

UOT 519.95

DOI: 10.25045/jpit.v10.i2.14

**Salmanova M.N.**

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan  
[malaxat\\_70@mail.ru](mailto:malaxat_70@mail.ru)

## **REAL ZAMAN REJİMLİ PARALEL PROSESLƏRİN MODELLEŞDİRİLMƏSİNİN PROQRAM TƏMİNATI SİSTEMİNİN İŞLƏNMƏSİ**

Daxil olmuşdur: 15.05.2019

Qəbul olunmuşdur: 30.05.2019

*Məqalədə qeyri səliss zaman Petri şəbəkəsinin(QSZPŞ) tətbiqi ilə mürəkkəb sistemlərin modelləşdirilməsinin proqram təminatının işlənməsi məsələsinə baxılmışdır. Real zaman rejimli paralel proseslərin modelləşdirilməsində və idarə olunmasında tətbiq olunan Petri şəbəkəsinin genişlənmələrinin təsnifat sxemi verilmişdir. Göstərilmişdir ki, kompüter modelləşdirilməsi prosesi sistemin layihələndirilməsini, riyazi modelin qurulmasını, modelin fəaliyyət alqoritmi və kompüter proqramının işlənməsini əhatə edir. Proqram təminatının və kompüter modelləşdirilməsinin struktur sxemi işlənmiş, proqram təminatının işlənməsi prosesinin mərhələləri göstərilmişdir. Delphi 7.0 vizual proqramlaşdırma mühitində işlənmiş tətbiqi idarəetmə proqramlarının əsas aspektləri nümayiş etdirilmişdir. QSZPŞ-nin tətbiqi ilə paralel sistemlərin modelləşdirilməsinin instrumental və tətbiqi proqram vasitələri MATLAB mühitində Fuzzy Logic Toolbox genişləndirmə paketindən istifadə etməklə reallaşdırılmışdır.*

**Açar sözlər:** asinxron proseslər, kompüter modelləşdirilməsi, proqram təminatı, qeyri-səliss zaman Petri şəbəkəsi, trapesiyaşəkilli qeyri-səliss interval.

### **Giriş**

Modelləşdirmə aparatı kimi Petri şəbəkəsi (PŞ) və onun müxtəlif modifikasiyaları mürəkkəb paylanmış sistemlərin strukturunu, onların fəaliyyət proseslərinin məntiqi-zaman xüsusiyyətlərini adekvat təsvir etmə imkanına malikdir. PŞ-in müxtəlif modifikasiyaları sistemin strukturu və fəaliyyət dinamikasının analizini “şərt-hadisə” anlayışları ilə təsvir edən riyazi modelləri təmsil edir. PŞ-nin modelləri, modelləşdirilən sistemlərin fəaliyyətini, onların strukturunun optimallığını, fəaliyyət proseslərinin effektivliyini, həmçinin fəaliyyət prosesində müəyyən vəziyyətlərə nail olmaq imkanlarını tədqiq etməyə imkan verir. PŞ və onların ümumiləşmələri asinxron, paralel paylanmış və qeyri determinik proseslərin modelləşdirilməsi üçün əlverişli modelləşdirmə vasitəsi olub, sistemlərin fəaliyyət dinamikasını və onların təşkil etdiyi elementləri aydın təsvir edir[1]. PŞ-nin iyerarxik əlavələrinin xüsusiyyətləri, mürəkkəb sistem və proseslərin zəruri dekompozisiyasını təmin edərək müxtəlif detallandırılma dərəcəsinə malik modellərə baxılmasına imkan verir. Məlum olduğu kimi, PŞ-in çox sayda müxtəlif növləri və genişlənmələri mövcuddur ki, onlara PŞ-nin zaman, rəngli, qeyri səliss və digər modifikasiyaları daxildir.

Bu sinif modellər bu və digər qeyri müəyyənlik faktorlarının təsiri olmadan modelləşdirilən sistemlərin strukturunu və fəaliyyət dinamikasını təsvir etməyə imkan verir. PŞ-nin struktur əlaqələri və fəaliyyət dinamikası haqqında qeyd edilən yanaşma bu sinif modellərin praktik istifadə imkanlarını məhdudlaşdırır və predmet sahəsinə aid biliklərin bəzi aspektlərini adekvat şəkildə təsvir etmir. PŞ-nin müxtəlif determinik növləri və ümumiləşmələrinə qeyri müəyyənliyin təsvirinin daxil edilməsi, PŞ-nin müvafiq siniflərinin başlanğıc formalizminin hər bir əsas komponentinə görə müxtəlif üsullarla reallaşdırıla bilər. Bu halda qeyri müəyyənliyin müxtəlif formalarına(stoxastik, qeyri səliss, birləşdirilmiş) baxmaq mümkündür və bu yolla davam edərək qeyri müəyyənliyə malik PŞ-nin müvafiq formalizminin bir neçə genişlənmə variantını almaq olar[2]. Qeyri səliss PŞ(QSPŞ)-nin müxtəlif istehsal sahələrində biliklərə əsaslanan, qeyri müəyyənliyə, qeyri səlissliyə malik sistemlərin tədqiqi, modelləşdirilməsi və idarə olunmasında tətbiqi uğurlu sayılsa da, onun nəzəri tədqiqatlarında bir sıra problemlər mövcuddur. Növbəti tədqiqatların aparılması üçün, QSPŞ-nin əsas dinamik əlaqəli xassələri araşdırılır. Əvvəlcə

