

Architecture of Modeling Process of Flexible Manufacture Systems Actions

E.A. Nasirova

Sumgait State University (43th quarter, block 1, Sumgait, Azerbaijan)

For correspondence:

Nasirova Elmira / e-mail: elmira12.02.63@gmail.com

Abstract

Formalization of the process and activity of system engineering design of technical systems a comparative analysis of artificial intelligence systems, their descriptive models and tools is carried out. Based on the comparative analysis, the main research issues of the article were identified. The architecture of the process of modeling the functioning of flexible manufacture systems (FMS) and their mechatronic means is proposed.

Keywords: technical system, modeling, artificial intelligence, Petri net, knowledge base.

DOI: 10.52171/2076-0515_2022_14_01_106_116

For citation:

Nasirova E.A.

[Architecture of modeling process of flexible manufacture systems actions]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2022, vol. 14, no. 1, pp. 106-116 (in Azerbaijani)

Çevik istehsalat sistemlərinin fəaliyyətinin modelləşdirilməsi prosesinin arxitekturası

E.Ə. Nəsirova

Sumqayıt Dövlət Universiteti (43-cü kvartal, 1-ci korpus, Sumqayıt, Azərbaycan)

Yazışma üçün:

Nəsirova Elmira / e-mail: elmira12.02.63@gmail.com

Xülasə

Texniki sistemlərin sistemotexniki layihələndirilməsi prosesinin və fəaliyyətlərinin formalizə edilməsi süni intellekt sistemlərinin, onların təsvir modellərinin və alətlərinin müqayisəli təhlili aparılmışdır. Problemin təhlili əsasında məqalənin əsas tədqiqat məsələləri və məqsədi müəyyən edilmişdir. Çevik istehsalat sistemlərinin və onların mexatron vasitələrinin fəaliyyətlərinin modelləşdirilməsi prosesinin arxitekturası təklif edilmişdir.

Açar sözlər: texniki sistem, modelləşdirmə, süni intellekt, Petri şəbəkəsi, biliklər bazası.

DOI: 10.52171/2076-0515_2022_14_01_106_116

УДК: 681.518

Архитектура процесса моделирования функционирования гибких производственных систем

Э.А. Насирова

Сумгаитский государственный университет (43-ий квартал, 1-й корпус, Сумгаит, Азербайджан)

Для переписки:

Насирова Эльмира / elmira12.02.63@gmail.com

Аннотация

Проведен сравнительный анализ систем искусственного интеллекта, их моделей и инструментов для формализации процесса системотехнического проектирования технических систем. На основе сравнительного анализа проблемы определена цель и основные вопросы исследования статьи. Предложена архитектура процесса моделирования функционирования гибких производственных систем и их мехатронных средств.

Ключевые слова: техническая система, моделирование, искусственный интеллект, сеть Петри, база знаний.

Giriş

Mürəkkəb texniki sistemlər sinifinə aid olan çevik istehsal sistemlərinin (ÇİS) işlənməsi çox mərhələli layihələndirmə prosesində həyata keçirilir. Qərbi Avropa, ABŞ, Kanada və s. ölkələrin yüksək iqtisadi inkişafı təmin edən sahələrindən biri iri miqyaslı sənaye korporasiyaları, yüksək keyfiyyətli müxtəlif təyinatlı məhsulların istehsalını təmin edən çevik avtomatlaşdırılmış müəssisələrdir. ÇİS-in işlənməsi prosesində sadə texniki sistemlərin qəbul olunmuş layihələndirmə üsullarından fərqli olaraq, ÇİS-in funksional işinin təhlili, xassələrin öyrənilməsi, texnoloji avadanlıqların, sənaye robotunun və kompanovka sxeminin seçilməsi və layihələndirilməsi, ÇİS-in standart, qeyri-standart elementlərinin və qurğuların, idarəetmə və nəzarət sisteminin işlənməsi, elementlərin optimal koordinasiyasının təşkili, sistemin işçi rejimlərinin təyin edilməsi kimi məsələlərin həlli tələb olunur.

ÇİS-in layihələndirmə prosesinin çox əlaqələndirici, işlənən müəssisələrin xüsusiyyətlərini, texnoloji və funksional tədqiqat məsələlərinin mürəkkəbliyini, ayrı-ayrı layihəçilərin qeyri müəyyən üsulla layihələrin yerinə yetirilməsini təmin etmək üçün kompüter eksperimentlərinin imitasiya üsulu ilə, qrafik rejimdə 2 və 3-ölçülü vizuallaşdırma, animasiya və multimedia texnologiyalarının tətbiqi, avtomatik idarəetmə sistemlərinin, korporativ informasiya və şəbəkə sistemlərinin tətbiq edilməsi tələb olunur. Bununla əlaqədar olaraq, yeni informasiya texnologiyaları və sistemləri əsasında funksional modelləşdirmə, iyerarxik səviyyələrdə mürəkkəb xarakterli və çox əlaqəli texnoloji əməliyyatların avtomatlaşdırılması və səmərəli idarə edilməsi üçün intellektual yönümlü alqoritmik və proqram vasitələrinin istifadəsi, riyazi, informasiya təminatlarının, idarəedici standart proqram alətlərinin müxtə-

lif layihə prosedurlarının və əməliyyatlarının istifadə edilməsi və məqalədə baxılması elmi cəhətdən aktual məsələ hesab olunur.

