

UOT 519.95

MEXANİKİ EMAL MƏRKƏZİNDƏ NƏQLİYYAT MANİPULYATORLARININ FƏALİYYƏTİNİN SİNXRONLAŞDIRILMASI MODELİ

SALMANOVA MƏLAHƏT NƏSİMAN qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, baş müəllim

malaxat_70@mail.ru

Açar sözlər: nəqliyyat manipulyatoru, rəngli zaman Petri şəbəkəsi, mexaniki emal mərkəzi, markerləşmə, modelləşdirmə.

Mürəkkəb paylanmış sistemlərin modelləşdirilməsi zamanı simulyasiya edilən obyektin təsviri üçün lazım olan mövqelər və keçidlərin sayı əhəmiyyətli dərəcədə artaraq, modelləşdirmə prosesini mürəkkəbləşdirir. Belə sistemlərin modelləşdirilməsi zamanı ənənəvi Petri şəbəkəsinin genişlənmələrindən biri olan rəngli zaman Petri şəbəkəsinin (RZPŞ) tətbiqi daha aktualdır. Təqdim olunan məqalədə RZPŞ–in tətbiqi ilə mexaniki emal mərkəzində paralel fəaliyyətdə olan emaledici qurğuların giriş və çıxış saxlayıcılarının detallarla uyğun olaraq yüklənməsi və boşaldılması əməliyyatlarını icra edən nəqliyyat manipulyatorlarının hərəkətinin sinxronlaşdırılması modelinin işlənməsinə baxılmışdır.

Mexaniki emal mərkəzində sadalanan prosesləri yerinə yetirmək üçün dörd nəqliyyat manipulyatoru (NM) fəaliyyət göstərir. NM-nun fəaliyyətinin sinxronlaşdırılması modeli RZPŞ şəklində təsvir olunur. RZPŞ-nin tətbiqi şəbəkənin strukturunu mürəkkəbləşdirmədən, mövqe və keçidlərin sayını əhəmiyyətli dərəcədə azaldaraq modelləşdirilmə prosesini sürətləndirir[1,2].

Ümumiləşmiş RZPŞ formal olaraq $C = (N, R, \Lambda, \Phi, \Psi, Z, S, \mu_0)$ toplusu şəklində təyin olunur[3,4]. Burada $N = (P, T, I, O)$ – rəngli Petri şəbəkəsinin strukturudur; $P = \{p_i\}$, ($i = 1, \dots, n$; n – mövqelərin sayı) – mövqelərin boş olmayan çoxluğu; $T = \{t_j\}$, ($j = 1, \dots, m$; m – keçidlərin sayı) – keçidlərin boş olmayan çoxluğu; $I : P \times T \rightarrow \{0, 1, \dots\}$; $O : T \times P \rightarrow \{0, 1, \dots\}$ – keçidlərin uyğun olaraq giriş və çıxış funksiyaları; $R = \{r_i\}$, ($i = 1, \dots, k$; k – rənglərin sayı) – mövqelərin və markerlərin boş olmayan rənglər çoxluğu; $\Phi : (P \times R) \times T \rightarrow (0, 1)$ və $\Psi : T \times (P \times R) \rightarrow (0, 1)$ – uyğun olaraq keçidlərin giriş və çıxış mövqelərində markerlərin rənglərinin paylanma funksiyaları; Λ – şəbəkənin mövqelərində rənglərin paylanma funksiyası; $Z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$ – mövqelərdə markerlərin zamana görə gecikmə parametrləri vektoru; $S = (s_1, s_2, \dots, s_m)$ – icazəli keçidlərin yerinə yetirilmə müddəti parametrləri vektoru; μ_0 – şəbəkənin başlanğıc markerləşməsidir. Φ və Ψ funksiyaları keçidlərin yerinə yetirilməsi qaydalarını təyin edir və şəbəkənin fəaliyyəti zamanı markerlərin rənglərinin mövqelər üzrə paylanmasını müəyyənləşdirir.

