

UOK 621.92

## MEXANİKİ YİGİM SAHƏSİNİN İDARƏETMƏ ALQORİTMİNİN MƏLUMAT BAZASININ QURULMASI VƏ PETRİ ŞƏBƏKƏSİ İLƏ TƏDQIQI

**MURADLI ZİYADƏ MAHAL** qızı

*Sumqayıt Dövlət Universiteti, doktorant*

[ziyademurad@gmail.com](mailto:ziyademurad@gmail.com)

*Açar sözlər: çevik istehsalat sahəsi, Petri şəbəkəsi, verilənlər bazası, biliklər bazası*

Məlum olduğu kimi mürəkkəb texniki sistem hesab olunan çevik istehsalat sahəsi (ÇİS) və onun modulları bir müəssisə daxilində müxtəlifkeşidli məhsulların istehsalını təmin edir. [1] Lakin bu tip istehsal sahəsi çoxsaylı standart və qeyri-standard elementlərdən ibarət olduğuna görə, elementlər arasında qarşılıqlı informasiya və funksional əlaqələri, texnoloji proses avtomatik idarəetmə vasitələri və idarəedici proqramla təchiz olunduğuna görə onun idarəetmə sisteminin işlənməsi mərhələli şəkildə həyata keçirilməlidir [2]. ÇİS-in idarəetmə sisteminin layihələndirmə prosesində tədqiqat obyektinin xarakterindən asılı olaraq informasiya təminatının ÇİS-in kompanovka sxemi, standart elementlər, qeyri-standard elementlər və onların funksional əlaqələrindən, planlaşdırma proseduru və əməliyyatları tipli verilənlər bazası yaradılır. ÇİS-in idarəetmə sistemini tam şəkildə tədqiq etmək üçün konkret verilənlər bazasının mövcudluğu kifayət etmir, çünki idarəetmə funksiyalarının təsvir edilməsi, modelləşdirilməsi, təhlili, riyazi üsullarla və kompüter eksperimentləri ilə yoxlanılması tələb olunur. Bunun üçün ÇİS-in idarəetmə sisteminin fəaliyyətinin biliklər bazası əsasında informasiya təminatının [3] işlənməsi tələb olunur.

**ÇİS-in idarəetmə sisteminin fəaliyyətinin VBİS və BBİS əsasında inteqrasiya sxeminin qurulması.** ÇİS-in idarəetmə sisteminin fəaliyyətinin informasiya təminatı verilənlər bazasının idarəetmə sisteminin (VBİS) və biliklər bazasının idarəetmə sisteminin birgə inteqrasiyası əsasında müəyyən edilir (Şək. 1). Sxemə əsasən ÇİS-in idarəetmə sisteminin qurulması mərhələli şəkildə həyata keçirilir:

**Birinci mərhələ:** ÇİS-in tətbiq sahəsinə uyğun onun istehsalat modullarının sayı, təyinatı və kompanovka sxemlərin tipləri və işçi zonaları müəyyən edilərək, 2-, 3-ölçülü təsvirlərin verilənlər bazası (VBks) yaradılır.

ÇİS-in modullarının (Şək.2) kompanovka sxemlərində yerləşdirilən hər bir aktiv elementin (standart və qeyri-standard elementlər) seçimi aparılır və uyğun verilənlər bazası (VB<sup>ae</sup>) yaradılır.

