - qurğu 1-in çıxış buferində yükü boşaltma əməliyyatını yerinə yetirən SR2;  $t_6$  - qurğu 2-nin çıxış buferində yükü boşaltma əməliyyatını yerinə yetirən SR2.

Şəbəkənin mövqelər və keçidlər çoxluğunun giriş və çıxış insidentlik funksiyası  $\bar{C}(6,12)$  və  $\overset{+}{C}(6,12)$  matrisləri şəklində təsvir edilir:

$$\bar{C}(6,12) = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad \overset{+}{C}(6,12) = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Şəbəkənin insidentlik matrisinin elementləri  $c_{ij} = \overset{+}{C}_{ij} - \bar{C}_{ij}$  ( $i = 1, \bar{6}; j = 1, 1\bar{2}$ ) düsturu ilə hesablanır:

$$C_{ij} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Paralel fəaliyyətli emal qurğulu modulun başlanğıc vəziyyəti aşağıdakı vektorlarla verilir :

$$\begin{aligned} \mu(0,1) &= (0.200, 0.400); \mu(0,2) = (0.300, 0.500); \\ \mu(0,3) &= (0.500, 0.700); \mu(0,4) = (1.000, 0.900); \\ \mu(0,5) &= (0.500, 0.500); \mu(0,6) = (1.000, 0.900); \\ \mu(0,7) &= (1.000, 0.900); \mu(0,8) = (0.500, 0.500); \\ \mu(0,9) &= (0.400, 0.600); \mu(0,10) = (0.600, 0.400); \\ \mu(0,11) &= (1.000, 0.900); \mu(0,12) = (0.500, 0.500). \end{aligned}$$

Keçidlərin yerinə yetirilməsi zamanı alınan yeni markerləşmə matrisləri aşağıdakı kimidir:

$$\mu_0 = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.4 \\ 0.3 & 0.5 \\ 0.5 & 0.7 \\ 1.0 & 0.9 \\ 0.5 & 0.5 \\ 1.0 & 0.9 \\ 1.0 & 0.9 \\ 0.5 & 0.5 \\ 0.4 & 0.6 \\ 0.6 & 0.4 \\ 1.0 & 0.9 \\ 0.5 & 0.5 \end{pmatrix} \quad \mu_1 = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.4 \\ 0.3 & 0.5 \\ 0.7 & 0.0 \\ 1.0 & 0.9 \\ 0.5 & 0.5 \\ 1.0 & 0.9 \\ 1.0 & 0.9 \\ 0.5 & 0.5 \\ 0.4 & 0.6 \\ 0.6 & 0.4 \\ 1.0 & 0.0 \\ 0.5 & 0.5 \end{pmatrix} \quad \mu_2 = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.4 \\ 0.3 & 0.5 \\ 0.7 & 0.0 \\ 1.0 & 0.9 \\ 0.5 & 0.5 \\ 1.0 & 0.9 \\ 1.0 & 0.9 \\ 0.5 & 0.5 \\ 0.4 & 0.6 \\ 0.6 & 0.4 \\ 1.0 & 0.0 \\ 0.5 & 0.5 \end{pmatrix} \quad \mu_3 = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.4 \\ 0.3 & 0.5 \\ 0.7 & 0.0 \\ 1.0 & 0.0 \\ 0.5 & 0.5 \\ 0.6 & 0.6 \\ 0.6 & 0.6 \\ 0.5 & 0.5 \\ 0.4 & 0.6 \\ 0.6 & 0.4 \\ 1.0 & 0.0 \\ 0.5 & 0.5 \end{pmatrix}$$

$$\mu_4 = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.4 \\ 0.3 & 0.5 \\ 0.7 & 0.0 \\ 1.0 & 0.0 \\ 0.5 & 0.0 \\ 0.6 & 0.0 \\ 0.6 & 0.6 \\ 0.5 & 0.5 \\ 0.4 & 0.6 \\ 0.6 & 0.4 \\ 1.0 & 0.0 \\ 0.5 & 0.0 \end{pmatrix} \quad \mu_5 = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.4 \\ 0.3 & 0.5 \\ 0.7 & 0.0 \\ 1.0 & 0.0 \\ 0.5 & 0.0 \\ 0.6 & 0.0 \\ 0.6 & 0.0 \\ 0.5 & 0.5 \\ 0.4 & 0.6 \\ 0.6 & 0.4 \\ 0.6 & 0.4 \\ 0.5 & 0.0 \end{pmatrix} \quad \mu_6 = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.4 \\ 0.3 & 0.5 \\ 0.7 & 0.0 \\ 1.0 & 0.0 \\ 0.5 & 0.0 \\ 0.6 & 0.0 \\ 0.6 & 0.0 \\ 0.5 & 0.0 \\ 0.4 & 0.6 \\ 0.6 & 0.4 \\ 0.6 & 0.4 \\ 0.5 & 0.4 \end{pmatrix}$$

Kompüter simulyasiyası nəticəsində başlanğıc markerləşmədən keçidlərin başvermə ardıcılığı  $\delta = (t_1 t_2 t_3 t_4 t_5 t_6)$  alınır.

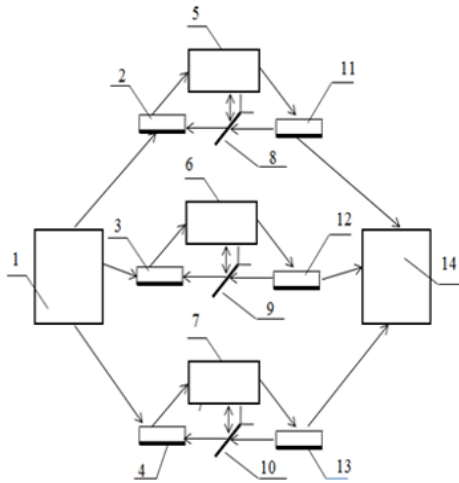
$t_1$  keçidi yerinə yetirilir, yeni  $\mu_1$  markerləşmə matrisi alınır,  $t_2$  keçidi yerinə yetirilir, yeni  $\mu_2$  markerləşmə matrisi alınır,  $t_3$  keçidi yerinə yetirilir, yeni  $\mu_3$  markerləşmə matrisi alınır,  $t_4$  keçidi yerinə yetirilir, yeni  $\mu_4$  markerləşmə matrisi alınır,  $t_5$  keçidi yerinə yetirilir, yeni  $\mu_5$  markerləşmə matrisi alınır,  $t_6$  keçidi yerinə yetirilir, yeni  $\mu_6$  markerləşmə matrisi alınır.

## **Mexaniki emal istehsal sistemində paralel fəaliyyət göstərən çevik istehsal modullarının qeyri-səlis idarəetmə modeli**

Üç moduldan ibarət paralel fəaliyyətli ÇİM-in idarəetmə modelinin işlənməsinə baxaq.

ÇİS-də hər bir ÇİM bir SR-dən, bir fərdi giriş saxlayıcısından, yarımfabrikatlar üzərində bir növ emal prosesini həyata keçirən emal qurğularından, emal olunmuş məhsul üçün çıxış saxlayıcısından ibarətdir. Hər bir modulda bir növ detal emal olunur. Yarımfabrikat giriş saxlayıcısına yerləşdirilir və emalı gözləyir. Boş qurğu onu götürərək emal prosesi həyata keçirilir. Emal prosesi bitdikdən sonra emal edilmiş detal çıxış saxlayıcısına yerləşdirilir.

Paralel fəaliyyət göstərən emaledici qurğuların strukturu şəkil 5-də göstərilmişdir<sup>3</sup>:



**Şəkil 5. Paralel fəaliyyət göstərən emaledici mərkəzin struktur sxemi**

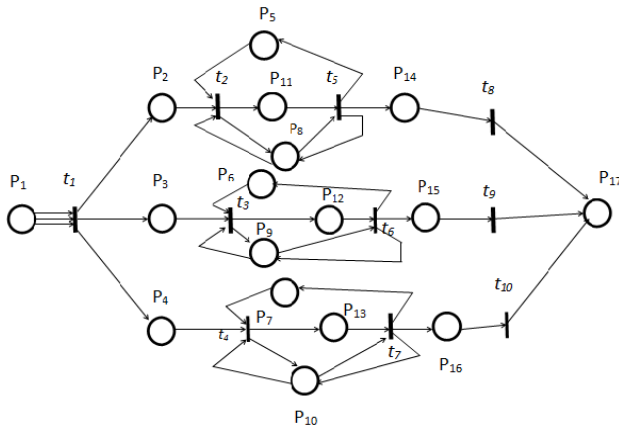
<sup>3</sup> Атаев Г.Н., Зейналабдыева И.С. Модель управления параллельно функционирующих производственных модулей в системе механообработки. // Математические методы в технике и технологиях-ММТТ, Саратовский государственный технический университет, -Саратов, Россия : -2017. Том-9, - с. 111-116



1-yarımfabrikatlar anbarı; 2,3,4- qurğul, qurğu2, qurğu3-ün giriş saxlayıcıları; 5,6,7- qurğul, qurğu2, qurğu3; 8,9,10-SR1, SR2, SR3; 11,12,13- qurğul, qurğu2, qurğu3-ün çıxış saxlayıcıları; 14- hazır məhsul anbarı.