Şəbəkənin mövqelərindəki markerlər iki vəziyyətdə ola bilər: buraxılan və buraxılmayan, yəni mövqelərdəki markerlərə zamana görə gecikmə parametrləri təsir edir. Gecikmə müddəti başa çatdıqda, icazəli t_j keçidinin giriş və çıxış mövqelərindəki markerlər s_j müddətində aşağıdakı qaydalara uyğun yerini dəyişir[5]:

hər bir giriş mövqeyi üçün:

$$\mu^{k+1}(p_i, r_l) = \mu^k(p_i, r_l) - \varphi(p_i, r_l) \cdot I(p_i, t_j), \quad i = 1, \overline{|I(t_j)|}, \quad l = \overline{1, k};$$

hər bir çıxış mövqeyi üçün:

$$\mu^{k+1}(p_i, r_l) = \mu^k(p_i, r_l) + \varphi(p_i, r_l) \cdot O(t_j, p_i), \quad i = \overline{1, |O(t_j)|}, \quad l = \overline{1, k}.$$

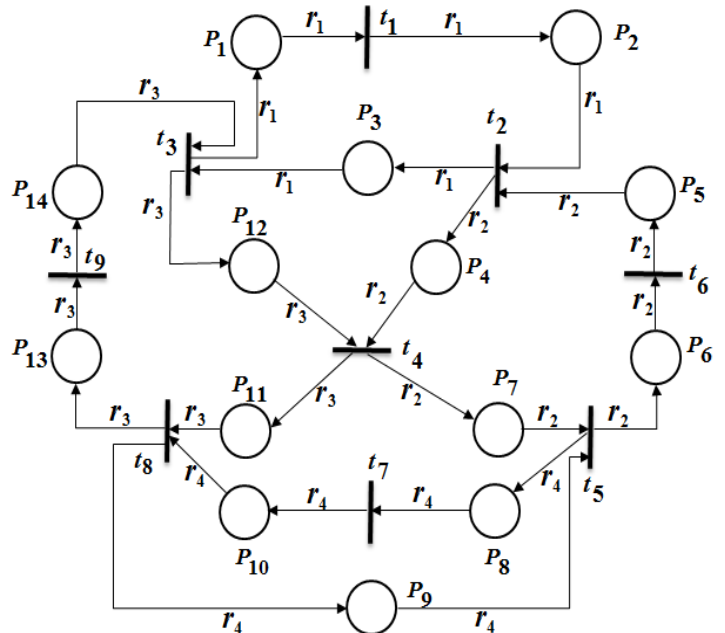
Növbəti keçidin yerinə yetirilməsi üçün $p_i \in I(t_j)$ mövqesindən $p_r \in O(t_j)$ mövqeyinə yerini dəyişən hər bir marker p_r mövqeyində z_r zaman müddətində buraxılan olmayacaq (z_r – markerin p_r mövqeyində bloklanma müddətidir, bu müddət sona çatdıqda marker yenidən buraxılan olur).

Şəbəkənin fəaliyyəti, keçidlərin yerinə yetirilməyə başlanması və sona çatması nəticəsində onun markerləşməsinin dəyişməsi prosesini ifadə edir. Keçidin yerinə yetirilməsi onun yerinə yetirilməyə başlamasından τ_{t_j} zaman taktı keçdikdən sonra başa çatır. Zaman mütləq kəmiyyət kimi deyil, saat, dəqiqə, saniyə, nanosaniyə və s. zaman vahidləri kimi qəbul edilir. Yuxarıda şərh olunanları nəzərə alaraq, RZPŞ-nin fəaliyyət alqoritmi işlənmişdir[6].

İşlənmiş modeldə nəqliyyat manipulyatorlarının vəziyyəti aşağıdakı mövqələr çoxluğu ilə təsvir olunur: p_1 – NM1-in tutqac qurğusunda NM3-ün ötürdüüyü detal var və tutqac qurğusu bağlıdır; p_2 – NM1-in tutqac qurğusu bağlıdır, NM1 detalı NM2-yə ötürmə rejimindədir; p_3 – NM1-in tutqac qurğusu bağlıdır, NM1 detalı NM3-ə ötürmə rejimindədir; p_4 – NM2-in tutqac qurğusu bağlıdır, NM2 detalı NM3-ə ötürmə rejimindədir; p_5 – NM2-in tutqac qurğusu bağlıdır, NM2 detalı NM1-ə ötürmə rejimindədir; p_6 – NM2-in tutqac qurğusunda NM4-ün ötürdüüyü detal var və tutqac qurğusu bağlıdır; p_7 – NM2-in tutqac qurğusu bağlıdır, NM2 detalı NM4-ə ötürmə rejimindədir; p_8 – NM4-ün tutqac qurğusunda NM2-in ötürdüüyü detal var və tutqac qurğusu bağlıdır; p_9 – NM4-ün tutqac qurğusu bağlıdır, NM4 detalı NM2-yə ötürmə rejimindədir; p_{10} – NM4-ün tutqac qurğusu bağlıdır, NM4 detalı NM3-ə ötürmə rejimindədir; p_{11} – NM3-ün tutqac qurğusu bağlıdır, NM3 detalı NM4-ə ötürmə rejimindədir; p_{12} – NM3-ün tutqac qurğusu bağlıdır, NM3 detalı NM2-yə ötürmə rejimindədir; p_{13} – NM3-ün tutqac qurğusunda NM4-ün ötürdüüyü detal var və tutqac qurğusu bağlıdır; p_{14} – NM3-ün tutqac qurğusu bağlıdır, NM3 detalı NM1-ə ötürmə rejimindədir.

