

**Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi
“Azərbaycan Hava Yolları”
Qapalı Səhmdar Cəmiyyəti
Milli Aviasiya Akademiyası**

SİSTEMLƏRİN SİMULYASIYASI

DƏRS VƏSƏİTİ

Milli Aviasiya Akademiyası
Elmi-Metodik Şurasının 19 dekabr
2018-ci il tarixli (11/18 sayılı protokol)
qərarı ilə təsdiq edilmişdir.

BAKİ – 2019

AMEA-nın müxbir üzvü **A.Z. Məlikovun** elmi redaktəsi ilə

Rəy verənlər:

V.Ə. Qasımov - Milli Aviasiya Akademiyasının “İnformasiya texnologiyaları” kafedrasının professoru, t.e.d.

S.İ. Yusifov - Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “İdarəetmə və sistemlər mühəndisliyi” kafedrasının professoru, t.e.d.

N.F. Musayeva - Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin “İnformasiya texnologiyaları və sistemləri” kafedrasının professoru, t.e.d.

S.M. İbrahimova - Milli Aviasiya Akademiyasının “Aerokosmik informasiya sistemləri” kafedrasının dosenti, f.r.e.n.

B.Q. İsmayılov, M.İ. Fəttahova. Sistemlərin simulyasiyası. Dərs vəsaiti. Bakı, Milli Aviasiya Akademiyası, 2018, 226s.

Dərs vəsaiti MAA-nın bakalavriat səviyyəsində 050631-“Kompüter mühəndisliyi ixtisasının tədris planı əsasında tərtib edilmişdir.

Dərs vəsaitində simulyasiya modelləşdirməsinin (SM) mahiyyəti, sistem və model anlayışları, diskret və kəsilməz təsadüfi kəmiyyətlərin modelləşdirilməsi, SM dilləri, paketləri, SM-nə yanaşmalar, obyekt və predmet yönümlü modelləşdirmə, kütləvi xidmət sistemləri (KXS). əsas anlayışlar, Erlanq, Enqset modelləri, kütləvi xidmət şəbəkələri. Cekson modelləri, KXS-nin simulyasiya modelləri üçün məsələnin qoyuluşu, bu çərçivədə KXS-nin yazılışı, KXS-nin simulyasiya alqoritmi, KXS-nin simulyasiya modelinin qurulması qaydaları, General purpose simulation system (GPSS) modelləşdirmə dili, GPSS modelləşdirmə dilinin əsas qaydaları və operatorları, əsas blokları və onlarla əlaqəli obyektlər, idarəedici operatorları, konstruksiyaları, KXS-nin GPSS-də modelləşdirilməsi, istehsal sahəsinin fəaliyyət modeli, model alqoritmlərinin qurulması, KXS-nin simulyasiya modeli və onun nəticələrinin təhlili məsələləri şərh edilmişdir. Şərh edilən mövzuların daha yaxşı mənimsənilməsi üçün misallar göstərilmişdir. Dərs vəsaitindən müəllimlər, uyğun ixtisaslar üzrə bakalavrlar, magistrələr və bu sahə ilə maraqlananlar da istifadə edə bilərlər.