Məlum olduğu kimi, ÇİS-in avtomatlaşdırılmış layihələndirmə prosedurları çox mərhələli, uzun müddətli, böyük fiziki və elmi yaradıcı əmək tələb edən mürəkkəb əməliyyatlardan formalaşır. Lakin, ÇİS-in sistemotexniki layihələndirmə prosesinin nəticələrindən asılı olaraq son tətbiq mərhələsində layihənin daha çevik, məhsuldar, keyfiyyətli məhsullar istehsal edə bilən texniki sistemin işlənməsi üçün bu mərhələdə daha məqsədəuyğun modelləşdirmə üsullarının və sistemlərin seçilməsi və ÇİS-in funksional, struktur təhlillərinin aparılması əhəmiyyətli məsələlər hesab olunur.

İnkişaf etmiş ölkələrdə işləyən sənaye korporasiyalarının ÇİS-lərinin sistemotexniki layihələndirmə prosesində modelləşdirmə məsələlərinin həlli üçün istifadə olunan müasir süni intellekt və proqram vasitələrinin funksional imkanları müxtəlifdir. Bu sahədə tətbiq olunan proqram alətləri vizual modelləşdirmə, şəbəkənin analizi, nəticələrin analizi, optimallaşdırma üsulları kimi məsələləri tam şəkildə əks etdirmir, ÇİS-in mövcud avtomatlaşdırılmış layihələndirmə prosesində çeviklik, universallıq və sistemin açıqlılıq prinsipləri tam şəkildə təmin olunmur. Bu mənada, süni intellekt üsullarından və mövcud məntiqi modelləşdirmə üsulları və alətlərin inteqrasiyası əsasında ÇİS-in mürəkkəb xarakterli texnoloji prosesin təhlilinin aparılması və Petri şəbəkəsinin müasir imitasiya modelinin köməyi ilə onun idarəetmə funksiyalarının tədqiq edilməsi elmi cəhətdən aktual məsələ hesab olunur.

İşin məqsədi – çevik istehsalatı və onun idarəetmə sisteminin fəaliyyətinin modelləşdirmə üsulları və alətləri əsasında arxitekturanın qurulmasıdır.

Texniki sistemlərin fəaliyyətlərinin biliklərlə təsvirinin müasir vəziyyəti

Hal-hazırda sənayenin ayrı-ayrı sahələrində avtomatlaşdırılmış informasiya sistemlərinin (avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemləri, avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri, avtomatlaşdırılmış intellektual sistemlər) hazırlanması və tətbiqi üzrə böyük təcrübə yığılmışdır [1]. Bu təcrübə belə sistemlərin biliklərə əsaslanan intellektuallığını artırmaqla tətbiq sahəsinin effektivliyini artırmağa imkan verir. Təsadüfi deyil ki, ekspert biliklər əsasında qurulan intellektual modellər, təşkil olunan intellektual sistemlər nəzəriyyəsi və təcrübəsi sahəsində araşdırmaların sayı artaraq, mürəkkəb elmi-texniki və iqtisadi məsələlərin həllində intellektual sistemlər daha çox istifadə olunur.

Biliklərin təsviri modelləri əsasında formalizə olunan təbii dilin emalı sistemlərinin [2] məhsuldarlığı zaman ötdükcə yüksəlir və avtomatlaşdırılmış layihələndirmə və idarəetmə kimi çətin məsələlərin həllini təmin edir. Onlar həm də informasiya axını tam olmayan və “qeyri-səlis” olduqda köməkçi biliklər kimi istifadə olunur. İntellektual sistemlər digər informasiya təminat vasitələri ilə inteqrasiya olunmuş şəkildə fəaliyyət göstərirlər. İntellektual sistemlər daha çox mürəkkəb texniki sistemlərin (avtomatlaşdırılmış istehsalat müəssisələrin) layihələndirilməsində, iqtisadi məsələlərin həllində, marketinqdə, bazarın segmentləşdirilməsi və marketinq proqramlarının istehsalı üçün istifadə olunur [2].

Süni intellekt sistemlərinin komponentlərinin müvafiq quruluş, xüsusiyyət və funksiyalarına görə, əsasən də istehsal prinsiplərinə görə mühəndislik prinsipləri üzrə müəyyən edilir və istiqamətləndirilir. Bu prinsiplərin formalaşmasına müəyyən dərəcədə tədqiqat sahəsinin özünəməxsus təsiri var ki, bu da həll

edilən məsələ və funksiyaların xarakterini intellektual sistemlərə həvalə edir. İntellektual sistemlərin quruluşu istehsalın tədqiqat sahəsi üçün nəzərdən keçirilir. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi istehsal müəssisələrində iqtisadi fəaliyyətin çoxlu sayda həlli tələb edilən məsələləri vardır.

[3] mənbəyinin təhlilindən müəyyən edilmişdir ki, məntiqi səviyyədə verilənlərin çevrilməsi proseduru məlumatların və onların quruluşunun işlənməsi alqoritmini əhatə edir. Buraya çeşidlənmə, axtarış, verilənlərin statistik və dinamik quruluşunun yaradılması və çevrilməsi kimi standart prosedurlar, həm də konkret informasiya məsələlərinin həlli üçün alqoritm və proqramlarla işləmə kimi qeyri-standart prosedurlar da daxildir. Verilənlərin təsviri prosedurunun modeli maşın kodları ilə verilmiş kompüter proqramlarıdır.