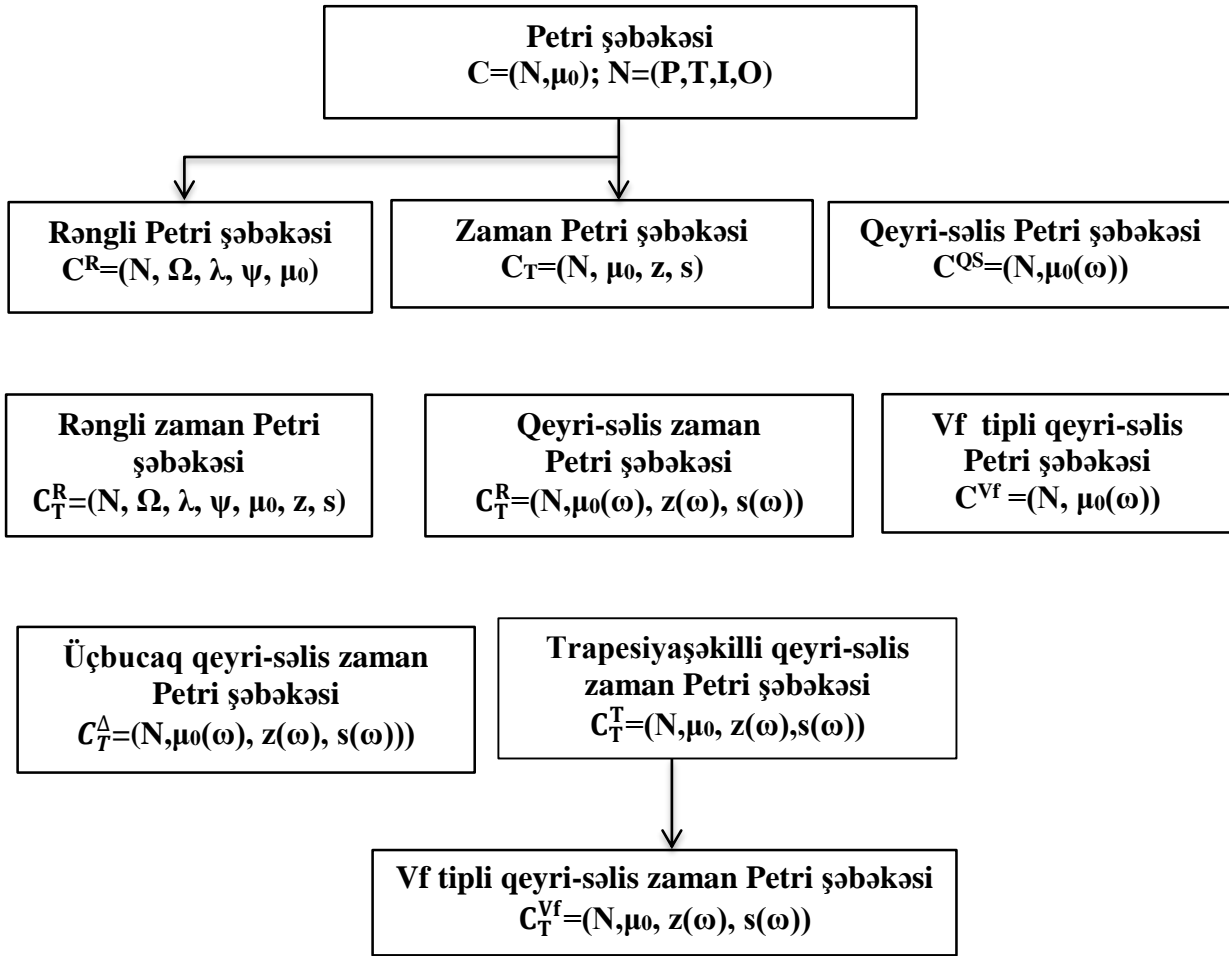
QSPŞ-nin, PŞ-nin genişlənmiş formalizmi olmasını təsdiqləyən elementar şəbəkə ilə genişlənmənin əks-uyğunlaşma metodunu ifadə edən QSPŞ-nin müqayisəsi aparılır. Sonra dinamik xüsusiyyətlərin cari nəticələri QSPŞ modellərinin analizində istifadə olunur. Nəticələr onu göstərir ki, QSPŞ modelləri məhdudluq, təhlükəsizlik, yetərlik və s. digər xassələrin analizi üçün bir-biri ilə əlaqəli bölünmə alqoritmlərinin işlənməsində nəzəri tədqiqatların aparılmasını zəruri edir. Bu baxımdan hesablama və informasiya texnologiyalarının inkişafı mövcud modelləşdirmə metodlarının və riyazi aparatlarının təkmilləşdirilməsini tələb edir. PŞ-nin modifikasiya edilmiş genişlənmələri qeyri səliss çoxluqlar nəzəriyyəsinin, qeyri səliss məntiq aparatının tətbiqi ilə mürəkkəb quruluşa və məntiqi fəaliyyətə malik modellərin qurulmasında və produksiya qaydaları əsasında idarə olunmasında istifadə olunur[3]. Bu isə mürəkkəb paralel paylanan real zaman rejimli asinxron proseslərin modelləşdirilməsi üçün QSPŞ-nin müxtəlif genişlənmələrinin yaradılmasını, tətbiqini, təklif edilmiş model və alqoritmlərinin proqram təminatının işlənməsini aktuallaşdırır.