Şəkil 1-də mexaniki emal mərkəzində NM-in fəaliyyətinin sinxronlaşdırılması qraf-modeli verilmişdir. NM-nun hərəkət trayektoriyalarının kəsişmə zonası onların bir-birinə detalların qarşılıqlı ötürülməsi prosesinin icra olunmasını ifadə edir. Şəbəkənin keçidlərinin çıxış qövslərindəki rənglər, NM-in hər birinin öz qapalı trayektoriyaları ilə kəsişməyən zonalarda sərbəst hərəkətini təsvir edir.

Moduldakı mümkün hadisələr aşağıdakı keçidlər çoxluğu ilə təsvir edilir: t_1 – NM1 detalın ötürmə mövqeyi istiqamətində yerdəyişməsini icra edir; t_2 – NM1 ilə NM2 arasında detalların qarşılıqlı ötürmə əməliyyatı icra edilir; t_3 – NM1 ilə



Şəkil 1. Mexaniki emal mərkəzində nəqliyyat manipulyatorlarının fəaliyyətinin sinxronlaşdırılmasının qraf-modeli

NM3 arasında detalların qarşılıqlı ötürmə əməliyyatı icra edilir; t_4 – NM2 ilə NM3 arasında detalların qarşılıqlı ötürmə əməliyyatı icra edilir; t_5 – NM2 ilə NM4 arasında detalların qarşılıqlı ötürmə əməliyyatı icra edilir; t_6 – NM2 detallı ötürmə mövqeyi istiqamətində yerdəyişməsini icra edir; t_7 – NM4 detallı ötürmə mövqeyi istiqamətində yerdəyişməsini icra edir; t_8 – NM3 ilə NM4 arasında detalların qarşılıqlı ötürmə əməliyyatı icra edilir; t_9 – NM3 detallı ötürmə mövqeyi istiqamətində yerdəyişməsini icra edir.

Tədqiq edilmiş modeldə dörd rəng $R = (r_1, r_2, r_3, r_4)$ verilmişdir: r_1 – NM1 ; r_2 – NM2; r_3 – NM3; r_4 – NM4.

Mövqelər çoxluğunun (9×14) ölçülü $D^-(9,14)$ giriş və keçidlər çoxluğunun (9×14) ölçülü $D^+(9,14)$ çıxış insidentlik matrisləri uyğun olaraq aşağıdakı kimi təsvir edilir:

$$D^-(9,14) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad D^+(9,14) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Keçidlərin giriş və çıxış mövqelərində markerlərin rənglərinin paylanma funksiyaları uyğun olaraq $\Phi(9,4)$ və $\Psi(9,4)$ matrisləri ilə təsvir olunur:

$$\Phi(9,4) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad \Psi(9,4) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Mövqelərdə rənglərin paylanması $\Lambda(14,4)$ və ilkin markerləşmə $\mu^0(14,4)$ matrisləri uyğun olaraq aşağıdakı kimi təsvir edilir:

$$\Lambda(14,4) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad \mu^0(14,4) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Mövqelərdəki markerlərin zamana görə gecikmə parametrləri vektorunun və icazəli keçidlərin yerinə yetirilmə müddəti parametrləri vektorunun elementləri aşağıdakı kimi verilir:

$$Z = (3, 4, 3, 5, 7, 6, 3, 4, 7, 5, 4, 6, 3, 4); S = (5, 2, 4, 6, 3, 7, 4, 4, 6).$$

İlkin verilənlərə əsasən kompüter eksperimenti aparılmış və aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