Mübadilə modeli hesablama şəbəkəsində yerinə yetirilən muhtəlif prosedurları əhatə edə bilər: ötürülmə, marşrut, kommunikasiya. Məhz bu prosedurlar mübadilənin informasiya proseslərini təşkil edir. Şəbəkənin keyfiyyətli işi üçün hər iki tərəf razılıq əldə etməlidir və bu şəbəkə mübadiləsi yolu ilə həyata keçirilir. Öz növbəsində, verilənlərin ötürülməsi kodlaşdırma, modullaşdırma, əlaqə kanalları modelləri əsasında aparılır. Mübadilə modelinin əsasında verilənlərin mübadiləsi sisteminin sintezi aparılır, nəticədə hesablama şəbəkəsinin quruluşu və topologiyası, kommutasiya metodu, ünvan və marşrutlaşdırmanın protokolu və prosedurasının optimallaşdırılması aparılır [4].

[5] materialında biliklər bazasının idarə edilməsi sistemi özündə aşağıdakı funksiyaları yerinə yetirən proqram vasitələrindən ibarətdir: məqsəd ağacının AİS-i, məlumatlar bazasının yaradılması; nəticə, ağacların semantik və neyroşəbəkə ağacları, onların müəyyən edilməsi və dəyişdirilməsi, biliklər bazasına

sorğuların göndərilməsi və cavabların alınması. Biliklər bazasının idarəetmə sistemi (BBİS) aşağıdakı funksiyaları təmin etməlidir:

- biliklər bazası modellərinin yaradılmasının və istifadəsinin sadəliyi;
- idarəetmə sisteminin məqsədinə uyğun olaraq biliklər bazasının tətbiqi.

[6]-da təklif olunan intellektual sistemin quruluşunda istifadə olunan obyekt təyinətli biliklər bazasının produksiya modelləri və interfeysin funksiyaları ideal və universal hesab olunmur. Mövcud intellektual sistemlərdən heç biri sadalanan komponentlərin hamısını özündə birləşdirmir. Bununla yanaşı, bu elementlərin varlığı abstrakt (müərrəd) deyil, tətbiqi aspektdə intellektuallığa iddia edən sistemin müxtəlif funksiyalarının reallaşdırılmasını əks etdirir.

Yerinə yetirdiyi funksiyaların xarakterinə və fəaliyyət sahəsinə görə ekspert biliklərin bir neçə tətbiq funksiyaları müəyyən edilir. Onların analizi biliklərə əsaslanan törəmə sistemlərinin layihəsində istiqamətlənməyə xidmət edir. Bu vəzifələr aşağıdakı şəkildə interpretasiya olunur: izahat (interpretasiya), planlaşdırma, idarəetmə, layihələndirmə, proqnozlaşdırma, dispetçerləşdirmə və monitorinq, diaqnostika. Ekspert sistemi öz biliklərini yeniləşdirir (yəni, öyrənir), hərəkətləri izah edə bilir, qərarları əsaslandırır, vəziyyətin dəyişməsinə proqnozlaşdırır, xarici mühitlə fəal əlaqədə olub müxtəlif xarakterli informasiya alır, biliklər əsasında tapşırıqları həll edir, lazım olan informasiya və faktoqrafik verilənləri yadda saxlayır. Ona görə də öz bilikləri ilə işləyən və müəyyən mənada eksperti əvəz edən və ya ona kömək edən sistem yaratmaq tələb olunursa bütün bu sadalanan funksiyalar sözügedən sistemə daxil edilir. Bununla əlaqədar, intellektual sistemlərin ümumiləşdirilmiş quruluşu, komponentləri və əlbəttə ki, onu əhatə

edən mühiti verilmişdir. Bütün bu komponentlərlə yanaşı vacib, biliklərə əsaslanan, mövcudluğu konkret məsələlərlə müəyyən olunan hər bir sistem üçün müxtəlif vəzifələr təyin edilir. [6]-da baxılan məsələlərin ümumi konsepsiyasına görə istehsalın idarə edilməsi məsələlərində ekspert tərəfindən biliklərin üç səviyyəsindən istifadə edilir: reflektiv, yəni qeyri-iradi reaksiyaların səthi biliklərinə uyğun "qabiliyyət"; standart mühakimə halları üçün qaydalar; qeyri-adi və çətin hallar üçün qaydalara deyil, konkret prinsiplərə əsaslanan dərin biliklər. BB-nin layihələndirilməsi zamanı intellektin dərin bilikləri hesaba alması cəhdi əsas götürülür.

Təcrübə və tədqiqatlar göstərir ki, çevik istehsalat sistemlərinə (ÇİS) aid olan, mexatron qurğuların fəaliyyətləri onların vəziyyətlərinin tsiklik şəkildə dəyişən hadisələr çoxluğunun xətti nizamlanmış ardıcılığı kimi olur.