### **Qeyri-səliss zaman Petri şəbəkələrinin tətbiqi ilə asinxron proseslərin modelləşdirilməsinin proqram təminatı sistemi**

Mürəkkəb qarşılıqlı dinamik əlaqəli proseslərin qeyri səliss zaman Petri şəbəkəsinin(QSZPŞ) tətbiqi ilə modelləşdirilməsinin model və alqoritmlərinin realizasiyasını təmin edən proqram təminatı sistemi müasir hesablama və informasiya texnologiyalarının, instrumental proqramlaşdırma vasitələrinin və kompüter sistemlərinin imkanlarına istiqamətləndirilərək işlənməmişdir[4]. Problemyönümlü proqram təminatının inkişafında yeni mərhələ tətbiqi məsələlərin həlli zamanı hesablama prosesinin avtomatlaşdırılması səviyyəsinin nəzərə çarpacaq dərəcədə artması və modul proqramlaşdırılması, əməliyyat sistemi, verilənlər bazası və süni intellekt sahəsində əsas nailiyyətlərin sintezinə əsaslanan idarəetmə proqramlarının qurulması keyfiyyətə yeni metodlardır. Bu metodların tətbiqi proqram təminatının effektivini, intellektuallığını, texnologiyalılığını, modifikasiya və adaptasiya imkanlarını əhəmiyyətli dərəcədə artırmağa imkan verir. Müasir problemyönümlü tətbiqi proqram paketlərinin, onların formal modellərə əsasən işlənməsi kompüter sistemlərinin qurulması texnologiyasında perspektivli istiqamətdir.

QSZPŞ-nin tətbiqi ilə mürəkkəb sistemlərin modelləşdirilməsinin proqram təminatının yaradılması məqsədilə aşağıdakı məsələlərin həlli araşdırılır və analiz edilir: formal olaraq proqram təminatının predmet sahəsinə aid məsələlər və alt məsələlərin problemlər çoxluğu, məsələləri təsvir edən parametrlər, bu parametrlərin dəyişmə oblası müəyyənləşdirilir; kəmiyyət-nəticələr seçilir; verilmiş predmet sahəsində hesablama texnologiyalarını xarakterizə edən hesablamaların tələb olunan dəqiqliyi və digər məhdudiyyətlər təyin edilir; hesablama proseduraları çoxluğunu nəzərə alaraq, tətbiqi məsələlərin effektiv həlli üçün onların qarşılıqlı əlaqəsi öyrənilir; tətbiqi məsələlərin həllində istifadə olunan, verilənlərin mümkün qorunması üsullarını, onların təsvirini, həmçinin alınması üsullarını nəzərə alan ilkin verilənlər toplusu və onların strukturunun analizi aparılır; bu sinif məsələlərin həlli üçün effektiv alqoritmlər seçilir; öyrənilən proseslərin və hadisələrin hesablama modelləri formalaşdırılır; məsələlərin həll alqoritmləri işlənir; verilmiş çoxluqdan olan istənilən alqoritmin qurulmasını mümkün edən fraqmentlər sisteminin-modulların yaradılmasına imkan verən üsulların analizi yerinə yetirilir.

Real zaman rejimli qarşılıqlı dinamik əlaqəli mürəkkəb sistemlərin modelləşdirilməsində geniş tətbiq olunan modifikasiya olunmuş PŞ təsnifatına baxaq(şəkil 1):



Şəkil 1. Petri şəbəkəsinin genişlənmələrinin təsnifat sxemi

– Zaman PŞ (ZPŞ) zamandan asılı olaraq vəziyyətlərini dəyişən obyektlərin modelləşdirilməsində daha effektivdir. Reallıqda proseslər ani baş vermir, ona görə də proseslərin davam etmə müddətini nəzərə almaq zərurəti yaranır. Belə imkanı ZPŞ və ona əsaslanan PŞ-nin digər genişlənmələri təmin edir.

– PŞ-nin universal genişlənmələrindən biri rəngli PŞ-dir (RPŞ). Bu şəbəkələr diskret markerlər çoxluğunu kəsilməz çoxluğa çevirir. Bundan əlavə, hər bir marker mürəkkəb quruluşlu obyekt ola bilər. RPŞ-nin bu xüsusiyyəti modellərin yaradılmasında böyük çəviklik imkanı yaradır.

– Rəngli ZPŞ-nin (RZPŞ) bəzi xarakteristikaları diskret kəmiyyət olmayan zamana görə vəziyyətini dəyişən obyektlərin modelləşdirilməsində tətbiq olunur.

– QSPŞ PŞ-nin qeyri-səlisliyə malik genişlənməsi olub, parametrlərinin və yerinə yetirilən proseslərin xarakteristikalarının formalizə edilməsi mümkün olmayan obyektlərin modelləşdirilməsinin zəruriliyindən yaranmışdır. QSPŞ qeyri-müəyyənliyi qeyri-stoxastik və ya subyektiv xarakterə malik olan qeyri-səlis modelləşdirmə və qeyri-səlis idarəetmə məsələlərinin konstruktiv həllinə imkan verir. Real istehsal və strateji, eləcə də bir çox başqa obyektlər bu sinfə daxildir.

–  $V_f$  tipli QSPŞ klassik PŞ-nin baza formalizminin başlanğıc markerləşməsinə və markerləşmələrinin dəyişmə qaydalarına qeyri-səlis xarakterli qeyri-müəyyənliyin təsvirinin daxil edilməsi nəticəsində alınır.