ÇİS-in vəzifəsi müxtəlifölçülü və material növlü tərtibatların mexaniki emalı, kəsilməsi və radial burması əsasında mexaniki hissələrin hazırlanmasıdır. ÇİS-in kompanovka sxeminə torno dəzgahının modulu (TDM<sub>1</sub>), frez dəzgahının modulu (FDM<sub>2</sub>), radial burulma dəzgahının modulu (RBDM<sub>3</sub>), avtomatik nəqliyyat modulu (ANM<sub>4</sub>) və hazır məhsulların saxlanması üçün anbar modulu (HMSM<sub>5</sub>) daxildir. ÇİS-də modulların tərtibatla təmin edilməsi üçün kran-manipulyator (KM) istifadə olunur. Beləliklə, ÇİS-in modullarının, onların aktiv elementlərinin tipləri və texniki göstəriciləri əsasında verilənlər bazası yaradılır [4]:

$$VB_{\text{ÇİS}} \rightarrow \{VB_{TDM1} \cup VB_{FDM2} \cup VB_{RBDM3} \cup VB_{ANM4} \cup VB_{HMSM5} \cup VB_{KM}\}$$

ÇİS-də tətbiq olunan rəqəmsal proqramla idarə olunan torno, frez və radial burma dəzgahlarının modellərinin və texniki göstəricilərinin verilənlər bazası aşağıdakı çoxluqlarla müəyyən edilir:

$$VB_{TDM1} \in \{VB_{TD1\_tg1}, VB_{TD1\_tg2}, \dots, VB_{TD2\_tgn}\}$$

$$VB_{FDM2} \in \{VB_{FD2\_tg1}, VB_{FD2\_tg2}, \dots, VB_{FD2\_tgn}\} \quad (1)$$

$$VB_{RBD3} \in \{VB_{RBD3\_tg1}, VB_{RBD3\_tg2}, \dots, VB_{RBD3\_tgn}\}.$$

ANM<sub>4</sub>-in texniki göstəricilərinin və HMSM<sub>5</sub>-də saxlanılan məhsul növlərinin, miqdarının və texniki göstəricilərinin uçotu üçün verilənlər bazası aşağıdakı çoxluqlarla müəyyən edilir:

$$VB_{ANM4} \in \{VB_{ANM4\_tg1}, VB_{ANM4\_tg2}, \dots, VB_{ANM4\_tgn}\},$$

$$VB_{HMSM5} \in \left\{ \begin{array}{l} VB_{HMSM5\_mn1}, VB_{HMSM5\_mn2}, \dots, VB_{HMSM5\_mnn} \\ VB_{HMSM5\_mm1}, VB_{HMSM5\_mm2}, \dots, VB_{HMSM5\_mmm} \\ VB_{HMSM5\_mtg11}, VB_{HMSM5\_mtg12}, \dots, VB_{HMSM5\_mtg1n} \\ VB_{HMSM5\_mtg21}, VB_{HMSM5\_mtg22}, \dots, VB_{HMSM5\_mtg2n} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ VB_{HMSM5\_mgn1}, VB_{HMSM5\_mgn2}, \dots, VB_{HMSM5\_mgnn} \end{array} \right\} \quad (2)$$

ÇİS-ə daxil olan aktiv elementlərin (torno dəzgahı, frez dəzgahı, radial burma dəzgahı, robot tara, kran manipulyator) texnoloji əməliyyatlarını planlaşdırmaq və HMSM-də saxlanılan hazır məhsulların uçotunu aparmaq üçün verilənlər bazaları arasında məntiqi əlaqələr sxemi qurulmalıdır. ÇİS-in mexaniki yığım sahəsinin aktiv elementlərinin növlərinə, qarşılıqlı əlaqələrin korporativ informasiya prinsiplərinə əsasən təmin olduğuna görə və onun quruluşundan asılı olaraq, texnoloji prosesin planlaşdırılması və idarə edilməsi üçün mərhələli şəkildə məntiqi predikatların hesablaması, produksiya dillərindən, semantik şəbəkələrdən, şəbəkə modellərindən istifadə etmək daha məqsədəuyğundur.

Verilənlər bazalarının mətn və ədədi elementlərinin əlaqələndirilməsi üçün məntiqi və produksiya modelləşdirmə üsulundan istifadə etməklə ÇİS-in texnoloji prosesini təhlil etmək [5].