$$\mu^0(14,4) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \mu^1(14,4) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \mu^2(14,4) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}; \mu^3(14,4) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\mu^4(14,4) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \mu^5(14,4) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \mu^6(14,4) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \mu^7(14,4) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\mu^8(14,4) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \mu^9(14,4) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$\mu_{2,1}^0 = \mu_{5,2}^0 = \mu_{9,4}^0 = \mu_{13,3}^0 = 1$ başlanğıc markerləşməsindən yerinə yetirilən $\sigma = (t_2, t_9, t_3, t_4, t_5, t_7, t_8, t_6, t_1)$ keçidlər ardıcılığı alınmışdır. Verilmiş başlanğıc markerləşməyə uyğun olaraq, NM1 ilə NM2, NM1 ilə NM3, NM2 ilə NM3, NM2 ilə NM4 və NM3 ilə NM4 arasında detalların qarşılıqlı ötürülməsi prosesi icra edilir. Matrislərdə markerlərin dəyişməsi cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1.

Matrislərdə markerlərin dəyişməsi

Yerinə yetirilən keçidlər	Keçidlərin yerinə yetirilmə momentləri	Markerləşmələr
t_2	$\tau_{t_2} = 9$	$\mu_{3,1}^1 = 1, \mu_{3,2}^1 = 1, \mu_{4,1}^1 = 1, \mu_{4,2}^1 = 1, \mu_{9,4}^1 = 1, \mu_{13,3}^1 = 1$
t_9	$\tau_{t_9} = 18$	$\mu_{3,1}^2 = 1, \mu_{3,2}^2 = 1, \mu_{4,1}^2 = 1, \mu_{4,2}^2 = 1, \mu_{9,4}^2 = 1, \mu_{14,3}^2 = 1$
t_3	$\tau_{t_3} = 26$	$\mu_{1,1}^3 = 1, \mu_{1,3}^3 = 1, \mu_{3,2}^3 = 1, \mu_{4,1}^3 = 1, \mu_{4,2}^3 = 1, \mu_{9,4}^3 = 1, \mu_{12,1}^3 = 1, \mu_{12,3}^3 = 1$

t_4	$\tau_{t_4} = 38$	$\mu_{1,1}^4 = 1, \mu_{1,3}^4 = 1, \mu_{3,2}^4 = 1, \mu_{4,1}^4 = 1, \mu_{7,2}^4 = 1, \mu_{7,3}^4 = 1,$ $\mu_{9,4}^4 = 1, \mu_{11,2}^4 = 1, \mu_{11,3}^4 = 1, \mu_{12,1}^4 = 1$
t_5	$\tau_{t_5} = 48$	$\mu_{1,1}^5 = 1, \mu_{1,3}^5 = 1, \mu_{3,2}^5 = 1, \mu_{4,1}^5 = 1, \mu_{6,2}^5 = 1, \mu_{6,4}^5 = 1,$ $\mu_{7,3}^5 = 1, \mu_{8,2}^5 = 1, \mu_{8,4}^5 = 1, \mu_{11,2}^5 = 1, \mu_{11,3}^5 = 1, \mu_{12,1}^5 = 1$
t_7	$\tau_{t_7} = 56$	$\mu_{1,1}^6 = 1, \mu_{1,3}^6 = 1, \mu_{3,2}^6 = 1, \mu_{4,1}^6 = 1, \mu_{6,2}^6 = 1, \mu_{6,4}^6 = 1,$ $\mu_{7,3}^6 = 1, \mu_{8,2}^6 = 1, \mu_{10,4}^6 = 1, \mu_{11,2}^6 = 1, \mu_{11,3}^6 = 1, \mu_{12,1}^6 = 1$
t_8	$\tau_{t_8} = 65$	$\mu_{1,1}^7 = 1, \mu_{1,3}^7 = 1, \mu_{3,2}^7 = 1, \mu_{4,1}^7 = 1, \mu_{6,2}^7 = 1, \mu_{6,4}^7 = 1,$ $\mu_{7,3}^7 = 1, \mu_{8,2}^7 = 1, \mu_{9,3}^7 = 1, \mu_{9,4}^7 = 1, \mu_{11,2}^7 = 1, \mu_{12,1}^7 = 1,$ $\mu_{13,3}^7 = 1, \mu_{13,4}^7 = 1$
t_6	$\tau_{t_6} = 78$	$\mu_{1,1}^8 = 1, \mu_{1,3}^8 = 1, \mu_{3,2}^8 = 1, \mu_{4,1}^8 = 1, \mu_{5,2}^8 = 1, \mu_{6,4}^8 = 1,$ $\mu_{7,3}^8 = 1, \mu_{8,2}^8 = 1, \mu_{9,3}^8 = 1, \mu_{9,4}^8 = 1, \mu_{11,2}^8 = 1, \mu_{12,1}^8 = 1,$ $\mu_{13,3}^8 = 1, \mu_{13,4}^8 = 1$
t_1	$\tau_{t_1} = 86$	$\mu_{1,1}^9 = 1, \mu_{2,1}^9 = 1, \mu_{3,2}^9 = 1, \mu_{4,1}^9 = 1, \mu_{5,2}^9 = 1, \mu_{6,4}^9 = 1,$ $\mu_{7,3}^9 = 1, \mu_{8,2}^9 = 1, \mu_{9,3}^9 = 1, \mu_{9,4}^9 = 1, \mu_{11,2}^9 = 1, \mu_{12,1}^9 = 1,$ $\mu_{13,3}^9 = 1, \mu_{13,4}^9 = 1$