– QSZPŞ ZPŞ formalizminə qeyri-səlis xarakterli qeyri-müəyyənliyin təsvirinin daxil edilməsi nəticəsində alınır və QSZPŞ-nin müxtəlif daha konkret genişlənmələrinin

formalaşmasına imkan verir. Qeyri-səlis modelləşdirmə kontekstində bu genişlənmələrdən daha perspektivlisi mövqelərdəki markerlərin ləngimə zamanı parametrləri vektorunun və aktiv keçidlərin yerinə yetirilmə zamanı parametrləri vektorunun elementlərinin qeyri-səlis kəmiyyətlər şəklində verilməsidir.

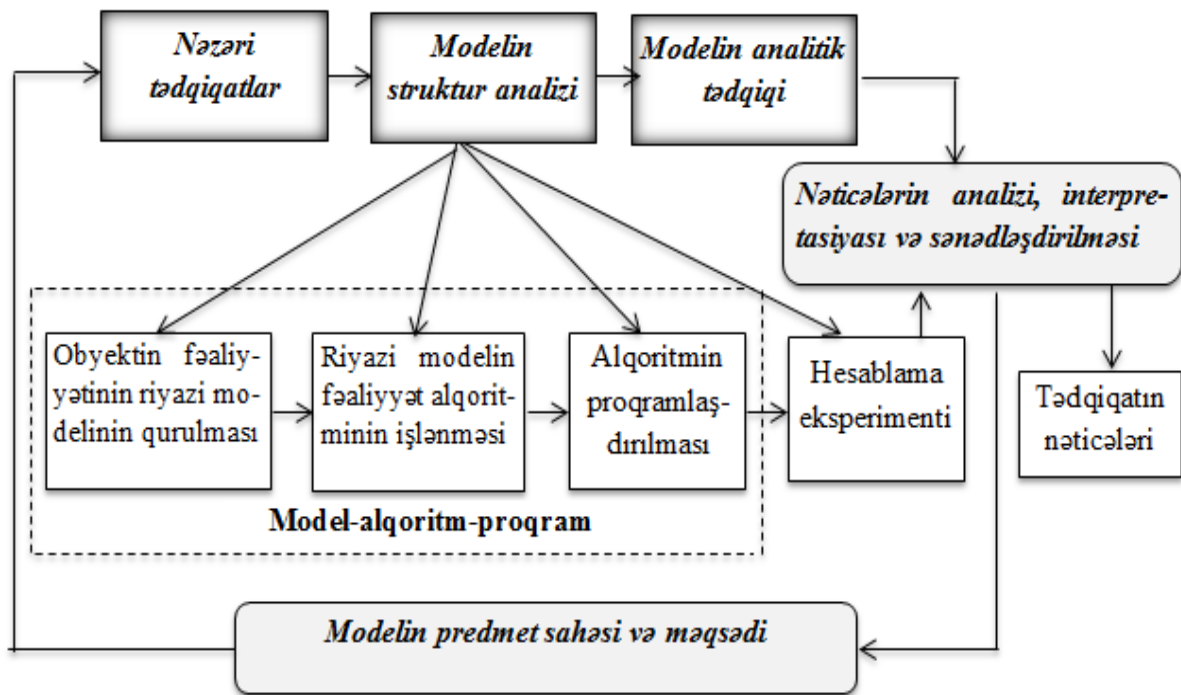
– Trapesiyaşəkilli QSZPŞ – QSZPŞ-nin başlanğıc markerləşmə vektorunun, mövqelərdəki markerlərin ləngimə zamanı parametrləri vektorunun və aktiv keçidlərin yerinə yetirilmə zamanı parametrləri vektorunun elementlərinin trapesiyaşəkilli qeyri-səlis interval (TQSI) şəklində veilməsi nəticəsində formalaşır.

– Üçbucaq QSZPŞ – QSZPŞ-nin başlanğıc markerləşmə vektorunun, mövqelərdəki markerlərin ləngimə zamanı parametrləri vektorunun və aktiv keçidlərin yerinə yetirilmə zamanı parametrləri vektorunun elementlərinin üçbucaq qeyri-səlis ədəd (ÜQSƏ) şəklində veilməsi nəticəsində alınır.

–  $V_f$  tipli QSZPŞ– $V_f$  tipli QSPŞ-yə elementləri TQSI və ÜQSƏ olan markerlərin ləngimə zamanı parametrləri vektorunun və aktiv keçidlərin yerinə yetirilmə zamanı parametrləri vektorunun daxil edilməsi nəticəsində formalaşır.

PŞ-nin qeyri-səlis zaman parametrləri genişlənməş modifikasiyaları universal alqoritmik sistemlər olaraq daha mürəkkəb sinfə aid obyektlərin modelləşdirilməsinə imkan verir.

Kompüter modelləşdirməsi prosesi sistemin layihələndirilməsini, riyazi modelin qurulmasını, modelin fəaliyyət alqoritmi və kompüter proqramının işlənməsini əhatə edir. Uyğun proqram təminatına malik modelin tədqiqi və qurulmasının kompüter modelləşdirilməsinin struktur sxemi aşağıdakı kimi təsvir olunur (şəkil 2):



Şəkil 2. Kompüter modelləşdirilməsinin ümumi struktur sxemi

Kompüter modelləşdirilməsinin proqram təminatının işlənməsi prosesi aşağıdakı mərhələləri əhatə edir:

– Sistemə aid tələblərin dəqiqləşdirilməsi. Tələblər birmənalı, ziddiyyətsiz olmaqla, dəqiqlik, tamlıq və yoxlanma xüsusiyyətlərinə malik olmalıdır.