Bu nöqtəyi-nəzərdən mexatron qurğularının paralel fəaliyyətli asinxron proseslərlə modelləşdirilməsi tələb olunur. Bu halda hər bir mexatron qurğunun modeli təhlükəsiz şəbəkə kimi təsvir olunur. Şəbəkənin bütün keçidləri aktivdir və mexatron qurğunun fəaliyyəti prosesində ardıcıl olaraq aktivləşirlər. Mexatron qurğuların nisbətən mürəkkəb qarşılıqlı əlaqələrdə fəaliyyəti proseslərində baxılan yanaşma arzu olunan səmərəyə nail olmağa imkan vermir. Bu tip problemlərin həllində perspektiv istiqamət kimi bilikləri emal etməklə qərar qəbul etmə imkanları olan modelləşdirmə aparatlarının istifadəsi aktual hesab olunur. Təcrübədə bilikləri təsvir etmək üçün məntiqi-lingvistik modellər geniş tətbiq edilir. Məntiqi-lingvistik modellər içərisində praktiki istifadə nöqtəyi-nəzərdən produksiya sistemləri daha perspektivli hesab olunur. Belə ki, produksiya modelləri cari vəziyyətlərə adekvat prosedurlara aid informasiyaları birbaşa və hər kəs tərə-

findən başa düşülən formada təsvir etməyə imkan verir.

ÇİS-in idarəetmə və nəzarət sisteminin modelləşdirilməsi üçün psixoloji və linqvistik faktorlarla tədqiq edilməsi kifayət etmir, çünki ÇİS-in çox saylı standart və qeyri-standard aktiv elementləri, onların texnoloji əməliyyatları, idarəetmə funksiyaları mövcuddur. Bu mənada, ÇİS-in standart və qeyri-standard aktiv elementlərinin seçilməsi, əməliyyatlarının planlaşdırılması, onların quruluş, kompanovka, funksional və idarəetmə sisteminin daha etibarlı qurulması və tədqiq edilməsi məqsədi ilə qraf nəzəriyyəsinin Petri şəbəkəsinin köməyi ilə məsələlərin həlli tələb olunur.

ÇİS-in idarəetmə sisteminin kompleks şəkildə modelləşdirilməsi prosesinin arxitekturasının yaradılması

Müasir zamanda ÇİS-in idarəetmə sisteminin layihələndirilməsi çox saylı standart mərhələlərdə həyata keçirilir, mürəkkəb texniki sistemlərin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə məsələsinin elmi-texniki tədqiqində əsas istiqamətlərdən biri hesab olunur. ÇİS-in işlənməsi prosesində sadə texniki sistemlərin qəbul olunmuş layihələndirmə üsullarından fərqli olaraq, ÇİS-in funksional işinin təhlili, xassələrin öyrənilməsi, texnoloji avadanlıqların, sənaye robotunun və kompanovka sxeminin seçilməsi və layihələndirilməsi, ÇİS-in standart, qeyri-standard elementlərinin və qurğuların, idarəetmə və nəzarət sisteminin işlənməsi, elementlərin optimal koordinasiyasının təşkili, sistemin işçi rejimlərinin təyin edilməsi kimi məsələlərin həlli tələb olunur. Bununla əlaqədar olaraq, məntiqi modelləşdirmə üsulları, intellektual sistemlər əsasında ÇİS-lərin idarəetmə sistemlərinin biliklərinin təsviri modellərinin təhlil edilməsi vacib məsələdir.

Məqalədə qoyulan elmi problemin ədəbiyyat mənbələrinin müqayisəli təhlili əsasında aşağıdakı məsələlərin həlli tələb olunur:

1. ÇİS-in idarəetmə sisteminin fəaliyyətinin modelləşdirilməsini təmin edən çevik inteqrasiyalı biliklər bazasında arxitekturanın qurulması;

2. Müxtəlif biliklərin təsvir üsulları ilə inteqrasiya olunan çevik şəbəkəli biliklər bazasının işlənməsi və fərqli tətbiq sahələrinə adaptasiya olunmasının əsaslandırılması;

3. İntellektual sistemlərdə biliklər bazasının əməliyyat proseslərinin rasionallaşdırılması üçün şəbəkə modelinin köməyi ilə metabiliklər səviyyəsinin yaradılması;

4. ÇİS-in idarəetmə və planlaşdırma əməliyyatlarının modelləşdirilməsini təmin edən qrafik təyinatlı biliklər bazasının işlənməsi;

5. ÇİS-in idarəetmə sisteminin arxitekturasının korporativ qarşılıqlı əlaqəli biliklərin Petri şəbəkəsi ilə tədqiqi;

6. ÇİS-in idarəetmə sisteminin aktiv elementlərinin (vericilər, icra mexanizmləri və proqramlaşdırılan məntiqi kontroller əsasında) faktoqrafik verilənlərin köməyi ilə idarəetmə prosesinin planlaşdırma alqoritminin işlənməsi;

7. Petri şəbəkəsinin simulyatorunun kompleks proqram alətinin (informasiya, riyazi, linqvistik, metodik və təşkilati vasitələr əsasında) yaradılması və kompüter eksperimentləri tədqiqi.

ÇİS-in yaradılmasının məqsədəuyğunluğunun qiymətləndirilməsi müxtəlif təyinatlı modelləşdirmə üsulları ilə ilkin layihələndirmə mərhələlərində tədqiq olunaraq dəyərləndirilir.