#### **Petri şəbəkəsi ilə mexaniki yığım ÇİS-inin idarəetmə prosesinin modelləşdirilməsi.**

Mexaniki yığım ÇİS-inin idarəetmə prosesini modelləşdirmək üçün Petri şəbəkəsinin əsas xarakteristikaları təyin olunmalıdır [6].

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

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

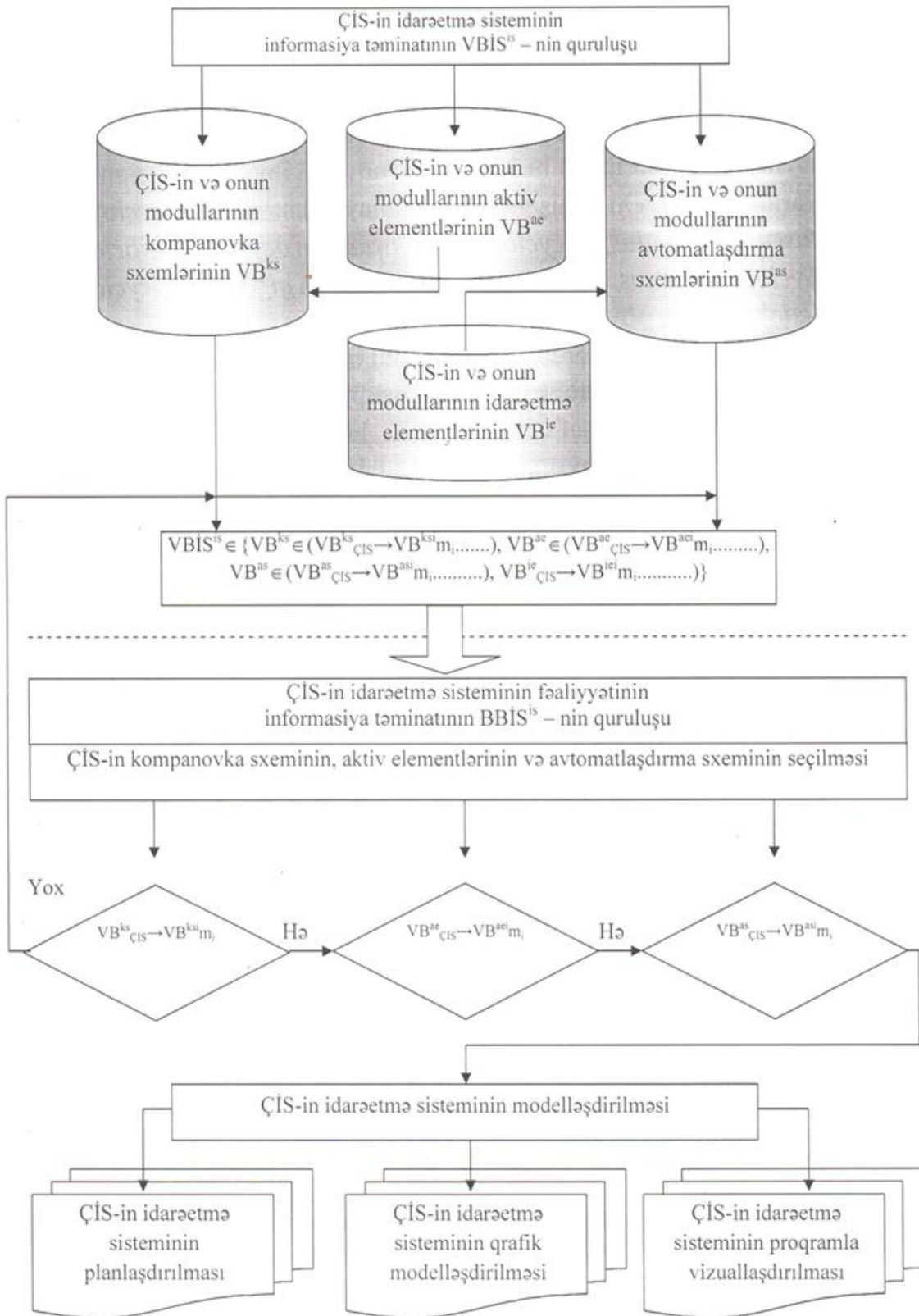
Petri şəbəkəsinin vəziyyəti onun mövqelərindəki markerlərin olub-olmaması ilə təyin olunur. Şəbəkənin vəziyyətinin dəyişməsi həyəcanlanmış keçidlərin aktivləşməsi nəticəsində markerləşmənin ardıcıl dəyişməsi ilə aşağıdakı qayda ilə yerinə yetirilir [7]:

$$M'(P_i) = M(P_i) - I(P_i, t_j) + O(t_j, P_i), \quad \forall p \in P, \quad (3)$$

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

ÇİS-in fəaliyyətini ifadə etmək üçün situasiyaları hadisələrə bölərək, hər bir hadisəyə uyğun  $P_i$  ( $i = \overline{1,10}$ ) predikatlarını təyin edək:  $P_1$  – KM-in tutqacının açıq olması;  $P_2$  – tərtibatın mövqələşdirilməsi zonasında tərtibatın olması;  $P_3$  – tərtibatın mövqələşdirilməsi zonasına KM-in aşağı hərəkət etməsi;  $P_4$  – KM-in tutqacı tərəfindən tərtibatın tutulması;  $P_5$  – KM-in yuxarı hərəkət etməsi;  $P_6$  – KM-in irəli hərəkət etməsi;  $P_7$  – KM tərəfindən TD-nin mövqələşdirici blokuna tərtibatın yerləşdirilməsi və mövqələşdirilməsi;  $P_8$  – KM-in geri hərəkət etməsi;  $P_9$  – TD-də tərtibatın emalətmə əməliyyatının başlanılması;

$P_{10}$  – TD-də tərtibatın emalətmə əməliyyatının sona çatması.



Şəkil 1. ÇİS-in idarəetmə sisteminin fəaliyyətinin VBİS və BBİS əsasında integrasiya sxemi

Predikatlara əsasən aşağıdakı aktiv hərəkətlər–keçidlər uyğundur  $t_j (j = \overline{1,9})$ :  $t_1$  – KM-in tutqacı işləmir (açıqdır);  $t_2$  – tərtibatın mövqeləşdirici zonası aktivləşir (tərtibat vardır);  $t_3$  – KM işləyir (aşağı hərəkət edir);  $t_4$  – KM-in tutqacı işləyir (qapalır);  $t_5$  – KM işləyir (yuxarı hərəkət edir);  $t_6$  – KM işləyir (irəli hərəkət edir);  $t_7$  – TD-nin mövqeləşdirici bloku işləyir;  $t_8$  – TD işləyir (emaletmə əməliyyatı başlanılır);  $t_9$  – TD işləyir (emaletmə əməliyyatı sona çatır).

Bu halda “şərt - hərəkət” şəklində produksiyalar aşağıdakı şəkildə ifadə olunur:

$$P_1 \rightarrow t_1; P_2 \rightarrow t_2; P_3 \rightarrow t_3; P_4 \rightarrow t_4; P_5 \rightarrow t_5; P_6 \rightarrow t_6; P_7 \rightarrow t_1 \& t_7; P_8 \rightarrow t_8; P_9 \rightarrow t_9.$$

Nəzərə alsaq ki, predikatların sayı 9, keçidlərin sayı 9, onda giriş çıxış matrisləri aşağıdakı kimi ifadə olunacaq:

$$D^- = \begin{array}{c|ccccccccc|c} P_1 & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 & P_6 & P_7 & P_8 & P_9 & \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & t_1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & t_6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & t_7 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & t_8 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_9 \\ \hline \end{array} \quad (4)$$