– Tələb olunan proqram təminatının modelləşdirilməsi. Bu mərhələdə proqram təminatının layihəsi hazırlanır. Bütün verilmiş tələblər: sistemin təsviri, etibarlılığı, təhlükəsizliyi, istifadəsinin

effektivliyi və rahatlığı, müasir layihələndirmə üsullarından istifadənin mümkünlüyü araşdırılır.

– Fəaliyyət alqoritminin işlənməsi. Bu mərhələdə seçilən həll metoduna uyğun sistemin fəaliyyət alqoritmı tərtib edilir.

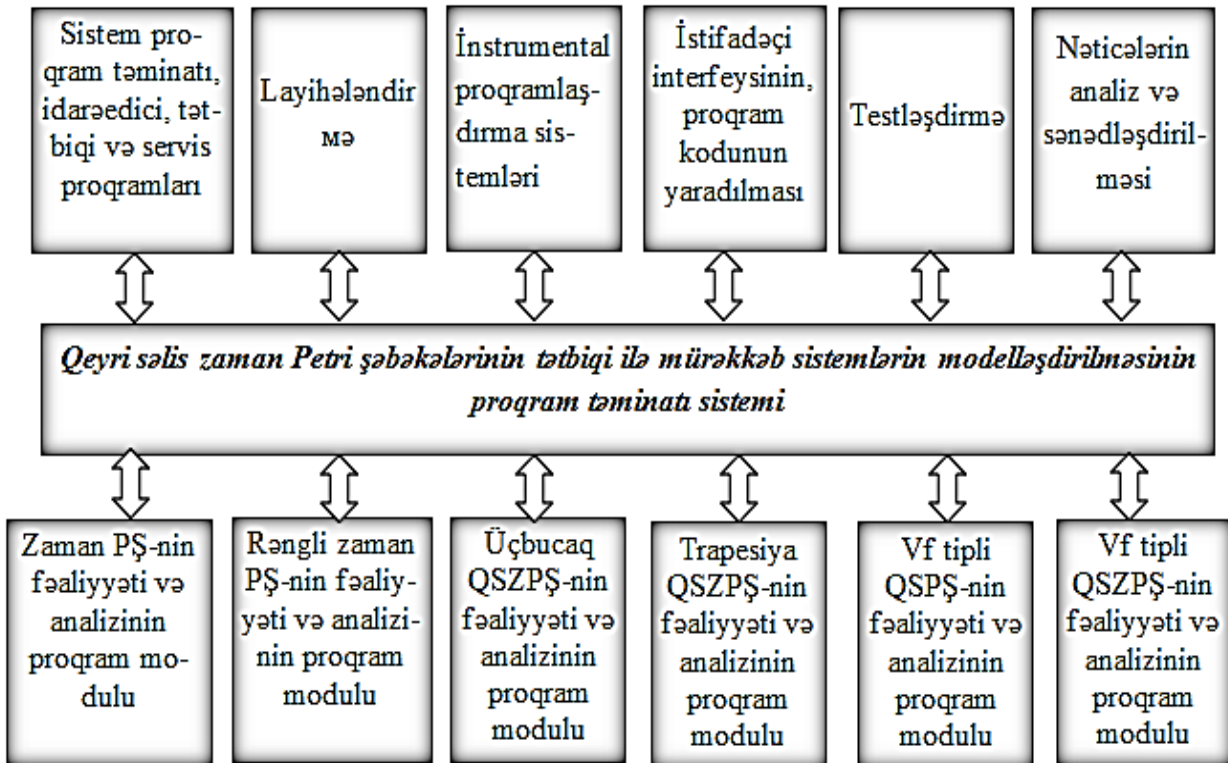
– Kodlaşdırma (proqram mətnlərinin hazırlanması). Kodlaşdırma prosesinin işlənməsi zamanı tələb olunan keyfiyyət standartları (adların, simvollar registrinin, boşluqların, intervalların, şərhlərin istifadə stillərinin seçilməsi və s. ) nəzərə alınmalıdır.

– Sistemin testləşdirilməsi. Testləşdirmə mərhələsində proqram sisteminin tələblərə uyğunluğu yoxlanılır. Sistemin ayrı-ayrı modulları ilə yanaşı, bütövlükdə sistemin testləşdirilməsi aparılır. Testləşdirmə nəticəsində cari nəticələr ilə gözlənilən nəticələr müqayisə olunur, proqramın tələblərə uyğunsuzluğu aşkarlanaraq aradan qaldırılır.

– Sənədləşdirmə. Sənədləşdirmə proqram təminatının bütövlükdə hazırlanması prosesini əhatə edir. Buraya tələblərin xüsusiyyətləri, sistemin ətraflı təsviri, terminlərin izahı, yaradılması mərhələlərinin analizi, tətbiq sahələri və s. daxildir.

QSZPŞ-nin tətbiqi ilə qarşılıqlı dinamik əlaqəli proseslərin modelləşdirilməsinin proqram təminatı sistemi ikisəviyyəli semantik idarəetmə sistemi kimi təsvir edilir: sistem proqramları (I səviyyə), tətbiqi proqramların idarə olunması (II səviyyə).

Mürəkkəb paralel paylanmış sistemlərin QSZPŞ-nin tətbiqi ilə modelləşdirilməsinin proqram təminatı sistem və tətbiqi idarəetmə proqramlarından ibarətdir. QSZPŞ-nin tətbiqi ilə mürəkkəb sistemlərin modelləşdirilməsinin proqram təminatı sisteminin ümumi strukturu şəkil 3-də verilmişdir.