Semantik informasiya (Sİ) bircinsli və kompleks formalarda təsvir olunur. Sİ-in bircinsli forması çoxluğu aşağıdakı kimidir:

$$N_I = \{t, S, g, c\}, \quad (1)$$

burada t-mətn forması; S-audio forması (danışiq, səs); g-vizual forma; c-təsviri, qrafiki forma. Sİ-in kompleks forması (V-forma) eyni zamanda bir neçə bircinsli formanın birləşməsindən təşkil olunur. Məs., mətn və audio (t, s).

Sİ-in kompleks formalı təsvirlərinin variantlarını analitik üsulla almaq olar. Bircinsli formalı çoxluqların elementlərinin hasili əməliyyatı ilə Sİ-in binar formalı (N_2) təsvirini almaq olar:

$$N_2 = N_1 N = \{(t,t), (t,s), (t,g), (t,c), (s,t), (s,s), (s,g), (s,c), \dots, (c,t), (c,s), (c,g), (c,c)\}. \quad (2)$$

Göründüyü kimi, bu halda Sİ-nin 16 binar formalı təsvirləri mümkündür.

Göstərilən qayda ilə Sİ-in ternar formalı (N_3) təsvirini almaq olar.

$$N_3 = N_1 \times N_1 \times N_1 = \{(t,t,t), \dots, (s,s,s), \dots, (g, g, g), \dots, (c,c,c), \dots\} \quad (3)$$

Layihələndirmə prosesi ilkin (birincili) Sİ predmet sahəsinin mütəxəssisləri tərəfindən formalaşdırılır və texniki tapşırıq şəklində icraçı təşkilatlara təqdim edilir. İlkin Sİ-in ikinci Sİ-yə çevrilməsi, yəni analiz-sintez ilə məntiqi əməliyyatlar nəticəsində obyektin simvollarla təsviri, əsasən insanlar tərəfindən həyata keçirilir. Bu məqsədlə, bir növ Sİ-in, xüsusən də t-mətn formalı Sİ-in ikinci formaya çevrilməsində semantik şəbəkə və onun müxtəlif modifikasiyaları (ssenari, Freym modeli və s.) istifadə edilir. Təcrübə göstərir ki, bütün çevrilmə əməliyyatlarında ilkin Sİ-in sıxılması mütləqdir və 2-ci Sİ ilkin Sİ-ni tam təsvir etmir. Qeyd edək ki, ilkin Sİ-dəki bu növ itkilər də layihə edənlərin ilkin ideyalarının son nəticədə özünü doğrultmamasında xüsusi rol oynayır. Odur ki, mürəkkəb sturukturlu proseslərin sistemotexniki layihələndirmə mərhələsində modelləşdirmə üsulları ilə tədqiqi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu məsələ yeni avtomatlaşdırma vasitələrindən istifadə etməklə yaradılan, iki və üç-ölçülü fəzada qarşılıqlı əlaqədə

fəaliyyət göstərən çevik istehsal sistemlərinin layihələndirilməsində daha da aktuallaşır.

ÇİS müxtəlif təyinatlı mexatron və digər texniki qurğulardan təşkil olunmuş, qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyət göstərən çevik istehsal modulları toplusu olmaqla mürəkkəb xarakterli diskret sistemlər kateqoriyasına aid edirlər. ÇİS-in elementləri sənaye və intellektual robotlardan, müxtəlif təyinatlı manipulyator və nəqliyyat qurğularından, mövqeləşdiricilərdən və s. ibarətdir. Göstərilən qurğular təyinatlarından asılı olaraq, əvvəlcədən məlum olan və ya müxtəlif situasiyalarda, nisbətən qeyri-müəyyənlik mühitlərində fəaliyyət göstərirlər [7]. ÇİS-in ayrı-ayrı mexatron qurğularının idarə və qarşılıqlı əlaqə alqoritmlərinin işlənməsindəki qüsurların nəticəsində baş verir. Digər tərəfdən, ÇİS-in hər hansı bir məqsədə nail olmaq üçün koordinasiyalı kompleks şəkildə idarə edilməsi alqoritmlərinin işlənməsi də tələb olunur.

Sadalanan çatışmamazlıqların ÇİS-in layihələndirilməsinin mərhələlərində tiraj edilməməsi üçün ilkin layihələndirmə mərhələsində ÇİS-in yaradılmasının məqsədəuyğunluğunu qiymətləndirməyin müxtəlif üsullarından istifadə olunur. Belə yanaşmalardan biri ÇİS-in elementlərinin müxtəlif analitik modelləşdirmə üsulları ilə modelləşdirilməsi və ÇİS-in kompleks şəkildə tədqiqini yerinə yetirmək üçün ilkin modellərin Petri şəbəkəsi modelinə çevirmək və axırıncının əsas xassələrini analiz edərək qiymətləndirilməsidir. Təcrübədə situasiyaları apriori məlum olan diskret xarakterli proseslərin analitik modelləşdirmə üsulları kimi sonlu avtomatlar, paralel fəaliyyətli asinxron proseslər, semantik və şəbəkə modelləri, Freym və məntiqi modellər geniş tətbiq edilir. Bu üsulların hər birinin üstün və çatışmayan cəhətləri və səmərəli tətbiq sahələri mövcuddur. Nisbətən sadə prosesləri həm də Petri şə-