Mündəricat

Giriş	4
I Fəsil. Simulyasiya modelləşdirməsinin əsasları	6
1.1. Sistem və model anlayışları.....	6
1.2. Simulyasiya modelləşdirməsinin mahiyyəti	13
1.3. Təsadüfi kəmiyyətlərin modelləşdirilməsi	21
1.3.1. Diskret təsadüfi kəmiyyətlərin modelləşdirilməsi	28
1.3.2. Kəsilməz təsadüfi kəmiyyətlərin modelləşdirilməsi.....	31
II Fəsil. Simulyasiya modellərinin proqram təminatı	36
2.1. Simulyasiya modelləşdirməsi dilləri	36
2.2. Simulyasiya modelləşdirməsi paketləri	41
2.3. Simulyasiya modelləşdirməsinə yanaşmalar	45
2.3.1. Obyekt yönümlü modelləşdirmə	55
2.3.2. Predmet yönümlü modelləşdirmə.....	59
III Fəsil. Kütləvi xidmət sistemlərinin analitik modelləri	62
3.1. Kütləvi xidmət sistemləri. Əsas anlayışlar	62
3.2. Erlanq modeli	76
3.3. Növbələri olan kütləvi xidmət sistemi modelləri	82
3.4. Enqşet modeli.....	92
3.5. Kütləvi xidmət şəbəkələri. Cekson modelləri.....	97
IV Fəsil. Kütləvi xidmət sistemlərinin simulyasiya modelləri.....	104
4.1. Məsələnin qoyuluşu.....	104
4.2. Kütləvi xidmət sisteminin simulyasiya alqoritmləri.....	107
4.3. Kütləvi xidmət sisteminin simulyasiya modelinin qurulması qaydaları	116
V Fəsil. GPSS modelləşdirmə sistemi	124
5.1. GPSS modelləşdirmə dilinin əsas qaydaları və operatorları.....	124
5.2. GPSS modelləşdirmə dilinin əsas blokları və onlarla əlaqəli obyektlər	136
5.3. GPSS modelləşdirmə dilinin idarəedici operatorları	173
5.4. GPSS modelləşdirmə dilinin konstruksiyaları.....	182
VI Fəsil. İstehsal sahəsinin GPSS-də modelləşdirilməsi	207
6.1. İstehsal sahəsinin modeli.....	207
6.2. İstehsal sahəsinin simulyasiya modelləri.....	212
6.3. İstehsal sahəsinin simulyasiya modellərinin nəticələrinin təhlili.....	220
Ədəbiyyat.....	224

Giriş

Məlumdur ki, riyazi modelləşdirmə mürəkkəb sistemlərin tədqiqində mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Mürəkkəb sistemlərin tədqiqi məsələlərinin həlli modellərin mürəkkəbliyi ilə əlaqədar olaraq ənənəvi analitik üsulların köməyi ilə çox çətin olur.

Müasir dövrdə proqramlaşdırma texnologiyalarının sürətli inkişafı bir sıra sahələrin, o cümlədən mürəkkəb sistemlərin layihələndirilməsinin intensiv inkişafına şərait yaratmışdır. Belə ki, kompüterlərin meydana gəlməsi kompüter modelləşdirməsinin inkişafına yol açaraq bu məsələlərin həllinə imkan vermişdir.

Kompüter modelləşdirməsi üçün xarakterik cəhət sistemin riyazi modelinin kompüter proqramı şəklində təqdim edilməsidir ki, bu da hesablaşma eksperimentinin aparılmasına imkan verir. Mürəkkəb sistemlərin qurulması zamanı istifadə edilən riyazi aparatdan və hesablaşma eksperimentinin təşkili üsulundan asılı olaraq modelləşdirmənin qarşılıqlı əlaqəli ədədi, statistik və simulyasiya kimi üç növünü göstərmək olar.

Ədədi modelləşdirmədə kompüter modelini qurmaq üçün hesablaşma riyaziyyatı üsullarından istifadə edilir, hesablaşma eksperimenti isə parametrlərin verilmiş və başlanğıc qiymətlərində müəyyən riyazi tənliliklərin həllinə əsaslanır.

Statistik modelləşdirmə modelləşdirilən sistemdəki proseslər haqqında statistik məlumatların alınmasına imkan verən kompüter modelləşdirməsinin bir növüdür.

Simulyasiya modelləşdirməsi (SM) tədqiq edilən mürəkkəb sistemin fəaliyyət prosesinin kompüterdə təcəssüm (simulyasiya) etdirən kompüter modelləşdirməsidir.

Məlumdur ki, statistik modelləşdirmə - müxtəlif xüsusi nəticələrin alınması məqsədi ilə ayrı-ayrı elementlərin qarşılıqlı əlaqələrində fəaliyyət prosesinin yazılışına əsaslanan mürəkkəb sistemlərin tədqiq üsuludur. Burada son nəticələrin alınması üçün əməl riyazi statistika üsullarının köməyi ilə yerinə yetirilir. Statistik modelləşdirmənin əsasında statistik sınaqlar üsulu - Monte-Karlo üsulu dayanır. Simulyasiya modeli - mürəkkəb sistemin universal tədqiq vasitəsidir. O sistemin ayrı-ayrı elementlərinin davranışının məntiqi-alqoritmik yazılışını,