Şəkil 3. QSZPŞ-nin tətbiqi ilə mürəkkəb sistemlərin modelləşdirilməsinin proqram təminatı sisteminin ümumi strukturu

Sistemin proqram təminatına aşağıdakılar daxildir: idarəedici, tətbiqi və servis proqramları, layihələndirmə, instrumental proqramlaşdırma sistemləri, istifadəçi interfeysinin, proqram kodunun yaradılması, testləşdirmə, nəticələrin analizi və sənədləşdirilməsi. Tətbiqi idarəetmə

proqramları aşağıdakı proqram modullarından ibarətdir [5]: ZPŞ-nin fəaliyyəti və analizi, RZPŞ-nin fəaliyyəti və analizi, Üçbucaq QSZPŞ-nin fəaliyyəti və analizi, trapesiyaşəkilli QSZPŞ-nin fəaliyyəti və analizi,  $V_f$  tipli QSPŞ-nin fəaliyyəti və analizi,  $V_f$  tipli QSZPŞ-nin fəaliyyəti və analizi. Sadalanan hər bir modula bir çox proqram modulları, proseduralar və alt proqramlar daxildir. QSZPŞ-nin tətbiqi ilə mürəkkəb qarşılıqlı dinamik əlaqəli proseslərin modelləşdirilməsinin proqram paketinin predmet sahəsi tətbiq olunan alqoritmlər və informasiya massivlərinin ümumiliyinə malik xüsusi məsələlər çoxluğu ilə xarakterizə olunan tətbiqi proqramlar toplusu ilə təyin edilir.

Proqramlaşdırma sistemi konkret məsələnin həll alqoritminin reallaşdırılmasının üsul və vasitələri, işlənmiş alqoritm əsasında proqramın tərtibi, sazlanması və istismarından ibarətdir.

Monitorun funksiyalarının reallaşdırılması zamanı sistem və tətbiqi modullar vasitəsilə paketin dialoq monitoru istifadəçinin informasiya məntiqi interfeysini təşkil edir. Dialoq monitorunun işi zamanı qarşılıqlı əlaqənin idarə olunması əməliyyat sistemi mühitində, tətbiqi proqramlar isə istifadəçi mühitində yerinə yetirilir.

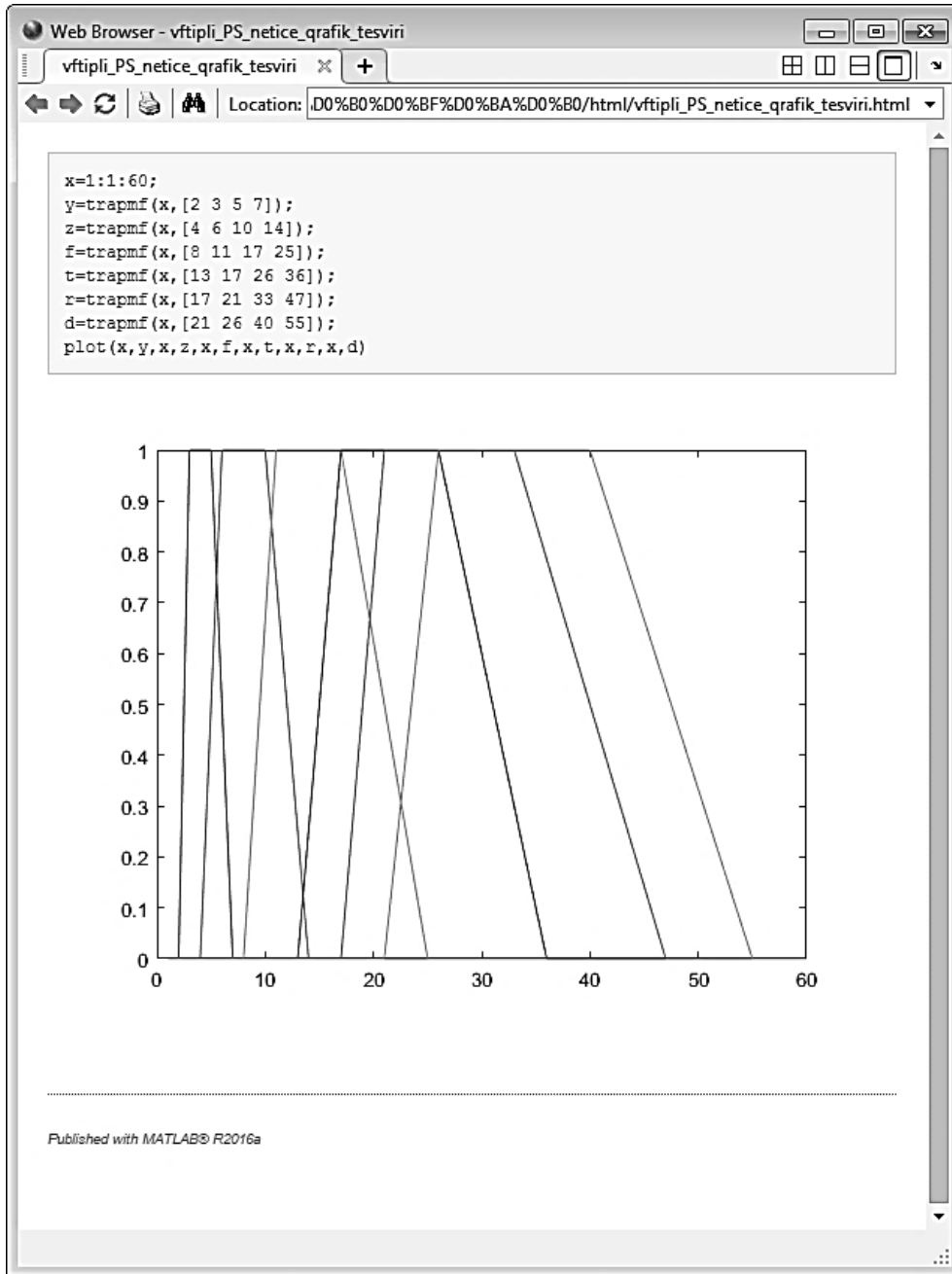
QSZPŞ-nin tətbiqi ilə paralel paylanan sistemlərin modelləşdirilməsinin instrumental və tətbiqi proqram vasitələrinin realizasiyası aşağıdakı kimi yerinə yetirilir.