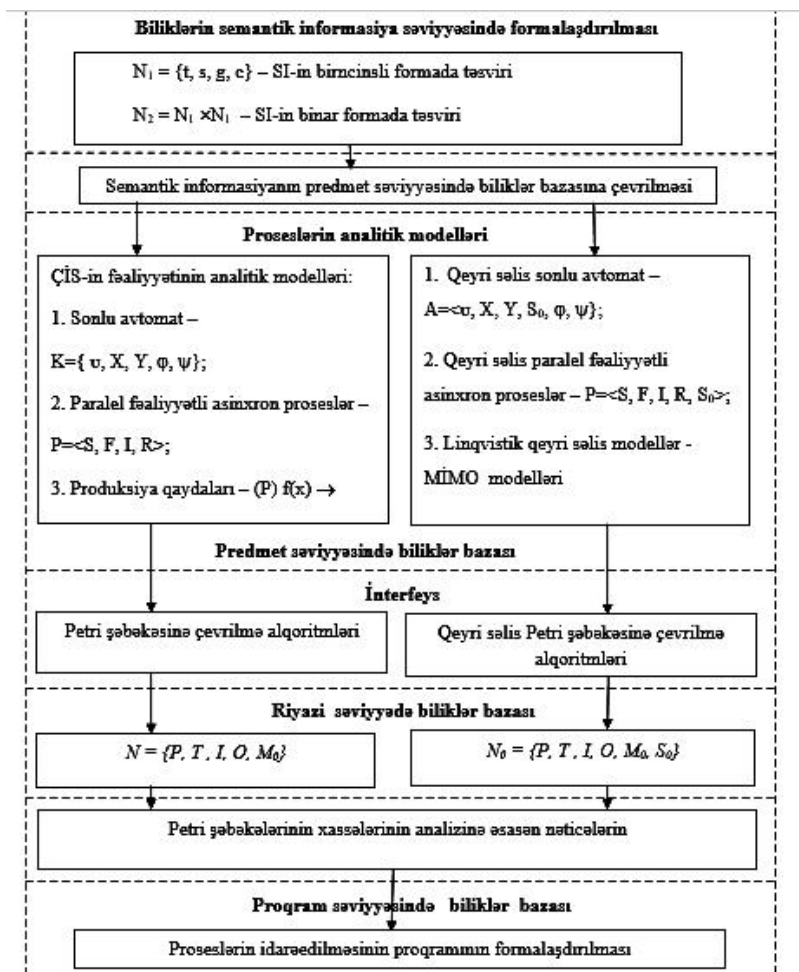
bəkəsi ilə birbaşa modelləşdirmək və tədqiq etmək mümkündür.

Mürəkkəb prosedurların Petri şəbəkəsi ilə birbaşa modelləşdirilməsi müəyyən çətinliklərlə müşayiət olunur. Petri şəbəkəsinin əsas üstünlüyü ondadır ki, onunla modelləşdirilən obyektin tədqiqi obyektədən kənarında Petri şəbəkəsinin əsas xassələrini analiz etməklə həyata keçirilir. Petri şəbəkəsinin məhz bu üstün xüsusiyyətinə görə ondan ÇİS-in kompleks şəkildə tədqiqi ilə məqsəduyğunluğunun qiymətləndirilməsində əsas modelləşdirmə aləti kimi istifadəsi aktualıq kəsb edir.

Təcrübə göstərir ki, ÇİS-in lahiyələndirilməsində istehsal proseslərinin xarakterindən

asılı olaraq, müxtəlif situasiyalarda qeyri-müəyyənlik şəraitində qərar qəbul etməklə fəaliyyət göstərən mexatron qurğularından istifadə edilməsi tələb olunur. Bu halda ÇİS-in kompleks şəkildə tədqiqi və idarə alqoritmlərinin yaradılması göstərilən yanaşma ilə mümkünsüz olur. ÇİS-in kompleks şəkildə modelləşdirilməsi (adi və qeyri-səlis Petri şəbəkələri şəklində) və tədqiqi məsələsinin həlli üçün təklif edilən avtomatlaşdırılmış layihələndirmə alətinin arxitekturasına baxılır.

Şəkil 1-də ÇİS-in idarəetmə sisteminin kompleks şəkildə modelləşdirilməsi prosesinin arxitekturası təklif edilir.



Şəkil 1 – ÇİS-in idarəetmə sisteminin kompleks şəkildə modelləşdirilməsi prosesinin arxitekturası
Figure 1 – Architecture of FMS simulation process in complex

ÇİS-in idarəetmə sisteminin kompleks şəkildə modelləşdirilməsi prosesinin arxitekturdan görüldüyü kimi ÇİS-in kompleks modelləşdirilməsi və tədqiqi biliklərə çevrilməsi interfeysdə formalaşdırılan çevrilmə alqoritmləri yerinə alqoritmini formalaşdırılması üçün avtomatlaşdırılmış lahiyələndirmə alətinin əsas məsələlərindən biri interfeysin yaradılmasıdır. Məqsəd müxtəlif modelləşdirmə aparatları ilə təsvir edilmiş modellərin Petri şəbəkəsi modelinə çevrilməsi alqoritmlərinin işlənməsidir [8].