Mexaniki emal çevik istehsal sistemində paralel işləyən ÇİM-in graf-sxemində modulların dinamik vəziyyətlər çoxluğu aşağıdakı mövqelərlə təsvir edilir (Şəkil 6).

$P_1$ - yarımfabrikatlar anbarı;  $P_2, P_3, P_4$  –qurğul, qurğu2, qurğu3-ün giriş saxlayıcıları;  $P_5, P_6, P_7$ –qurğul, qurğu2, qurğu3-ün yüklənməsini inkar edən nişanlar;  $P_8, P_9, P_{10}$  –qurğul, qurğu2, qurğu3-ün yüklənib boşaldılmasını təmin edən sənaye robotları ( $SR1, SR2, SR3$ );  $P_{11}, P_{12}, P_{13}$ –yarımfabrikatlar üzərində əməliyyat yerinə yetirən qurğul, qurğu2, qurğu3;  $P_{14}, P_{15}, P_{16}$  –qurğul, qurğu2, qurğu3-ün çıxış saxlayıcısı;  $P_{17}$  - məhsul anbarı.



**Şəkil 6. Paralel işləyən çevik istehsal modullarının graf-sxemi**

Paralel işləyən ÇİM-də mümkün hadisələr aşağıdakı keçidlərlə təsvir edilir:

$t_1$ –yarımfabrikatın anbardan qurğul, qurğu2, qurğu3-ün giriş mövqələrinə daşınması;  $t_2, t_3, t_4$  –qurğul, qurğu2, qurğu3-ün yüklənməsi prosesi;  $t_5, t_6, t_7$  –qurğul, qurğu2, qurğu3-ün yükünün boşaldılması;  $t_8, t_9, t_{10}$  –qurğul, qurğu2, qurğu3-ün girişindən emal edilmiş detalların hazır məhsul anbarına daşınması.

QSPŞ-nin üstünlüklərindən biri QSPQ-ya daxil olan qaydaların şəbəkənin elementləri şəklində effektiv təsvirinin reallaşdırılması və onun əsasına QS məntiqi nəticə çıxarmanın mümkünlüyüdür. Bu halda QSPŞ-nin mövqe və keçidləri aşağıdakı kimi interpretasiya edilir: “Qayda: Əgər A-dırsa, onda B-dir”.

Keçidin yerinə yetirilməsi və qeyri-səlis PŞ-nin dinamik vəziyyətinin dəyişməsi aşağıdakı qaydalarla təyin edilir<sup>4</sup>:

**Qayda 1:** Əgər anbarda yarımfabrikat varsa və qurğu 1-in və qurğu 2-nin və qurğu 3-ün çıxış saxlayıcılarında yarımfabrikat yoxdursa, *onda* anbardan qurğu 1, qurğu 2, qurğu 3-ün giriş saxlayıcılarına yarımfabrikatın nəqli prosesi yerinə yetirilsin;

**Qayda 2:** Əgər qurğu 1-in giriş saxlayıcısında yarımfabrikat varsa və qurğu 1 sərbəstdirsə və sənaye robotu (SR) SR1 sərbəstdirsə *onda* qurğu 1-in yüklənməsi prosesi yerinə yetirilsin;

**Qayda 3:** Əgər qurğu 2-nin giriş saxlayıcısında yarımfabrikat varsa və qurğu 2 sərbəstdirsə və sənaye robotu SR2 sərbəstdirsə *onda* qurğu 2-nin yüklənməsi prosesi yerinə yetirilsin;

**Qayda 4:** Əgər qurğu 3-ün giriş saxlayıcısında yarımfabrikat varsa VƏ qurğu 3 sərbəstdirsə VƏ sənaye robotu SR3 sərbəstdirsə *onda* qurğu 3-ün yüklənməsi prosesi yerinə yetirilsin;

**Qayda 5:** Əgər qurğu 1-in yarımfabrikat üzərində yerinə yetirdiyi əməliyyat başa çatmışdırsa və sənaye robotu SR1 sərbəstdirsə *onda* qurğu 1-in boşaldılması prosesi yerinə yetirilsin;

**Qayda 6:** Əgər qurğu 2-nin yarımfabrikat üzərində yerinə yetirdiyi əməliyyat başa çatmışdırsa və sənaye robotu SR2 sərbəstdirsə *onda* qurğu 2-nin boşaldılması prosesi yerinə yetirilsin;

**Qayda 7:** Əgər qurğu 3-ün yarımfabrikat üzərində yerinə yetirdiyi əməliyyat başa çatmışdırsa və sənaye robotu SR3 sərbəstdirsə, *onda* qurğu 3-ün boşaldılması prosesi yerinə yetirilsin;

**Qayda 8:** Əgər qurğu 1-in çıxış saxlayıcısında emal edilmiş detal varsa və sənaye robotu SR1 sərbəstdirsə *onda* emal edilmiş

---

<sup>4</sup> Mustafayev V.A., Zeynalabdiyeva İ.S., O.Ja. Kravets Control model of parallel functioning production modules as fuzzy petri nets // Journal of Physics: Conference Series. Published under licence by IOP Publishing Ltd Volume 2094 022003-2021 doi:10.1088/1742-6596/2094/2/022003



Kompüter eksperimenti nəticəsində  $\mu_0$  başlanğıc markerləşməsindən  $\delta = (t_1, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}, t_{10})$  keçidlər ardıcılığının trayektoriyası alınmışdır.

Uyğun keçidlərin yerinə yetirilməsi nəticəsində yeni markerləşmələr alınır. Başlanğıc markerləşmə matrisi  $\mu_0$  və keçidlərin yerinə yetirilməsi zamanı alınan yeni markerləşmə matrislərinin alınması ardıcılığı aşağıdakı kimidir:

$t_1$  keçidi yerinə yetirilir, yeni  $\mu_1$  markerləşmə matrisi alınır,  $t_3$  keçidi yerinə yetirilir, yeni  $\mu_2$  markerləşmə matrisi alınır,  $t_4$  keçidi yerinə yetirilir, yeni  $\mu_3$  markerləşmə matrisi alınır,  $t_5$  keçidi yerinə yetirilir, yeni  $\mu_5$  markerləşmə matrisi alınır,  $t_6$  keçidi yerinə yetirilir, yeni  $\mu_7$  markerləşmə matrisi alınır,  $t_7$  keçidi yerinə yetirilir, yeni  $\mu_{10}$  markerləşmə matrisi alınır,  $t_8$  keçidi yerinə yetirilir, yeni  $\mu_{13}$  markerləşmə matrisi alınır,  $t_9$  keçidi yerinə yetirilir, yeni  $\mu_{16}$  markerləşmə matrisi alınır,  $t_{10}$  keçidi yerinə yetirilir, yeni  $\mu_{19}$  markerləşmə matrisi alınır,  $t_{10}$  keçidi yerinə yetirilir, yeni  $\mu_{21}$  markerləşmə matrisi alınır.

Yuxarıda göstərilən başlanğıc verilənlər əsasında şəbəkənin kompüter simulyasiyası aparılmış, nəticədə şəbəkənin vəziyyətlər çoxluğu alınmışdır. Mexaniki emal istehsal sistemində paralel işləyən istehsal modullarının xidmət trayektoriyası təyin edilmişdir. Modelin simulyasiyası prosesində təsadüfi gecikmələr istisna olmaqla, optimal trayektoriya seçilmişdir. Göstərilmişdir ki, qəbul edilmiş qaydalar əsasında keçidlərin yerinə-yetirilməsi qeyri-səlis PŞ-nin tam olaraq fəaliyyətini və dinamikasını ifadə edir.

**Üçüncü fəsilə** mexaniki emal istehsal sistemində kasset konveyerin idarə edilməsinin qərar qəbuletmə və şəbəkə modelinin işlənməsi məsələlərinə baxılmışdır.