### **Paralel paylanan asinxron proseslərin modelləşdirilməsinin instrumental və tətbiqi proqram vasitələrinin realizasiyası**

MATLAB sistemi bu və ya digər həcmdə klassik və müasir riyaziyyatın müxtəlif sahələrini, həmçinin mühəndis tətbiqlərinin geniş spektrini əhatə edən ədədi hesablamaların, kompüter modelləşdirməsinin, hesablama eksperimentlərinin yerinə yetirilməsi üçün inteqrallaşmış proqramlaşdırma mühitidir [6]. MATLAB sistemi arxitektura olaraq həll olunan məsələlərin müstəsna geniş spektrini əhatə edən baza proqramından və onlarla genişləndirmə paketlərindən ibarətdir. Bütün bu vasitələrin vahid işçi mühitə inteqrasiya olunması müxtəlif riyazi proseduraları və hesablama alqoritmlərini reallaşdıran yüzlərlə quraşdırılmış funksiyaların istifadəsinin zəruri çəvikliyini təmin edir.

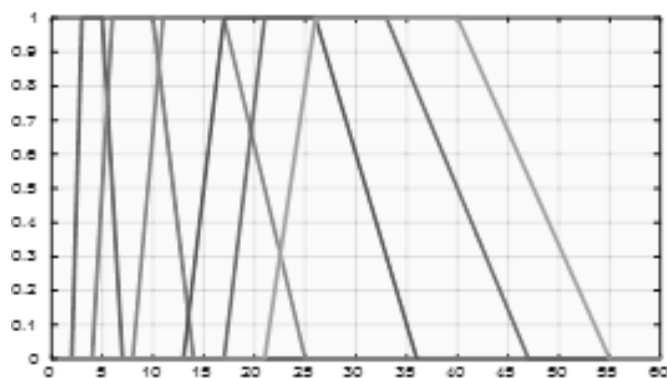
MATLAB mühitində qeyri-səlis modelləşdirmə Fuzzy Logic Toolbox genişləndirmə paketindən istifadə etməklə yerinə yetirilir [1]. Vizual modelləşdirmə paketləri istifadəçiyə modelləşdirilən sistemin təsvirini əsasən qrafik formada daxil etməyə imkan verir, həmçinin nəticələri diaqramlar, qraflar, cədvəllər şəklində təqdim edərək onların anlaşılmasını sadələşdirir. Vizual modelləşdirmə paketləri kompüterdə virtual, paralel fəaliyyət göstərən sistemləri modelləşdirmək və onlar üzərində eksperimentlər aparmaq üçün son dərəcə rahat mühit yaradır. İstifadəçi eksperiment zamanı simulyasiya nəticələrini görür və qiymətləndirir, zəruri hallarda isə ona fəal müdaxilə edə bilər. PŞ-nin yeni genişlənmələrinin bazasında mürəkkəb dinamik sistemlərin modelləşdirilməsinin vizual mühitinin qurulması onların tədqiqi və analizini sadələşdirir.

$V_f$  tipli QSZPŞ-nin mövqelərində zaman ləngimələri, keçidlərin yerinə yetirilmə zamanı vektorlarının və aktiv keçidlərin yerinə yetirilmə zamanı vektorunun TQSİ şəkilli mənsubluq funksiyalarının qrafik təsvirlərinin alınması üçün MATLAB proqramının Fuzzy Logic Toolbox əlavəsinə daxil olan *trampf* funksiyası istifadə edilir. İşçi mühitin Command Window əmr pəncərəsində  $V_f$  tipli QSZPŞ-nin struktur elementlərinin TQSİ şəkilli qiymətləri pəncərənin >> dəvətindən sonra yazılır. Sonda qrafiki təsvirlərin alınması üçün *plot* funksiyası daxil edilir və Enter düyməsi sıxılır. Daxil edilmiş əmrlər ardıcılığının yerinə yetirilməsindən sonra funksiyaların qrafiklərini əks etdirən yeni pəncərə açılır. Mexaniki emal istehsal sistemində paralel fəaliyyətli emal qurğularının idarəetmə modelinin aktiv keçidlərin yerinə yetirilməsi zamanı vektoru elementlərinin TQSİ şəkilli mənsubluq funksiyalarının qrafik təsviri aşağıda göstərilmişdir (şəkil 4).