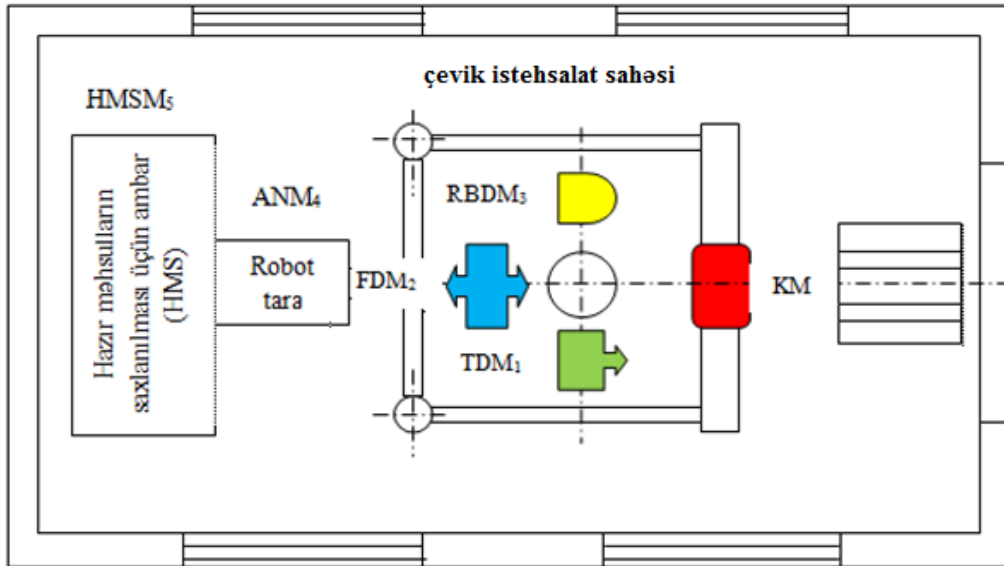
$$D^+ = \begin{array}{c|ccccccccc|c} P_1 & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 & P_6 & P_7 & P_8 & P_9 & \\ \hline 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & t_5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & t_6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & t_7 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & t_8 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & t_9 \\ \hline \end{array} \quad (5)$$

Uyğun olaraq insidentlik matrisi aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$D = \begin{array}{c|cccccccc|c} & P_1 & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 & P_6 & P_7 & P_8 & P_9 & \\ \hline & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & t_1 \\ & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_2 \\ & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_3 \\ & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_4 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & t_5 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & t_6 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & t_7 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & t_8 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & t_9 \\ \hline \end{array} \quad (6)$$

(7) insidentlik matrisinin sətir və sütunlarının sayı bir-birinə bərabər olduğuna görə, P- və T-invariantları Qauss üsulu ilə təyin olunur [8].

Mexaniki yığım ÇİS-nin komponovka sxeminə əsasən (şək. 2) idarəetmə alqoritminin tətbiq edilməsi üçün istifadə olunan Petri şəbəkəsi əsasında idarəetmə prosesinin qraf-sxemi qurulur (şək. 3).



Şəkil 2. Mexaniki yığım çevik istehsalat sahəsinin və onun modullarının kompanovka sxemi

Matris yanaşma ilə təsvir olunan Petri şəbəkəsi verilmiş markerləşmədə o zaman saxlanılan hesab olunur ki, alınmış sıfırdan fərqli çəki vektoru bütün mümkün olan markerləşmələrdə sabit qalsın. Bu halda əgər  $M_0$  – ilkin markerləşmədirsə və  $M^j$  - istənilən mümkün markerləşmədirsə, onda  $M_0X=M_iX$  bərabərliyinin ödənildiyini göstərmək lazımdır. [9] Əgər  $M^j$  markerləşməsinin  $M_0$ -dan başlayaraq alınması mümkündürsə, onda elə  $\sigma$  keçidlərin icra olunma ardıcılığı vardır ki, o şəbəkəni  $M_0$ -dan  $M^j$ -ə çevirə bilir, yəni