### **Paralel proseslərin qeyri-səlis produksiyalar qaydası ilə təsviri**

Mexaniki emal istehsalında kasset konveyerin idarə edilməsi üçün qeyri-səlis nəticəçixarma və qərar qəbuletmə modelinin işlənməsi üçün aşağıdakı məsələlər həll edilir: qeyri-səlis produksiya qaydalar bazası yaratmaq üçün giriş və çıxış linqvistik dəyişənlərin və onların term çoxluqlarının təyini; linqvistik dəyişənlərin fəzzi-

fikasiyası; giriş linqvistik dəyişənlərin aqrəqasiyasının aparılması və onların mənsubluq dərəcələrinin təyini; qeyri-səlis produksiya qaydaları əsasında nəticələrin aktivizasiyası və çıxış dəyişəninin defazzifikasiyasının reallaşdırılması.

Bu məqsədlə işdə paralel proseslərin qeyri-səlis produksiyalar qaydası ilə təsviri məsələsinə baxılmışdır. Göstərilmişdir ki, qeyri-səlis produksiyalar sisteminin qaydalar bazasını formalaşdırmaq üçün bazanın giriş və çıxış linqvistik dəyişənləri təyin olunmalıdır. Giriş linqvistik dəyişəni formal olaraq aşağıdakı dəyişənlərdən təyin olunur: emal qurğusunun giriş saxlayıcısının yüklənmə əmsalı və kasset konveyerin hərəkət sürəti.

Kasset konveyerin idarə edilməsi üçün qərar qəbuletmə modelinin qaydalar bazasının fazzifikasiyası üçün trapesiya şəkilli mənsubluq funksiyası istifadə edilir.

$f_T$  – trapesiyaşəkilli funksiya aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$f_T(x; a, b, \alpha, \beta) = \begin{cases} 0, & x \leq \alpha \\ \frac{x - \alpha}{a - \alpha}, & \alpha \leq x \leq a \\ 1, & a \leq x \leq b \\ \frac{\beta - x}{\beta - b}, & b \leq x \leq \beta \\ 0, & \beta \leq x \end{cases}$$

Burada  $a, b, \alpha, \beta$  ixtiyari həqiqi qiymətlər alan və  $\alpha \leq a \leq b \leq \beta$  şərtini ödəyən parametrlərdir.

Giriş linqvistik dəyişənlərin termlər çoxluğu aşağıdakı elementlərdən ibarətdir:

$TL1 = (\text{sıfır}, \text{sıfıra yaxın}, \text{normaya mənfi yaxın}, \text{normal}, \text{normaya müsbət yaxın})$ ;

$TL2 = (\text{minimum}, \text{orta}, \text{maksimum})$ .

Çıxış linqvistik dəyişən kimi kasset konveyerin pnevmomühərrikinin ventili təyin olunur. Çıxış linqvistik dəyişənin term çoxluğu aşağıdakı elementlərdən ibarətdir:

$TL3 = (\text{böyük olmayan sağ bucaq}, \text{böyük sağ bucaq}, \text{dəyişməz vəziyyət}, \text{böyük olmayan sol bucaq}, \text{böyük sol bucaq})$ ;

Giriş və çıxış linqvistik dəyişənlərini fazzifikasiya prosedurunun reallaşdırılması nəticəsində mexaniki emal istehsalında

kasset konveyerin idarə edilməsinin qeyri-səlis produksiyalar bazası aşağıdakı qaydalardan ibarət olur<sup>5</sup>:

*Qayda 1: ƏGƏR* emal qurğusunun giriş saxlayıcısının yüklənmə əmsalı sıfır, sıfıra yaxındırsa [0, 0, 0.25, 1], *VƏ* kasset konveyerin hərəkət sürəti minimumdursa [0, 1.56, 3.15, 7.91] , *ONDA* kasset konveyerin pnevmomühərrikinin ventilini sağa böyük bucaq altında döndər[65, 75, 90, 90] ;

*Qayda 2: ƏGƏR* emal qurğusunun giriş saxlayıcısının yüklənmə əmsalı sıfır, sıfıra yaxındırsa [0, 0, 0.25, 1], *VƏ* kasset konveyerin hərəkət sürəti ortadırsa [2.88, 8.78, 11.9, 16.8] , *ONDA* kasset konveyerin pnevmomühərrikinin ventilini sağa böyük bucaq altında döndər [65, 75, 90, 90] ;

*Qayda 3: ƏGƏR* emal qurğusunun giriş saxlayıcısının yüklənmə əmsalı sıfır, sıfıra yaxındırsa [0, 0, 0.25, 1], *VƏ* kasset konveyerin hərəkət sürəti maksimumdursa [11.98, 17.2, 20.8, 27.2], *ONDA* kasset konveyerin pnevmomühərrikinin ventilini böyük olmayan sağ bucaq altında döndər[44, 55, 65, 75] ;

*Qayda 4: ƏGƏR* emal qurğusunun giriş saxlayıcısının yüklənmə əmsalı normala mənfi yaxındırsa [ 0.33, 1.5, 2, 2.5], *VƏ* kasset konveyerin hərəkət sürəti minimaldırsa [0, 1.56, 3.15, 7.91], *ONDA* kasset konveyerin pnevmomühərrikinin ventilini böyük olmayan sağ bucaq altında döndər [44, 55, 65, 75] ;

*Qayda 5: ƏGƏR* emal qurğusunun giriş saxlayıcısının yüklənmə əmsalı normala mənfi yaxındırsa [ 0.33, 1.5, 2, 2.5], *VƏ* kasset konveyerin hərəkət sürəti ortadırsa [2.88, 8.78, 11.9, 16.8] *ONDA* kasset konveyerin pnevmomühərrikinin ventilini dəyişməz vəziyyətdə saxlamaq [27.97, 37, 43, 55] ;

*Qayda 6: ƏGƏR* emal qurğusunun giriş saxlayıcısının yüklənmə əmsalı normala mənfi yaxındırsa [ 0.33, 1.5, 2, 2.5], *VƏ* kasset konveyerin hərəkət sürəti maksimaldırsa [11.98, 17.2, 20.8, 27.2], *ONDA* kasset konveyerin pnevmomühərrikinin

---

<sup>5</sup> Зейналабдыева И.С. Модель принятия решений управления движение кассетного конвейера в производстве механообработки. // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета, Республика Башкортостан, г. Уфа, Россия сild 26, № 2. -2022-с.126-133

ventilini böyük olmayan sol bucaq altında döndər [9.286, 19.29, 29.29, 39.29];

*Qayda 7: ƏGƏR* emal qurğusunun giriş saxlayıcısının yüklənmə əmsalı normala müsbət yaxındırsa [2.7, 3.06, 4, 4], *VƏ* kasset konveyerin hərəkət sürəti minimaldırsa [0, 1.56, 3.15, 7.91] *ONDA* kasset konveyerin pnevmomühərrikinin ventilini böyük olmayan sol bucaq altında döndər [9.286, 19.29, 29.29, 39.29];

*Qayda 8: ƏGƏR* emal qurğusunun giriş saxlayıcısının yüklənmə əmsalı normala müsbət yaxındırsa [2.7, 3.06, 4, 4], *VƏ* kasset konveyerin hərəkət sürəti ortadırsa [2.88, 8.78, 11.9, 16.8] *ONDA* kasset konveyerin pnevmomühərrikinin ventilini böyük sol bucaq altında döndər [0, 0, 10, 23.21];

*Qayda 9: ƏGƏR* emal qurğusunun giriş saxlayıcısının yüklənmə əmsalı normala müsbət yaxındırsa [2.7, 3.06, 4, 4], *VƏ* kasset konveyerin hərəkət sürəti maksimumdursa [11.98, 17.2, 20.8, 27.2], *ONDA* kasset konveyerin pnevmomühərrikinin ventilini böyük sol bucaq altında döndər [0, 0, 10, 23.21].

### **Kasset konveyerin idarə olunmasının qeyri-səlis qaydalar bazasının fəzifikasiyası**

*TL1* giriş linqvistik dəyişəni emal qurğusunun giriş saxlayıcısının linqvistik dəyişənin *YƏ*-nin fəzifikasiyasını reallaşdırmaq üçün  $X=[0,4]$  universumunda trapesiya şəkilli QS çoxluqlar təyin olunur:

$\widetilde{L}_1 = [0, 0, 0.25, 1]$  sıfır, sıfıra yaxın;  $\widetilde{L}_2 = [0.33, 1.5, 2, 2.5]$  normaya mənfi yaxın;  $\widetilde{L}_3 = [1.8, 2.22, 2.63, 3.23]$  normal;  $\widetilde{L}_4 = [2.7, 3.06, 4, 4]$  normaya müsbət yaxın.