Şəkil 4. Paralel fəaliyyətli emal qurğularının idarəetmə modelinin keçidlərin yerinə yetirilmə zamanı vektorlarının mənsubluq funksiyalarının qrafiki təsviri

Eyni qayda ilə  $V_f$  tipli QSZPŞ-nin mövqelərində zaman ləngimələri, keçidlərin yerinə yetirilmə zamanı vektorlarının elementlərinin TQSİ şəkilli mənsubluq funksiyalarının qrafik təsvirlərinin alınması prosesi yerinə yetirilir (şəkil 5).



**Şəkil 5.** Paralel fəaliyyətli emal qurğularının  $V_f$  tipli QSZPŞ şəklində idarəetmə modelinin zaman ləngimələri və keçidlərin yerinə yetirilmə zamanı vektorlarının TQSİ şəkilli mənsubluq funksiyalarının qrafiki təsviri

Analoji olaraq dövri fəaliyyətli robototexnoloji kompleksin üçbucaq QSZPŞ şəklində idarəetmə modelinin mövqelərində zaman ləngimələri vektorunun, keçidlərin yerinə yetirilmə zamanı vektorunun elementlərinin və keçidlərin yerinə yetirilməsi nəticəsində alınan yeni markerləşmələr matrisinin ÜQSƏ şəkilli mənsubluq funksiyalarının qrafik təsvirlərinin alınması prosesi yerinə yetirilir. Bunun üçün MATLAB proqramının Command Window əmr pəncərəsində Fuzzy Logic Toolbox əlavəsinə daxil olan *trimf* funksiyasından istifadə olunur.

#### Nəticə

QSZPŞ-nin tətbiqi ilə mürəkkəb sistemlərin modelləşdirilməsinin proqram təminatı modeli işlənmişdir. Real zaman rejimli qarşılıqlı dinamik əlaqəli mürəkkəb sistemlərin modelləşdirilməsi üçün modifikasiya olunmuş PŞ-lər sistemləşdirilmiş və təsnif edilmişdir. Kompüter modelləşdirilməsinin ümumi struktur sxemi işlənmiş, proqram təminatının işlənməsi prosesinin mərhələləri göstərilmişdir. Delphi 7.0 vizual proqramlaşdırma sistemində işlənmiş tətbiqi idarəetmə proqramlarının fəaliyyətinin əsas aspektləri nümayiş etdirilmiş və MATLAB mühitində Fuzzy Logic Toolbox qeyri-səlis genişləndirmə paketindən istifadə etməklə idarəetmə modellərinin tədqiqi reallaşdırılmışdır.

#### Ədəbiyyat

1. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2005, 736 с.
2. Мустафаев В.А., Салманова М.Н. Разработка модели функционирования обрабатывающего центра с применением нечетких временных сетей Петри // Вестник Воронежского государственного технического университета, 2018, т.14, №3, с.13–19. <https://elibrary.ru/item.asp?id=34977125>.
3. Yang B., Li H. A novel dynamic timed fuzzy Petri nets modeling method with applications to industrial processes // Expert System with Applications, 2018, vol. 97, pp.276–289. DOI.org/10.1016/j.eswa.2017.12.027.
4. Константайн Л.Л., Ловкуд Л.А. Разработка программного обеспечения. Питер, 2004, с.592.
5. Хомоненко А.Д., Гофман В.Э., Мещеряков Е.В. Delphi 7 / – 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2010, 1136 с.
6. Дьяконов В.П. MATLAB. Полный самоучитель, М.: ДМК Пресс, 2012, 768 с.



**УДК 519.95**

**Салманова Малахат Н.**

Сумгайтский Государственный Университет, Сумгайт, Азербайджан

[malaxat\\_70@mail.ru](mailto:malaxat_70@mail.ru)

**Разработка системы программного обеспечения моделирования параллельных процессов в режиме реального времени**

В статье рассмотрена разработка программного обеспечения моделирования сложных систем с применением нечетких временных сетей Петри (НВСП). Приведена схема классификации расширений сети Петри, используемых при моделировании и управлении параллельными процессами в режиме реального времени. Показано, что процесс компьютерного моделирования включает в себя проектирование системы, построение математической модели, алгоритм функционирования модели и разработку компьютерной программы. Разработана структурная схема программного обеспечения и компьютерного моделирования и показаны этапы процесса разработки программного обеспечения. Продемонстрированы ключевые аспекты прикладных программ управления, разработанных в среде визуального программирования Delphi 7.0. Инструментальные и прикладные программные средства моделирования параллельных систем с применением НВСП, реализованы в среде MATLAB с использованием пакета расширения Fuzzy Logic Toolbox.

*Ключевые слова:* асинхронные процессы, компьютерное моделирование, программное обеспечение, нечеткая временная сеть Петри, трапецевидный нечеткий интервал.

**Malahat N. Salmanova**

Sumgayit State University, Sumgayit, Azerbaijan

[malaxat\\_70@mail.ru](mailto:malaxat_70@mail.ru)

**Software system development for modeling of parallel processes in real time**

The article describes the development of software for modeling complex systems using fuzzy timed Petri nets (FTPN). A classification scheme for Petri net extensions used in the simulation and control of parallel processes in real time is presented. It is shown that the process of computer simulation includes the design of the system, the construction of a mathematical model, an algorithm for the functioning of the model and the development of a computer program. A block diagram of software and computer modeling have been developed and the stages of the software development process are shown. Key aspects of management applications developed in the Delphi 7.0 visual programming environment are demonstrated. Instrumental and applied software for modeling parallel systems using FTPN implemented in the MATLAB environment using the Fuzzy Logic Toolbox expansion pack.

*Keywords:* asynchronous processes, computer modeling, software, fuzzy timed Petri net, trapezoidal fuzzy interval.