$$M^j = \delta(M_0, \sigma) = M_0 + f(\sigma)D. \quad (7)$$

Uyğun olaraq:

$$M_0X = M^1X = (M_0 + f(\sigma)D)X = M_0X + f(\delta)DX \quad (8)$$

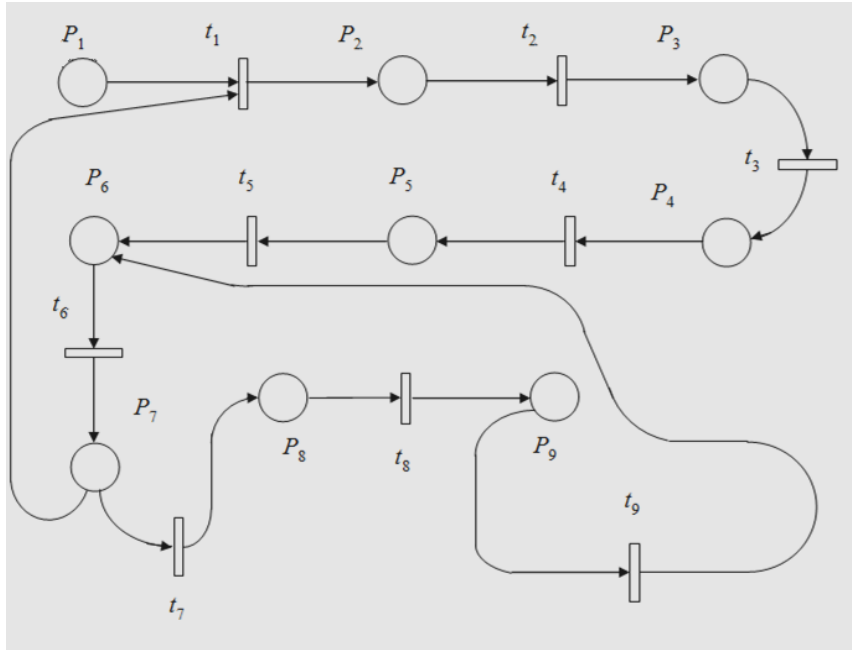
yazmaq olar. Burada  $X$  sıfırdan fərqli ( $m \times 1$ ) - ölçülü vektor olduğundan (8) yazılışından aşağıdakı ifadə alınır:

$$f(\sigma)DX = 0. \quad (9)$$

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

$$D^P \square X = 0, \quad (10)$$

$$D^T \square X = 0 \quad (11)$$



**Şəkil 3.** Mexaniki yığım ÇİS-nin fəaliyyətinin Petri şəbəkəsinin qraf-sxemi

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

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

#### **Nəticələr**

1. Mexaniki yığım təyinatlı ÇİS tədqiqat obyektini kimi seçilərək, onun texnoloji prosesinin idarəetmə alqoritminin fəaliyyətinin modelləşdirilməsinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturası işlənmişdir.

2. ÇİS-in idarəetmə sisteminin fəaliyyətinin VBİS və BBİS əsasında inteqrasiya sxemi əsasında informasiya təminatının alətləri işlənmişdir. ÇİS-in aktiv elementlərinin seçilməsi, verilənlər bazasının qurulması, idarəetmə alqoritminin mərhələli şəkildə məntiqi və produksiya modelləşdirmə üsullarının Petri şəbəkəsi nəzəriyyəsi əsasında kompüter eksperimentləri ilə tədqiq edilməsi əsaslandırılmışdır.