Tədqiqat obyektinin idarəetmə alqoritminin Petri şəbəkəsi ilə modelləşdirilməsi

Tədqiq olunan ÇİS-in mexaniki dəzgahlarına xidmət etmə prosesi xətti hərəkət trayektoriyası ilə təmin olunur. ÇİS-in texnoloji əməliyyatlarına uyğun idarəetmə alqoritmi qurulmalıdır və kompüter eksperimentləri ilə yoxlanılmalıdır. Tədqiqat prosesi bir istehsalat modulunun (TDM₁) misalında aparılır [7]. İstehsalat xəttində (İX) silindrik tipli mexaniki hissə (STMH) mövqeləşdirici manipulyator (MM) mövqeləşir.

Mövqeləşən silindrik tipli mexaniki hissə kran manipulyatorun (KM) köməyi ilə götürülür və torno dəzgahına yerləşdirilir. Burada detalın yonması əməliyyatı baş verərək, son məhsulun hazırlanması prosesi icra olunur. Yonma əməliyyatı sona çatdıqdan sonra, 1 kran manipulyator hazır detalı tutaraq, onu hazır məhsulların saxlanması zonasına (HMSZ) yerləşdirilir.

Petri şəbəkəsinin elementləri və texnoloji prosesinin mərhələləri arasında uyğunluğu müəyyən edək [8]. Onda qəbul edək ki, $P_0...P_6$ mövqeləri – istehsalat xəttinin texnoloji əməliyyatlarına uyğundur; $t_1...t_n$ keçidləri – vaxt gecikmələridir. Burada t_2, t_3, t_4, t_6, t_7 keçidləri o vaxt icra olunur ki, bütün texnoloji

əməliyyatların yerinə yetirilməsi əlaqələri həyəcan halını alır.

Vaxt asılılığına görə qeyd etmək lazımdır ki, TDM₁ istehsalat xəttinin taktını təmin etmək üçün hər bir istehsalat modulda (STMH-nın mövqeləşdirilməsi modulu, torno dəzgahının modulu, hazır məhsulların saxlanması modulu) vaxt keçidləri və kran-manipulyatorun hərəkət trayektoriyasına uyğun vaxt keçidləri kəşisməməlidir (yəni, sinxronluq prinsipi təmin olunmalıdır).

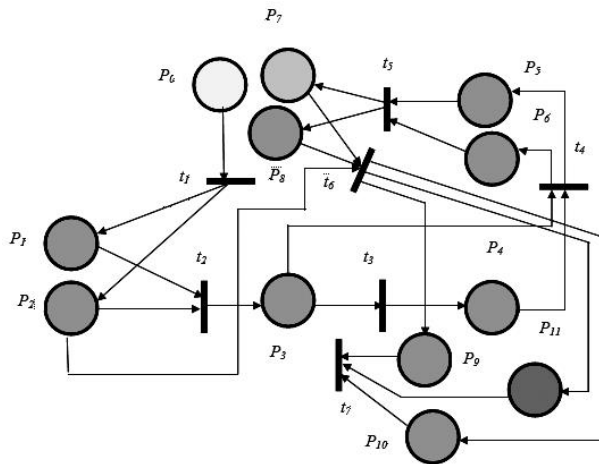
Texnoloji əməliyyatların mərhələlərinə uyğun keçidlər müəyyən edilir:

t_1 - silindrik tipli mexaniki hissəsinin mövqeləşdirici manipulyator (MM) mövqeləşməsi keçididir (vaxtıdır); t_2 - kran-manipulyator tərəfindən silindrik tipli mexaniki hissəsinin tutulması keçididir; t_3 - kran-manipulyator tərəfindən silindrik tipli mexaniki hissəsinin torno dəzgahının işçi zonasına hərəkətinin keçididir; t_4 - kran-manipulyator tərəfindən silindrik tipli mexaniki hissəsinin torno dəzgahına yüklənməsi keçididir; t_5 - torno dəzgahında silindrik tipli mexaniki hissəsinin yonma əməliyyatının keçididir; t_6 - kran-manipulyator tərəfindən yonulmuş silindrik tipli mexaniki hissəsinin torno dəzgahından götürülməsi keçididir; t_7 - kran-manipulyator tərəfindən yonulmuş silindrik tipli mexaniki hissəsinin hazır məhsulun saxlanması zonasının i-ci yuvasına yerləşdirilməsi keçididir.

Nəzərə alsaq ki, $P_0...P_6$ mövqeləri – istehsalat xəttinin texnoloji əməliyyatlarına uyğundur, onda P_0 - silindrik tipli mexaniki hissəsinin mövqeləşdirici manipulyator (MM) mövqeləşməsi; P_1 - kran-manipulyatorun mövqeləşdirici manipulyatorun işçi zonasında olması; P_2 - kran-manipulyatorun tutqacının açıq vəziyyətdə olması; P_3 - torno dəzgahının işsiz vəziyyətdə olması; P_4 - kran-manipulyator tərəfindən silindrik tipli mexaniki hissəsinin torno

dəzgahının işçi zonasına çatdırılması; P_5 – silindrik tipli mexaniki hissənin torno dəzgahında mövqeləşdirilməsi; P_6 - kran-manipulyatorun torno dəzgahının işçi zonasından aralanması; P_7 – torno dəzgahında silindrik tipli mexaniki hissənin yonulmasının başa çatması; P_8 - kran-manipulyatorun torno dəzgahının işçi zonasına hərəkət etməsi; P_9 – kran-manipulyatorun tutqacının qapalı vəziyyətdə olması; P_{10} - kran-manipulyatorun torno dəzgahının işçi zonasından geri hərəkət etməsi; P_{11} – hazır məhsulun saxlanması zonasının boş olması.