*TL2* giriş linqvistik dəyişəni kasset konveyerin *HS*-nin fəzifikasiyasını reallaşdırmaq üçün üçün  $Y=[0,20]$  universumunda trapesiya şəkilli QS çoxluqlar təyin olunur:

$\widetilde{L}_1 = [0, 1.56, 3.15, 7.91]$  minimum;  $\widetilde{L}_2 = [2.88, 8.78, 11.9, 16.8]$  orta;  $\widetilde{L}_3 = [11.5, 15.1, 17.4, 20.1]$  maksimum.

*TL3* çıxış linqvistik dəyişəni kasset konveyerin *PV*-nin dönmə bucağının fəzifikasiyasını reallaşdırmaq üçün  $Z=[0,90]$

universumunda trapesiya şəkilli QS çoxluqlar aşağıdakı kimi təyin olunur:

$\widetilde{L}_1 = [9.286 \ 19.29 \ 29.29 \ 39.29]$  böyük olmayan sol bucaq;

$\widetilde{L}_2 = [0 \ 0 \ 10 \ 23.21]$  böyük sol bucaq;  $\widetilde{L}_3 = [27.97, 37, 43, 55]$

dəyişməz vəziyyət;  $\widetilde{L}_4 = [44, 55, 65, 75]$  böyük olmayan sağ bucaq;  $\widetilde{L}_5 = [65, 75, 90, 90]$  böyük sağ bucaq.

QS *TL1* giriş linqvistik dəyişəninin uyğun QS termlər çoxluğu aşağıdakı kimi təyin edilir:

$\widetilde{L}_1(x) = \{(1/0), (1/0.2), (0.75/0.4), (0.53/0.6), (0.26/0.8), (0.133/0.9)\};$

$\widetilde{L}_2(x) = \{(0/0.33), (0,743/1.2), (1/1.5), (1/1.9), (0.8/2.1), (0.4/2.3), (0/2.5)\};$

$\widetilde{L}_3(x) = \{(0/1.8), (1/2.3), (0.716/2.8), (0.216/3.1), (0.05/3.2), (0/3.23)\};$

$\widetilde{L}_4(x) = \{(0/2.7), (0.277/2.8), (0.555/2.9), (0.833/3.0), (1/3.3), (1/3.6), (1/3.9)\}.$

QS *TL2* giriş linqvistik dəyişəninin uyğun QS termlər çoxluğu aşağıdakı kimi təyin edilir:

$\widetilde{L}_1(y) = \{(0.320/0.5), (0,961/1.5), (1/2.5), (1/2.9), (0.716/4.5), (0.296/6.5), (0/7.9 \ 1)\};$

$\widetilde{L}_2(y) = \{(0/2.88), (0.020/3), (0.359/5), (1/9), (1/10), (0.979/12), (0.163/16), (0/16.8)\};$

$\widetilde{L}_3(y) = \{(0/11.5), (0.386/12), (1/14), (15), (0.812/16), (0.5/17), (0.187/18), (0/20.1)\}.$

QS *TL3* çıxış linqvistik dəyişəninin uyğun QS termlər çoxluğu aşağıdakı kimi təyin edilir:

$\widetilde{L}_1(z) = \{(1/0), (1/6), (0.924/11), (0.545/16), (0.394/18), (0.091/22), (0.015/23), (0/23.21)\};$

$\widetilde{L}_2(z) = \{(0/9.28), (0.3/12.28), (0.702/16), (1/20), (1/23.6), (0.83/31), (0.63/33), (0/39.28)\};$

$\widetilde{L}_3(z) = \{(0/65), (0.47/70), (0.944/75), (1/80), (1/85), (1/90)\};$

$\widetilde{L}_4(z) = \{(0/44), (0.545/50), (1/60), (1/65), (0.6/69), (0.2/73), (0/75)\};$

$\widetilde{L}_5(z) = \{(0/27.98), (0.223/30), (1/38), (1/40), (0.916/44), (0.416/50), (0.25/52), (0/55)\}.$

$x=3.1$  və  $y=12.7$  qiymətlərində giriş linqvistik dəyişənlərinin termlər çoxluqlarının  $\widetilde{L}_1(x)$  və  $\widetilde{L}_2(y)$  mənsubluq funksiyalarının qiymətləri hesablanır:

$\widetilde{L}_1(x) = 0; \quad \widetilde{L}_2(x) = 0; \quad \widetilde{L}_3(x) = 0.213; \quad \widetilde{L}_4(x) = 1;$

$\widetilde{L}_1(y) = 0; \quad \widetilde{L}_2(y) = 0.837; \quad \widetilde{L}_3(y) = 1.$

QS nəticə çıxarma sistemi üçün aqreqasiya şərti alt sistemə daxil olan hər bir produksiya qaydasına QS implikasiyanın tətbiqi ilə



yerinə yetirilir. Aktivasiya hər bir QSPQ-na uyğun  $q_i (i = \overline{1,9})$  doğruluq dərəcəsinin tapılması prosesidir. Bunun üçün alt şərtlərin doğruluq dərəcələrinin cəbri hasili uyğun qaydanın çəki əmsalına görə  $z=49$  qiymətində çıxış linqvistik dəyişənlərinin termlər çoxluqlarının  $\widetilde{L3}(z)$  mənsubluq funksiyalarının qiymətləri hesablanır:

$$\begin{aligned} \widetilde{L3}_1(z) &= 0; \quad \widetilde{L3}_2(z) = 0; \quad \widetilde{L3}_3(z) = 0.5; \\ \widetilde{L3}_4(z) &= 0.455; \quad \widetilde{L3}_5(z) = 0. \end{aligned}$$

$q_i (i = \overline{1,9})$  çoxluğu təyin edildikdən sonra hər bir  $p_i$  produksiya qaydasının alt çoxluğu üçün mənsubluq funksiyası QS kompozisiya üsulu ilə tapılır  $\mu(P_i) = \min\{q_i, \mu_{\widetilde{L3}}(x_i)\}, i = \overline{1,9}$ .

Burada  $\mu_{\widetilde{L3}}(x_i)$  çıxış linqvistik dəyişəninin termlər çoxluğunun mənsubluq funksiyası və  $q_i$  QSPQ-nın alt şərtlərinin doğruluq dərəcələridir:

$$\begin{aligned} \mu(p_3) &= \min\{q_1, \widetilde{L3}_4(50)\} = \min\{0.455; 0.545\} = 0.455; \\ \mu(p_4) &= \min\{q_2, \widetilde{L3}_4(45)\} = \min\{0.455; 0.09\} = 0.09; \\ \mu(p_5) &= \min\{q_3, \widetilde{L3}_3(31)\} = \min\{0.5; 0.335\} = 0.335; \\ \mu(p_1) &= \mu(p_2) = \mu(p_6) = \mu(p_7) = \mu(p_8) = \mu(p_9) = 0. \\ x &= (50 \cdot 0.455 + 45 \cdot 0.09 + 31 \cdot 0.335) / (0.455 + 0.09 + 0.335) = 42,25 \end{aligned}$$

FLT paketindən istifadə etməklə, MATLAB mühitində giriş və çıxış linqvistik dəyişənlərin fəzəfikasiyası reallaşdırılmışdır. Mamdani alqoritminin tətbiqi ilə ağırlıq mərkəzi metodundan istifadə etməklə çıxış linqvistik dəyişəninin kəmiyyət qiymətləri alınmışdır.

### **Mexaniki emal istehsalında kasset konveyerin idarə edilməsinin şəbəkə modeli**

Mexaniki emal istehsal sistemində kasset konveyerin idarə etmə modeli  $C_f$  tipli QSPŞ şəklində təsvir olunur. Modifikasiyalı  $C_f$  tipli QSPŞ aşağıdakı kimi təsvir edilir:

$$C_f = (N_p, f, \lambda, \mu_0)$$

burada :

- $N_p = (P, T, I, O)$  - modifikasiyalı  $C_f$  tipli QSPŞ-dir:  
 $P = \{p_i\}, (i = \overline{1, n})$  - sonlu QS mövqelər çoxluğu;  $T = \{t_i\}, (i = \overline{1, m})$  - sonlu QS keçidlər çoxluğu;  $I : P \times T \rightarrow (0, 1)$  və  $O : T \times P \rightarrow (0, 1)$  - uyğun olaraq keçidlərin giriş və çıxış funksiyalarıdır;

- $f = (f_1, f_2, \dots, f_m)$  - QS keçidin yerinə yetirilməsinin mənsubluq funksiyası vektorunun qiymətləridir, hər bir  $f_i \in [0,1], [\forall i \in (1,2,\dots,N)]$ ,  $N$ - natural ədədlər çoxluğudur;

- $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)$  - keçidin yerinə yetirilməsinin həyacanlanma həddi vektorunun qiymətləridir, hər bir  $\lambda_i \in [0,1], [\forall i \in (1,2,\dots, N)]$ ;

- $\mu_0 = (\mu_1^0, \mu_2^0, \dots, \mu_n^0)$  - başlanğıc markerləşmə vektorudur. Bu vektorun hər bir elementi şəbəkənin uyğun mövqesində yerləşən bir markerin qeyri-səlis mənsubluq funksiyasının qiyməti ilə təyin olunur, hər bir  $\mu_i^0 \in [0,1], [\forall i \in (1,2,\dots, N)]$ .