modelləşdirilən sistemdə meydana çıxan hadisələr ardıcılığını əks etdirən ayrı-ayrı elementlərin qarşılıqlı hərəkət qaydalarını təqdim edir. Əgər statistik modelləşdirmə simulyasiya modelindən istifadə etməklə icra edilirsə, o simulyasiya modeli adlanır. “Statistik və simulyasiya modelləşdirməsi” anlayışları adətən sinonim kimi işlədilir. Lakin nəzərə almaq lazımdır ki, statistik modelləşdirmə heç də simulyasiya modelləşdirməsi deyil. Məsələn, statistik sınaqlar çoxluğu əsasında inteqralaltı sahənin təyin edilməsi yolu ilə müəyyən inteqralın Monte-Karlo üsulu ilə hesablanması statistik modelləşdirməyə aiddir, lakin onu simulyasiya modelləşdirməsi adlandırmaq olmaz.

Dərs vəsaiti SM-in əsasları, SM - proqram təminatı, kütləvi xidmət sistemlərinin analitik və simulyasiya modelləri, GPSS modelləşdirmə sistemi, KXS-nin GPSS-də modelləşdirmə məsələlərini əhatə edir. Belə ki, burada SM-nin mahiyyəti, sistem və model anlayışları, diskret və kəsilməz təsadüfi kəmiyyətlərin modelləşdirilməsi, SM dilləri, paketləri, SM-nə yanaşmalar - obyekt və predmet yönümlü modelləşdirmə, kütləvi xidmət sistemlərinin (KXS) əsas anlayışları, Erlanq, Enqset modelləri, kütləvi xidmət şəbəkələri və s. məsələlər öz əksini tapmışdır. Bundan əlavə burada Cekson modelləri, kütləvi xidmət sistemlərinin simulyasiya modelləri üçün məsələnin qoyuluşu, bu çərçivədə KXS-in yazılışı, KXS-in simulyasiya alqoritmi, KXS-in simulyasiya modelinin qurulması qaydaları, GPSS modelləşdirmə sistemi, GPSS modelləşdirmə dilinin əsas qaydaları və operatorları, GPSS modelləşdirmə dilinin əsas blokları və onlarla əlaqəli obyektlər, GPSS modelləşdirmə dilinin idarəedici operatorları, GPSS modelləşdirmə dilinin konstruksiyaları, KXS-in GPSS-də modelləşdirməsi, istehsal sahəsinin fəaliyyət modeli, model alqoritmlərinin qurulması, KXS-in simulyasiya modeli və onun nəticələrinin təhlili məsələləri şərh edilmişdir.

Dərs vəsaitinin rsəyə gəlməsində əməyi olan şəxslərin hər birinə dərin minnətdarlığımızı bildiririk.

I Fəsil. Simulyasiya modelləşdirməsinin əsasları

1.1. Sistem və model anlayışları

Maddi istehsalın müxtəlif sahələrində, elmi tədqiqatlarda, sosial-iqtisadi proqnozlaşdırmada çoxsaylı obyektlərlə daim əməliyyatların aparılması lazım gəlir ki, bunları mürəkkəb sistemlər adlandırırırlar. Bu obyektlərin fərqləndirici xüsusiyyətlərinə aşağıdakılar daxildir:

-böyük sayda qarşılıqlı əlaqədə və öz aralarında qarşılıqlı hərəkətdə olan sistem elementlərinin olması;

-sistemin fəaliyyətinin optimallaşdırılmasına yönəlik məqsəd funksiyası;

-sistemi təşkil edən elementlərin məqsəd funksiyası ilə üst-üstə düşməməsi;

-paylanmış informasiya şəbəkəsinin və sistemin element bazası daxilində həm də xarici mühitlə qarşılıqlı hərəkəti üzrə çoxsaylı əlaqələrini həyata keçirən idarəetmənin olması.