3. Petri şəbəkəsi ilə mexaniki yığım ÇİS-inin idarəetmə alqoritminin tətbiqinin xüsusiyyətləri təyin edilmişdir.

#### **ƏDƏBİYYAT**

1. Əhmədov M.A., Məmmədov C.F., Hüseynov A.H. Texniki sistemlərin avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsi. Bakı, 2011, 202 s.
2. Ələkbərli F.H., Ağayev U.X., Salmanov M.S. İdarəetmə sistemlərinin layihələndirilməsinin avtomatlaşdırılması. Sumqayıt, 2012, 112 s.
3. Əhmədov M.A., Əhmədova S.M., Nəsirova E.Ə. ÇİS-in verilənlər və biliklər bazalarının yaradılması və idarə alqoritminin kompüter eksperimentləri ilə tədqiqi // Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. c.9. № 2. Sumqayıt: SDÜ, 2009, s. 64-70

4. Ахмедов М.А., Магомедли Х.М. Анализ моделирующих аппаратов функционирования мехатронных устройств гибкой производственной систем // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. №1 (13). Астрахань, 2011, с. 67-73
5. Джордж Ф.Л. Искусственный интеллект, стратегии и методы решения сложных проблем // Нью-Мексикский университет, «Вильямс». М., СПб, Киев, 2005, 863 с.
6. Ахмедов М.А., Мустафаев В.А. Автоматизация моделирования применением сети Петри. Баку: Элм, 2007, 144 с.
7. Ахмедов М.А., Ахмедова С.М., Ахмедова Х.М. Автоматизированное проектирование гибких производственных систем с применением сети Петри // Научные известия. Серия: Естественные и технические науки. т. 2, №1. Сумгаит: СГУ, 2002, с. 47-50
8. Родионова М.Н. Моделирование баз знаний с использованием сетей Петри // Научный форум: Инновационная наука: сб. ст. по материалам V междунар. науч.-практ. конф. №4(5). М.: МЦНО, 2017, с. 49-53
9. Basak Ö., Albayrak Y. E. Petri net based decision system modeling in real-time scheduling and control of flexible automotive manufacturing systems // Computers & Industrial Engineering 86, 2015, pp. 116–126

**РЕЗЮМЕ**  
**СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ УЧАСТКА**  
**МЕХАНИЧЕСКОЙ СБОРКИ И ЕГО ИССЛЕДОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ**  
**СЕТИ ПЕТРИ**  
*Мурадлы З.М.*

*Ключевые слова:* гибкий производственный участок, механические станки, управление, моделирование, сеть Петри, база данных, база знаний.

Для моделирования алгоритма управления технологическим процессом на базе гибкого производственного участка (ГПУ) предложена схема интеграции средств информационного обеспечения путем создания алгоритмов системы управления базами данных (СУБД) и системы управления базами знаний (СУБЗ). На основе компоновочной схемы ГПУ создана база данных моделей и технических характеристик токарных, фрезерных и радиально-сверлильных станков с числовым программным управлением.

Для моделирования процесса управления ГПУ, поэтапно ситуации были разделены на события, определены переходы и создана производственная модель, отражающая деятельность ГПУ. На основе теории сетей Петри была построена граф-схема и рассчитаны входные выходные матрицы и матрица инцидентности для каждого события процесса управления ГПУ.

**SUMMARY**  
**CREATION OF A DATABASE OF A CONTROL ALGORITHM FOR A MECHANICAL**  
**ASSEMBLY CELL AND ITS STUDY BY MEANS OF PETRI NET**  
*Muradli Z.M.*

*Key words:* flexible manufacturing island, machine tools, control, modeling, Petri net, database, knowledge base.

To simulate a process control algorithm based on a flexible manufacturing island (FMI), a scheme for integrating information support means by creating algorithms for a database management system (DBMS) and a knowledge base management system (KBMS) is proposed. Based on the layout diagram of the FMI, a database of models and technical characteristics of turning, milling and radial drilling machines with numerical control has been created.

To simulate the control process of the FMI, the situations were gradually divided into events, transitions were determined and a production model was created that reflects the activities of the FMI. Based on the theory of Petri nets, a graph-scheme was constructed and the input output matrices and the incidence matrix were calculated for each event of the FMI control process.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	21.03.2020
	Son variant	15.09.2020