$C_f$  tipli modifikasiyalı QSPŞ-nin cari vəziyyəti  $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$  vektoru ilə təyin edilir. Bu vektorun elementləri ( $\mu_i \in [0,1]$ )  $p_i \in P$  mövqeyində yerləşən bir markerin QS mənsubluq funksiyasının qiyməti ilə təyin olunur.

$C_f$  tipli modifikasiyalı QSPŞ -nin  $t_j \in T$  keçidi hər hansı  $\mu$  cari markerləşməsində

$$\min\{m_i\} \geq \lambda_k / [i \in (1,2, \dots, N)] \wedge [I(p_i, t_k) > 0]$$

şərti ödənildikdə icazəlidir.

$C_f$  tipli qeyri-səlis Petri şəbəkəsinin strukturuna daxil olan mövqelər və keçidlər çoxluğu əvvəlki əvvəlki paraqrafda yaradılmış produksiya sisteminə əsaslanan qaydalar bazasına uyğun olaraq təsvir olunur və  $C_f$  tipli QSPŞ-nin strukturu təyin olunur.

Mövqelər çoxluğu:

$P_1$ - emal qurğusunun giriş saxlayıcısının yüklənmə əmsalı, sıfır, sıfıra yaxındır ;  $P_2$ - kasset konveyerin hərəkət sürəti minimaldır;  $P_3$ - kasset konveyerin pnevmə mühərrikinin ventili sağ böyük bucaq altında döndərilir;  $P_4$ - kasset konveyerin hərəkət sürəti ortadır;  $P_5$ - kasset konveyerin hərəkət sürəti maksimaldır;  $P_6$ - kasset konveyerin pnevmomühərrikinin ventili böyük olmayan sağ bucaq altında döndərilir;  $P_7$ - emal qurğusunun giriş saxlayıcısının yüklənmə əmsalı, normala mənfi yaxındır;  $P_8$ - kasset konveyerin pnevmomühərrikinin ventili dəyişməz vəziyyətdə saxlanılır;  $P_{10}$  - kasset konveyerin pnevmomühərrikinin ventili böyük olmayan sol bucaq altında döndərilir;  $P_9$ - emal qurğusunun giriş saxlayıcısının yüklənmə əmsalı,

normala müsbət yaxındır;  $P_{11}$ -kasset konveyerin pnevmomühərrikinin ventili böyük sol bucaq altında döndərilir.

Keçidlər çoxluğu:

$t_1$  - qayda 1-ə uyğun olaraq keçidin giriş mövqeləri:  $P_1, P_2$ ;  $pred(t_1) = \{P_1, P_2\}$ ;  $t_1$  keçidinin çıxış mövqesi:  $P_3$ ;  $post(t_1) = \{P_3\}$ ;  $t_2$  - qayda 2-yə uyğun olaraq keçidin giriş mövqeləri:  $P_1, P_4$ ;  $pred(t_2) = \{P_1, P_4\}$ ;  $t_2$  - keçidinin çıxış mövqesi:  $P_3$ ;  $post(t_2) = \{P_3\}$ ;  $t_3$  - qayda 3-ə uyğun olaraq keçidin giriş mövqeləri:  $P_1, P_5$ ;  $pred(t_3) = \{P_1, P_5\}$ ;  $t_3$  keçidinin çıxış mövqesi:  $P_6$ ;  $post(t_3) = \{P_6\}$ ;  $t_4$  - qayda 4-ə uyğun olaraq keçidin giriş mövqeləri:  $P_2, P_7$ ;  $pred(t_4) = \{P_2, P_7\}$ ;  $t_4$  keçidinin çıxış mövqesi:  $P_6$ ;  $post(t_4) = \{P_6\}$ ;  $t_5$  - qayda 5-ə uyğun olaraq keçidin giriş mövqeləri:  $P_4, P_7$ ;  $pred(t_5) = \{P_4, P_7\}$ ;  $t_5$  keçidinin çıxış mövqesi:  $P_8$ ;  $post(t_5) = \{P_8\}$ ;  $t_6$  - qayda 6-ya uyğun olaraq keçidin giriş mövqeləri:  $P_5, P_7$ ;  $pred(t_6) = \{P_5, P_7\}$ ;  $t_6$  keçidinin çıxış mövqesi:  $P_{10}$ ;  $post(t_6) = \{P_{10}\}$ ;  $t_7$  - qayda 7-yə uyğun olaraq keçidin giriş mövqeləri:  $P_1, P_9$ ;  $pred(t_7) = \{P_1, P_9\}$ ;  $t_7$  keçidinin çıxış mövqesi:  $P_{10}$ ;  $post(t_7) = \{P_{10}\}$ ;  $t_8$  - qayda 8-ə uyğun olaraq keçidin giriş mövqeləri:  $P_4, P_9$ ;  $pred(t_8) = \{P_4, P_9\}$ ;  $t_8$  keçidinin çıxış mövqesi:  $P_{11}$ ;  $post(t_8) = \{P_{11}\}$ ;  $t_9$  - qayda 9-a uyğun olaraq keçidin giriş mövqeləri:  $P_5, P_9$ ;  $pred(t_9) = \{P_5, P_9\}$ ;  $t_9$  keçidinin çıxış mövqesi:  $P_{11}$ ;  $post(t_9) = \{P_{11}\}$ .

$C_f$  tipli qeyri-səlis Petri şəbəkəsinin həyəcənlanma şərti ödənilən keçidlərin doğruluq dərəcəsi funksiyası vektorunun elementlərinin uyğun qiymətləri:

$$f = (0.370; 0.300; 0.900; 0.400; 0.300; 0.450; 0.500; 0.900; 0.200).$$

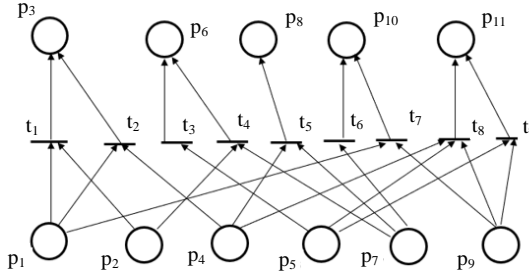
$C_f$  tipli qeyri-səlis Petri şəbəkəsinin icazəli keçidlərinin yerinə yetirilməsinin həyəcənlanma həddi vektorunun elementlərinin uyğun qiymətləri:

$$\lambda = (0.100; 0.150; 0.250; 0.300; 0.350; 0.400; 0.450; 0.500; 0.600).$$

$C_f$  tipli qeyri-səlis Petri şəbəkəsinin başlanğıc markerləşmə vektorunun elementlərinin qiymətləri:

$$\mu_0 = (0.130; 0.250; 0.350; 0.450; 0.500; 0.550; 0.600; 0.650; 0.700; 0.750; 0.800)$$

Kasset konveyerin hərəkətinin idarəetmə modelinin qraf-sxemi şəkil 7-də göstərilmişdir.



**Şəkil 7. Mexaniki emal istehsalında kasset konveyerin hərəkətinin idarəetmə modelinin qraf sxemi**

**Dördüncü fəsil** paralel fəaliyyətli proseslərin idarə olunmasında qeyri-səlis nəticə çıxarmanın proqram təminatının işlənməsi məsələsinə həsr edilmişdir.

**Paralel fəaliyyətli proseslərin Petri şəbəkəsinin genişlənmələrinin tətbiqi ilə modelləşdirilməsinin proqram təminatının işlənməsi**

Petri şəbəkəsinin genişlənmələrinin tətbiqi ilə paralel proseslərin modelləşdirilməsi üçün alqoritm və proqram təminatı işlənməmişdir. Mətn rejimində şəbəkənin giriş və çıxışlarının, eləcə də strukturunun alınması xüsusi işlənmiş alqoritmın köməyi ilə yerinə yetirilir. İşlənmiş tətbiqi proqramlar sistemi aşağıdakı əsas proqram modullarından ibarətdir: şəbəkənin mətn təsviri modulu; şəbəkənin qrafik təsviri modulu; şəbəkənin əsas xassələrinin analizi modulları; imitasiya modulu.