Nəticə. İşlənmiş alqoritmin tətbiqi ilə, RZPŞ şəklində sinxronlaşdırma modelinin struktur elementləri matris şəklində təsvir olunmuş, konflikt vəziyyətində olan icazəli keçidlərin yerinə yetirilməsi məsələsi həll edilmiş, şəbəkənin mövqe və keçidlərinin sayı azalaraq modelləşdirmə prosesi sadələşmiş və sürətlənmişdir. Delphi 7.0 sistemində proqram təminatı işlənmiş, belə ki, onun tətbiqi kifayət qədər böyük ölçülü matrislərə malik məsələləri həll etməyə imkan verir, bu da mürəkkəb paylanmış sistemlərin modelləşdirilməsi tələblərinə tam cavab verir.

ƏDƏBİYYAT

1. W.M.P. Van Der Aalst, Stahl C. Modelling Business Possesses–A Petri Net–Oriented Approach by. //The MIT Press. 2011.400 p.
2. Lopez-Mellado E. Analysis of discrete event systems by simulation of timed Petri net models. // Mathematics and Computers in Simulation, Vol 61 No. 1, 2002, pp.53-59
3. Jensen K., Kristensen L. M. Coloured Petri Nets: Modelling and Validation of Concurrent Systems. // Lst Springer Publishing Company. Incorporated. 2009. 384 p.
4. Holliday M.A., Vernon M.K., A Generalized Timed Petri Net Model For Performance Analysis. // IEEE TRANSACTIONS ON SOFTWARE ENGINEERING, vol. Se–13, No. 12, 1987.
5. Пантюшин С.В., Назаретов В.М., Тягунов О.А. и др. Моделирование робототехнических систем и гибких автоматизированных производств. М.: Высшая школа 1986, с.164-170
6. Мустафаев В.А., Салманова М.Н. Модель функционирования производственной системы механообработки в виде раскрашенных временных сетей Петри // Электротехнические и информационные комплексы и системы, № 2, т. 14, Уфа, 2018, с.37-45

РЕЗЮМЕ
МОДЕЛЬ синхронизации функционирования транспортных манипуляторов в центре механообработки
Салманова М.Н.

Ключевые слова: *транспортный манипулятор, раскрашенная временная сеть Петри, механический обрабатывающий центр, маркирование, моделирование*
Модель синхронизации функционирования транспортных манипуляторов в центре механообработки представлена в виде раскрашенных временных сетей Петри. Показано, что принятые правила срабатывания переходов полностью описывают процесс функционирования РВСЦ.

SUMMARY
SYNCHRONIZATION MODEL OF FUNCTIONING OF TRANSPORT MANIPULATORS IN THE CENTER OF MECHANICAL PROCESSING
Salmanova M.N.

Key words: *transport manipulator, colored timed Petri net, mechanical machining center, marking, modeling*
The synchronization model of functioning of transport manipulators in the center of mechanical processing presented in the form of colored timed Petri nets. It is shown that the simple rules for triggering transitions completely describe the process of functioning CTPN.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	28.11.2018
	Son variant	24.06.2019