Modelləşdirmə məsələsini həll etmək üçün mərhələli şəkildə yuxarıda göstərilən alt məsələlər qrafik şəkildə [5] həll edilir (şək. 2).



Şəkil 2 – TDM₁ istehsalat xəttinin taktını təmin edən Petri şəbəkəsi

Figure 2 – Petri net for supporting manufacture cycle of torno-equipment module

P_i mövqelərini və t_j zaman keçidlərini nəzərə alaraq TDM₁-in idarəetmə alqoritmi aşağıdakı kimi qurulur.

Beləliklə, yuxarıda yazılmış idarəetmə alqoritmlərin qurulması tələblərinə uyğun olaraq torno dəzgahının modulunun misalında TDM₁-in idarəetmə alqoritmi produksiya üsulu ilə qurulur:

Əgər (P_0 - silindrik tipli mexaniki hissə mövqeləşdirici manipulyatordadır), *Onda* (t_1 -silindrik tipli mexaniki hissəsinin mövqeləşdirici manipulyatorda mövqeləşməsi keçidini icra etsin).

Əgər (P_1 - kran-manipulyator mövqeləşdirici manipulyatorun işçi zonasındadır) $Və$ (P_2 - kran-manipulyator tutqacı açıq vəziyyətdədir), *Onda* (t_2 -kran-manipulyator tərəfindən silindrik tipli mexaniki hissəsinin tutulması keçidini icra etsin).

Əgər (P_3 - torno dəzgahı işləmirsə), *Onda* (t_3 -kran-manipulyator tərəfindən silindrik tipli mexaniki hissəsinin torno dəzgahının işçi zonasına hərəkətinin keçidini icra etsin).

Əgər (P_4 - kran-manipulyator silindrik tipli mexaniki hissəni torno dəzgahının işçi zonasına çatdırıbsa) $Və$ (P_5 –torno dəzgahı işləmirsə), *Onda* (t_4 -kran-manipulyator silindrik tipli mexaniki hissəni torno dəzgahına yüklənməsi keçidini icra etsin).

Əgər (P_5 - silindrik tipli mexaniki hissə torno dəzgahında mövqeləşibsə) $Və$ (P_6 - kran-manipulyator torno dəzgahının işçi zonasından aralanıbsa), *Onda* (t_5 - torno dəzgahında silindrik tipli mexaniki hissənin yonma əməliyyatının keçidini icra etsin).

Nəticə

Çevik istehsal sistemlərinin idarəetmə sistemlərinin idarəetmə məsələlərinin modelləşdirilməsi üçün mövcud elmi işlərin müqayisəli təhlili aparılaraq, bu istiqamətdə Petri şəbəkəsi ilə modelləşdirmə üsulunun üstünlüyü əsaslandırılmış və tədqiqat obyektinin üzərində kompüter eksperimentlərinin aparılması məsələsi qoyulmuşdur. Qurulan Petri şəbəkəsinin biliklər bazasının generasiya olunaraq, tədqiqat obyektinin idarəetmə alqoritmi işlənmiş və qraf-sxem qurulmuşdur ki, bu da səmərəli proqramla realizə olunmasını təmin edir.

REFERENCES

1. **Denisenko V.V.** Kompyuternoie upravlenie tekhnologicheskim processom, eksperimentom i oborudovaniem. – M.: Telekom, 2009, 608 s. (*in Russian*)
2. **Lyuger Jorj F.** Isskustvennyj intellekt, strategii i metody resheniya slozhnyh problem // Universitet Nyu-Meksika, «Uilyams». - M:SPB – Kiev, 2005.-863 s. (*in Russian*)
3. **Jarrotano D., Razhli G.** Ekspertnaya sistema, principy razrabotki i programmirovaniye // Universitet Hyustona – Klier – Lejk, «Uilyams». – M.: SPB – Kiev, 2007. - 1056 s. (*in Russian*)
4. **Chen J. and Chen F.,** “Performance modeling and evaluation of dynamic tool allocation in flexible manufacturing systems using Coloured Petri nets: an object-oriented approach”. International Journal of Advanced Manufacturing Technology 21(2), 2003, p. 98–109 (*in English*)
5. **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*, 1986, 2015, p. 116–126 (*in English*)
6. **Bruccoleri M., Sergio N. and Perrone G.,** “An object-oriented approach for flexible manufacturing controls systems analysis and design using the unified modeling language”. Int. J. Flexible Manuf. Syst. 15 (3), 2003, p. 195–216 (*in English*)
7. **Gəncəliyeva G.Q.** Ali təhsil müəssisəsində texnoparkın çevik idarəetmə sisteminin layihələndirməsi üçün modelləşdirmə alətlərinin işlənməsi // *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri*, №2, 2020, s. 82-89 (*in Azerbaijani*)
8. **Nəsirova E.Ə.** Çevik istehsal sisteminin kompleks şəkildə idarə edilməsi alqoritminin Petri şəbəkəsi ilə təsviri. Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti. 2016. s. 266-268 (*in Azerbaijani*)

Daxil olub: 16.09.2021
Tamamlanıb: 13.03.2022
Qəbul edilib: 15.03.2022