**Paralel fəaliyyətli proseslərin Petri şəbəkəsinin genişlənmələri ilə modelləşdirilməsinin proqram modullarının fəaliyyət alqoritmi**

**Modul 1.** Keçidlər çoxluğunun giriş və çıxış insidentlik və paylanma funksiyasının giriş mənsubluq dərəcəsi, başlanğıc markerləşmə və başlanğıc markerləşmənin paylanma funksiyasının mənsubluq dərəcəsi matrislərinin yaradılması:

*Alqoritmın başlanğıcı*

*Addım 1.1.* Petri şəbəkəsinin struktur elementlərinin formalaşması:  $g_{j,i}^-, g_{i,j}^+, w_{j,i}^-, i = \overline{1, r} \quad j = \overline{1, m+n}$

*Addım 1.2.* Başlanğıc markerləşmə və vahid vektorun elementlərinin formalaşması:  $\mu_j, E_j, j = \overline{1, m+n}$

**Modul 2.** İcazəli keçidin tapılması:

*Addım 2.1.*  $i = 1$  qəbul edilir;

*Addım 2.2.* Əgər  $i > r$  şərti ödənilirsə tupik vəziyyət elan edilir, əks halda **Addım 2.3**-ə keçid edilir;

*Addım 2.3.*  $i > r$  şərti ödənilmərsə, onda  $j = \overline{1, m}$  üçün, Əgər  $g_{ji}^- \neq \varepsilon$  ödənilirsə  $n1 = \text{card}(g_{ji}^-)$ ,  $p = \text{copy}(\mu_j, 1, n1)$  təyin edilir, əks halda **Addım 2.2** keçid olur;

*Addım 2.4.* Əgər  $p \neq g_{ji}^-$  şərti ödənilirsə, onda  $i = i + 1$  qəbul edilir, əks halda **Addım 2.2** keçid olur;

*Addım 2.5.*  $j = \overline{m+1, m+n}$  üçün hesablanır:

*Addım 2.6.* Əgər  $g_{ji}^- \neq \varepsilon$  ödənilirsə, onda  $\tilde{\mu}_j = \varepsilon$ ,  $n1 = \text{card}(\mu_j)$  hesablanır, əks halda *Addım 2.2-yə* keçid olur;

*Addım 2.7.*  $k = n1, 1$  üçün qiymət aralığında hesablanır  $\tilde{\mu}_j = \tilde{\mu}_j \text{copy}(\mu_j, k, 1)$ .

*Addım 2.8.*  $n1 = \text{card}(g_{ji}^-)$  hesablanır;

*Addım 2.9.*  $p = \text{copy}(\mu_j, 1, n1)$  hesablanır;

*Addım 2.10.* Əgər  $p \neq g_{ji}^-$  şərti ödənilirsə, onda  $i = i + 1$  qəbul edilir, əks halda *Addım 2.2-yə* keçid olur;

*Addım 2.11.*  $j = \overline{m+1, m+n}$  üçün qiymət aralığında hesablanır Əgər  $g_{ji}^- \neq \varepsilon$  ödənilirsə, onda  $\tilde{\mu}_j = \varepsilon$  qəbul edilir,  $n1 = \text{card}(\mu_j)$  hesablanır, əks halda **Addım 2.12-yə** keçid olar ;

*Addım 2.12.*  $k = n1, 1$  qiymət aralığında hesablanır  $\tilde{\mu}_j = \tilde{\mu}_j \circ \text{copy}(\mu_j, k, 1)$

*Addım 2.13.*  $n1 = \text{card}(g_{ji}^-)$  qəbul edilir;

*Addım 2.14.*  $p = \text{copy}(\mu_j, 1, n1)$  hesablanır;

*Addım 2.15.* Əgər  $p \neq g_{ji}^-$  ödənilirsə,  $i = i + 1$  qəbul edilir, əks halda *Addım 2.2* keçid edilir;

**Modul 3.** Yeni markerləşmənin paylanma funksiyası vektoru:

*Addım 3.1.*  $j = 1, m + n$  üçün yoxlanılır;

*Addım 3.2.*  $m1 = \text{card}(\mu_j)$

*Addım 3.3.*  $n1 = \text{card}(g_{ji}^-)$

*Addım 3.4.* Əgər  $j \leq m$  ödənilirsə, onda  $\mu_j = \text{copy}(\mu_j, n1 + 1, m1 - n1) * g_{ij}^+$  hesablanır, əks halda  $\mu_j = \text{copy}(\mu_j, 1, m1 - n1) * g_{ij}^+$  hesablanılır;

**Modul 4.** Keçidlər çoxluğunun giriş mənsubluq funksiyası matrisinin elementlərinin hesablanması :

*Addım 4.1.*  $k = 1, m + n$  üçün  $\min = w_{ij}^-$  şərti yoxlanılır;

*Addım 4.2.* Əgər  $W_{ij}^- < \min$  şərti ödənilirsə, onda  $\min = W_{ji}^-$  təyin edilir, əks halda *Addım 4.1-ə* keçid edilir;

*Addım 4.3.*  $j = \overline{2, m + n}$  üçün  $W_{ik}^+ = \min$  şərti ödənilirsə, *addım Addım 4.1-ə* keçid edilir;

**Modul 5.** Keçidlər çoxluğunun çıxış mənsubluq funksiyası matrisinin elementlərinin hesablanması :

*Addım 5.1.*  $k = 1, m + n$  üçün qiymət aralığında  $z = 1$  qəbul edilir;

*Addım 5.2.*  $j = 1, m + n$  qiymət aralığında hesablanır :

*Addım 5.3.* Əgər  $W_{ji}^- \neq 0$  olarsa, onda hesablanır  $z = z \cdot W_{ji}^-$  əks halda *Addım 5.2-ə* keçid edilir;

*Addım 5.4.*  $W_{ik}^+ = z$  qəbul edilir;

**Modul 6.** Yeni markerləşmənin mənsubluq funksiyası matrisinin yaradılması:

*Addım 6.1*  $j = \overline{1, m + n}$  üçün yoxlanılır:

*Addım 6.2.* Əgər  $\mu_j = 0$  ödənilirsə  $E_j = 0$  qəbul edilir, əks halda hesablanır  $\ell = \text{card}(\mu_j)$ ,  $E_j = [W_{jk}^+]^\ell$ .

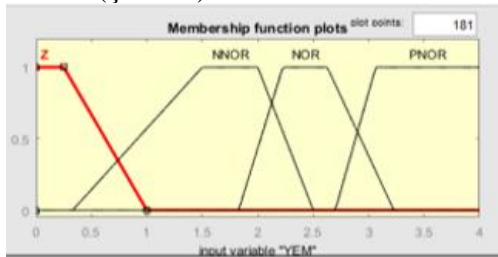
*Alqoritmin sonu.*

**MATLAB mühitində paralel fəaliyyətli qurğuların idarə olunmasında qeyri-səlis nəticə çıxarmağın reallaşdırılması**

MATLAB baza proqramından və onlarla genişləndirmə paketlərindən ibarət mükəmməl bir sistemdir. Bütün bunlar işçi mühitdə müxtəlif riyazi proseduralar və hesablama alqoritmləri daxil olan yüzlərlə quraşdırılmış funksiyalardan istifadə etməklə, zəruri məsələlərin həllinin daha çevik şəkildə reallaşdırılmasına şərait

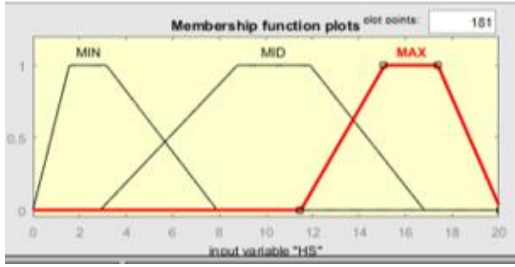
yaradır.

**Edit** menyusunda **Membership Functions** əmrini seçərək “emal qurğusunun giriş saxlayıcısının yüklənmə əmsalı”, “kasset konveyerin hərəkət sürəti” giriş və “kasset konveyerin pnevmomühərrikinin ventili” çıxış linqvistik dəyişənləri üçün termlərin trapesiyaşəkilli mənsubluq funksiyaları təyin edilmişdir. **Range** və **Display Range** sahəsinə uyğun aralıqları daxil edərək giriş və çıxış linqvistik dəyişənlərin təyin oblastını (şərti vahid) təyin edirik. “Emal qurğusunun giriş saxlayıcısının yüklənmə əmsalı” giriş linqvistik dəyişəninin qeyri-səlis qiymətlər çoxluğunun trapesiya şəkilli mənsubluq funksiyasının təsviri şəkildə göstərilmişdir. [0,4] aralığında linqvistik dəyişənlərin təyin oblastını təyin edirik TL1=(sıfır, sıfıra yaxın, normaya mənfi yaxın, normal, normaya müsbət yaxın) term çoxluğuna malikdir.  $\tilde{L}\tilde{1}_1 = [0, 0, 0.25, 1]$  sıfır, sıfıra yaxın (Z-zero);  $\tilde{L}\tilde{1}_2 = [0.33, 1.5, 2, 2.5]$  normaya mənfi yaxın (NNOR-negative normal);  $\tilde{L}\tilde{1}_3 = [1.8, 2.22, 2.63, 3.23]$  normal (NOR-normal);  $\tilde{L}\tilde{1}_4 = [2.7, 3.06, 4, 4]$  normaya müsbət yaxın (PNOR-positive normal) qeyri-səlis qiymətlər çoxluqları uyğun olaraq [0,4] aralığında təyin edilir (Şəkil 8).



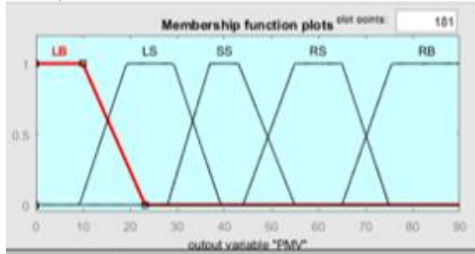
**Şəkil 8. “Emal qurğusunun giriş saxlayıcısının yüklənmə əmsalı” giriş linqvistik dəyişəninin qeyri-səlis qiymətlər çoxluğunun trapesiya şəkilli mənsubluq funksiyasının təsviri**

“Kasset konveyerin hərəkət sürəti” giriş linqvistik dəyişəni [0,20] aralığında TL2=(minimum, orta, maksimum) termlər çoxluğu şəkildə təyin edilir.  $\tilde{L}\tilde{2}_1 = [0, 1.56, 3.15, 7.91]$  minimum (MİN-minimum);  $\tilde{L}\tilde{2}_2 = [2.88, 8.78, 11.9, 16.8]$  orta (MİD-middle);  $\tilde{L}\tilde{2}_3 = [11.5, 15.1, 17.4, 20.1]$  maksimum (MAX-maximum) qeyri-səlis qiymətlər çoxluğu təyin edilir (Şəkil 9).



**Şəkil 9. “Kasset konveyerin hərəkət sürəti” giriş linqvistik dəyişəninin qeyri-səlis qiymətlər çoxluğunun trapesiya şəkilli mənsubluq funksiyasının təsviri**

“Kasset konveyerin pnevmomühərrikinin ventili” çıxış linqvistik dəyişəninin qeyri-səlis termlər çoxluğunun trapesiya şəkilli mənsubluq funksiyası  $[0,90]$  aralığında təyini də eyni qayda ilə aparılmışdır. Bu universimunda TL3=(böyük olmayan sağ bucaq, böyük sağ bucaq, dəyişməz vəziyyət, böyük olmayan sol bucaq, böyük sol bucaq) termlər çoxluğu təyin edilir:  $\widetilde{L3}_1 = [9.286, 19.29, 29.29, 39.29]$  böyük olmayan sol bucaq (LS-left small);  $\widetilde{L3}_2 = [0, 0, 10, 23.21]$  böyük sol bucaq (LB- left big);  $\widetilde{L3}_3 = [27.97, 37, 43, 55]$  dəyişməz vəziyyət (SS-stable state);  $\widetilde{L3}_4 = [44, 55, 65, 75]$  böyük olmayan sağ bucaq (RS- right small);  $\widetilde{L3}_5 = [65, 75, 90, 90]$  böyük sağ bucaq (RB-right big) (Şəkil 10).



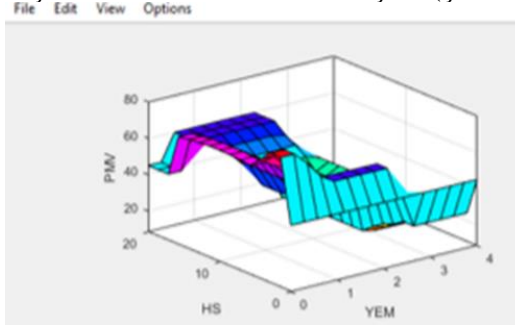
**Şəkil 10. “Kasset konveyerin pnevmomühərrikinin ventili” çıxış linqvistik dəyişəninin qeyri-səlis termlər çoxluğunun trapesiya şəkilli mənsubluq funksiyasının təsviri**

QSPQ işləndikdən sonra məntiqi çıxarış sisteminin nəticələri alınır. Bunun üçün *View* menyusunun *Rules* əmri seçilir. Açılan



pəncərənin **Input** sahəsinə giriş dəyişənlərinin uyğun qiymətləri daxil edilərək çıxış dəyişənlərinin qiymətləri və nəticələr diaqramı alınır.

**View** menyusunun **Surface** əmri ilə QS məntiqi çıxarış sisteminin üç ölçülü səthinin təsviri alınmışdır (Şəkil 11).



**Şəkil 11. “Kasset konveyerin pnevmomühərrikinin ventili” çıxış dəyişəninin defazzifikasiya nəticəsinin üç ölçülü təsviri**

MATLAB-da FLT paketinə daxil olan FİS qrafiki redaktorundan istifadə edərək kasset konveyerin idarə olunmasının  $C_f$  tipli QSPŞ şəklində qərar qəbuletmə modeli üçün QS məntiqi çıxarış sistemi işlənmişdir.

## **DİSSERTASIYA İŞİNİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ**

1. Mürəkkəb xarakterli paralel fəaliyyət göstərən dinamik diskret proseslərin PŞ-nin genişlənmələri ilə modelləşdirilməsi, tədqiqi və idarə edilməsinin ədəbiyyat mənbələrinə və təcrübəyə istinadən analizinin nəticələrini ümumiləşdirərək dissertasiya işinin məqsədi formalaşdırılmış və bu məqsədə nail olmaq üçün həlli tələb olunan məsələlər müəyyən edilmişdir.

2. Bir marşrut üzrə paralel modullardan ibarət avtomatlaşdırılmış kompleksin PŞ-nin genişlənməsi olan zaman PŞ ilə idarəetmə modeli işlənmişdir.

3. Mexaniki emal istehsal prosesində iki və üç ÇİM-dən ibarət paralellik prinsipini gözləməklə fəaliyyət göstərən emal mərkəzlərinin QSPŞ ilə idarəetmə modelləri işlənmiş və nəticələr PŞ-nin qraf-sxemləri ilə təsvir edilmişdir.

4. Giriş (emal qurğusunun giriş saxlayıcısının yüklənmə əmsali və kasset konveyerin hərəkət sürəti) və çıxış (kasset konveyerin pnevmomühərrikinin yerdəyişmə bucaqları) linqvistik dəyişənləri

əsasında kasset konveyerin idarə edilməsinin QS produksiyalar bazasının qaydaları işlənmiş, FLT paketindən istifadə etməklə Matlab mühitində giriş və çıxış linqvistik dəyişənlərin fəzififikasiyası reallaşdırılmış və Mamdani alqoritminin tətbiqi ilə ağırlıq mərkəzi metodundan istifadə etməklə çıxış linqvistik dəyişəninin kəmiyyət qiymətləri alınmışdır.

5. Mexaniki emal istehsal sistemində kasset konveyerin idarəetmə modeli  $C_f$  tipli QSPŞ şəklində təsvir edilmiş, onun strukturuna daxil olan mövqelər və keçidlər çoxluqları QS produksiyalar sisteminə əsaslanan qaydalar bazasına uyğun olaraq təsvir olunmuş və  $C_f$  tipli QSPŞ-nin strukturu əsasında kasset konveyerin hərəkətinin idarəetmə modelinin qraf-sxemi işlənmişdir.

6. Paralel fəaliyyət göstərən proseslərin QSPŞ ilə təsviri analiz edilmiş, QSPŞ-nin modifikasiyalarının tətbiqi ilə diskret xarakterli obyektlərin modelləşdirilməsinin realizasiyası proqram təminatının spesifikasiyası və verifikasiyasının əsasında işlənmiş idarəetmə modellərindən, alqoritmlərdən istifadənin məqsədəuyğunluğu əsaslandırılmış, dürüslüyü təsdiq edilmişdir. MATLAB mühitində FLT QS genişləndirmə paketindən istifadə etməklə paralel fəaliyyətli qurğuların idarə olunmasında QS nəticəçixarma reallaşdırılmışdır.

## **DİSSERTASIYA İŞİNİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ AŞAĞIDAKI DƏRC OLUNMUŞ ELMİ ƏSƏRLƏRDƏ ÖZ ƏKSİNİ TAPMIŞDIR:**

1. Əhmədov M.A., İ.S. Zeynalabdiyeva Paralel işləyən dinamik obyektlərin qeyri-səlis Petri şəbəkəsi şəklində fəaliyyət modeli // Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları, III Respublika Elmi konfransı, -Sumqayıt-2016,- s. 263-264

2. Mustafayev V.A., Zeynalabdiyeva İ.S., Rufullayeva R.A. Paralel modullardan ibarət avtomatlaşdırılmış kompleksin idarəetmə modeli. // –Sumqayıt: Sumqayıt Dövlət Universiteti, Elmi xəbərlər.Təbiət və texniki elmlər bölməsi, -2017, cild 17, № 4, -s. 61-65. [https://www.sdu.edu.az/userfiles/file/scientific\\_publications/EX%204-17\\_T.pdf](https://www.sdu.edu.az/userfiles/file/scientific_publications/EX%204-17_T.pdf)

3. Zeynalabdiyeva İ.S., Rufullayeva R.A. Paralel modullardan ibarət avtomatlaşdırılmış kompleksin idarəetmə modeli // “Proqram mühəndisliyinin aktual elmi – praktiki problemləri” I respublika

konfransı, -Bakı: İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu - 2017, 17 may, -s. 70-71

4. Zeynalabdıyeva İ.S. Paralel işləyən modulların idarəetmə modelinin strukturunun alınması. // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XXI Respublika elmi konfransı. - Bakı: BDU -2017 -s. 56-58

5. Атаев Г.Н., Зейналабдыева И.С. Модель управления параллельно функционирующих производственных модулей в системе механообработки. // Математические методы в технике и технологиях-ММТТ, Саратовский государственный технический университет, -Саратов, Россия: -2017. -с.111-116 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41153772>

6. Атаев Г.Н., Зейналабдыева И.С. Продукционная модель управление производственного модуля механообработки //Международная научная конференция, Наука, технология, производство, УГНТУ в г. Салавате -2017.-с.275-276

7. Атаев Г.Н., Зейналабдыева И.С. Продукционная правила управления параллельно функционирующих гибких производственных модулей в системе механообработки //İnformasiya sistemləri və texnologiyalar naliyyətlər və perspektivlər: Beynəlxalq Elmi konfransı.Sumqayıt: - 2018 .-s.252-256

8. Атаев Г.Н., Мустафаев В.А., Зейналабдыева И.С. Нечеткая модель управления параллельно функционирующих гибких производственных модулей в системе механообработки. // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно- энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. Казанский государственный энергетический университет. Казань, Россия, -2018. -с.3-10. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43982982>.

9. Зейналабдыева И.С. Нечеткая модель управления параллельно функционирующих гибких производственных модулей в системе механообработки. // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XXII Respublika Elmi Konfransı” - Bakı: APU - 2018 -s.235-238

10. Əhmədov M.A., Zeynalabdıyeva İ.S. Paralel fəaliyyətli istehsal modullarının modelləşdirmə üsulları ilə tədqiqinin müasir vəziyyətinin təhlili. //–Sumqayıt: Sumqayıt Dövlət Universiteti, Elmi

хəbərlər.Тəbiət və texniki elmlər bölməsi, -2019, .cild 19, №2. -s.66-71.  
<https://www.ssu-scientificnews.edu.az/pdf/T19-2.pdf>

11. Зейналабдыева И.С. Продукционная правила определяющих срабатывание переходов и изменение состоянии нечетких моделей. // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XXIII Respublika Elmi Konfransı” - Bakı: AzMIU - 2019 - s. 229-231

12. Мустафаев В.А., Зейналабдыева И.С. Модель управления производственных модулей в виде нечетких сетей Петри // İnformasiya sistemləri və texnologiyalar, nailiyyətlər və perspektivlər II Beynəlxalq elmi konfrans. Sumqayıt: - 2020 - s.262-264  
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=4563684915>.

13. Atayev G.N., Zeynalabdiyeva I.S. Decision-making model for the control of parallel-functioning processing devices. // The 8<sup>th</sup> International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications (COIA 2022), – Baku: –27-28 August, –2020, -p.99-101.  
<http://coia-conf.org/en/view/pages/22>

14. Ахмедов М.А. Зейналабдыева И.С. Продукционная модель движения кассетного конвейера в производстве механо-обработки // Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları, IV Respublika Elmi konfransı, Sumqayıt : - 2021. - s. 120-123

15. Mustafayev V.A., Zeynalabdiyeva İ.S., O.Ja. Kravets Control model of parallel functioning production modules as fuzzy petri nets // Journal of Physics: Conference Series. Published under licence by IOP Publishing Ltd Volume 2094 022003 - 2021  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2094/2/022003/pdf> doi:10.1088/1742-6596/2094/2/022003

16. Zeynalabdiyeva İ.S. Fuzzy output control of the movement of the cassette conveyor in the production of mechanical processing // –Sumqayıt: Sumqayıt Dövlət Universiteti, Elmi xəbərlər, Тəbiət və texnika elmlər bölməsi, Cild 21, № 3, - 2021. - s. 79-85  
<https://elibrary.ru/item.asp?id=47176427>

17. Атаев Г.Н., Зейналабдыева И.С. Модель принятия решений управление параллельно функционирующих обрабатывающих устройств // Sumqayıt Dövlət Universiteti, Elmi xəbərlər.Тəbiət və texniki elmlər bölməsi, cild 22, №2. -2022. -s. 64-69

<https://www.ssu-scientificnews.edu.az/pdf/T22-2.pdf>

18. Зейналабдыева И.С. Модель принятия решений управления движение кассетного конвейера в производстве механообработки. // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета, г. Уфа, Россия, сild 26 № 2. - 2022 - с.126-133 <https://elibrary.ru/item.asp?id=48830359>

19. Zeynalabdıyeva İ.S. Production Model of Cassette Conveyor Motion Control in Mechanical Processing // IECHCI2022, İnsan-kompüter qarşılıqlı əlaqəsi beynəlxalq şərq konfransi, -Naxçıvan, Azərbaycan: - 2022 -p.138-140

## **Həmmüəlliflərlə birgə işlərdə iddiaçının şəxsi fəaliyyəti:**

[1] Qeyri-səlis şərtlər daxilində paralel xarakterli obyektlərin strukturunun və fəaliyyətinin QSPŞ şəklində təsvirinin alınması;

[2],[3] Bir marşrut üzrə avtomatlaşdırılmış kompleksin şəbəkə modelinin qurulması;

[5],[12] Mexaniki emal sistemində paralel işləyən istehsal modullarının qeyri-səlis idarəetmə modelinin qurulması;

[6],[17] Paralel fəaliyyətli iki ÇİM-in idarə edilməsi üçün produksiya qaydaları ilə qərar qəbuletmə modelinin qurulmuşması;

[7] Üç ÇİM-li paralel fəaliyyətli mexaniki emal sistemində idarəetmə üçün produksiya qaydalarının işlənməsi;

[8] Mexaniki emal sistemində paralel işləyən istehsal modullarının qeyri-səlis idarəetmə alqoritminin işlənməsi;

[10] Paralel fəaliyyətli istehsal modullarının modelləşdirilməsi üsulları ilə tədqiqinin müasir vəziyyətinin analizinin aparılması;

[13], [15] Mexaniki emal istehsalında kasset konveyerin hərəkətinin idarə olunması üçün qaydalar bazasının işlənməsi;

[14] Qeyri-səlis məntiqi nəticəçıxarma mexanizminin işlənməsi.



Dissertasiyanın müdafiəsi 8 aprel 2025-ci il tarixdə saat 14<sup>00</sup>-da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.48 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1010, Bakı şəhəri, Azadlıq prospekti 16/21

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

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat "03" mart 2025-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 15.01.2025

Kağız formatı: A5

Həcm: 40000

Tiraj: 100