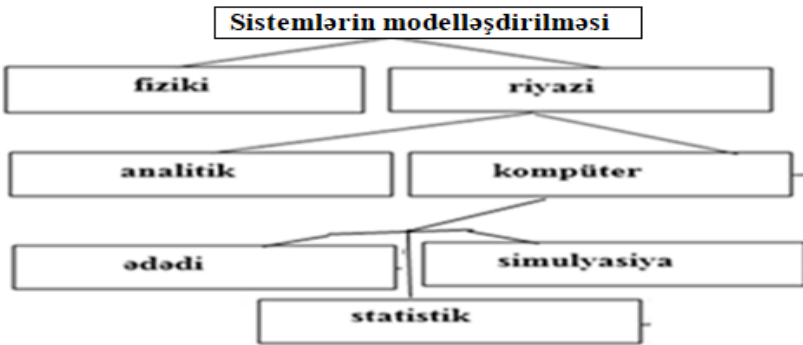
“Sistem” və “mürəkkəb sistem” anlayışları ilə əlaqəli təriflər verək. Element dedikdə müəyyən funksiyaların icrasını təmin edən, bir sıra xassələrə malik, daxili quruluşu tədqiqatın məqsədi üçün maraq kəsb etməyən müəyyən obyekt (material, energetik informasiya) başa düşülür. Elementlər arasındakı əlaqə tədqiqatın məqsədi üçün vacib olan qarşılıqlı hərəkət proses adlanır.

Fəaliyyət məqsədi onu təşkil edən elementlərin fəaliyyət məqsədindən fərqli olan qarşılıqlı əlaqədə olan elementlərin məcmusu **sistem** adlanır.

Müxtəlif tipli əlaqəli və müxtəlif tipli elementlərdən təşkil olunmuş sistem mürəkkəb sistem adlanır.

Çox sayda eynitipli əlaqəli və eyni tipli elementlərdən təşkil olunmuş sistem böyük sistem adlanır. Qeyd edək ki, mürəkkəb və böyük sistem arasında fərq şərtidir.

İnsanın rasional fəaliyyətinin vacib, universal məqsədi obyektlərin, hadisələrin, texnologiyaların iqtisadiyyatda, texnikada, ekologiyada, istehsalatda, cəmiyyətdə yüksək effektiv sistemin yaradılmasından ibarətdir. Yüksək effektivlik müəyyən ədədi xarakteristikaların - effektivlik göstəricilərinin ekstremumuna nail olmaqdan ibarətdir. Bununla əlaqədar olaraq riyazi üsullara zərurət yaranır. Lakin real hadisələrə, obyektlərə, sistemlərə bilavasitə tətbiq olunmur. Bunun üçün ilk növbədə sistemin riyazi modelini yaratmaq lazımdır. Başqa sözlə, riyazi münasibətlərin köməyiylə sistemin təqribi yazılışı əldə edilməlidir. Modelləşdirmənin **fiziki, riyazi, analitik, kompüter, ədədi, simulyasiya, statistik** kimi növləri vardır (şəkil 1.1).



Şək. 1.1 Modelləşdirmə növlərinin təsnifatı

Fiziki modelləşdirmə model kimi tədqiq olunan sistemdən və ya oxşar fiziki təbiətli digər sistemdən istifadəni nəzərdə tutur.

Riyazi model dedikdə verilmiş real sistemin riyazi təsviri başa düşülür. Riyazi modelləşdirmə modelin qurulmasından, onun öyrənilməsindən, alınmış məlumatların modelləşdirilən sistemə ötrülməsindən ibarət riyazi modelin tədqiqini təqdim edir. Riyazi modelləşdirmə faktiki olaraq praktik məsələlərin həllində istifadə olunan vaxtlardan mövcuddur. Lakin bu

cəhdlər modellərin mürəkkəbliyi (qeyri-xətti tənliklərin, çoxsaylı dəyişənlərin, parametrlərin, tənliklərin, apriori informasiyanın az olması və s.) ilə əlaqədar olaraq əksər hallarda dalana dirənirdi və onların ənənəvi analitik üsullarla həlli mümkün deyildi. Kompüterlərin meydana gəlməsi və təkmilləşməsi ilə əlaqədar olaraq situasiya əsaslı şəkildə dəyişdi. Belə ki, kompüterdə riyazi modellərlə eksperiment aparılmağa başlandı. Yeni anlayış və yanaşmalar hesablamada eksperimenti, simulyasiya modelləşdirməsi, statistik modeləşdirmə meydana gəldi. Müasir dövrdə riyazi modeləşdirmənin mahiyyəti ilkin (tədqiq, idarə və istismar edilən) sistemin onun riyazi modeli ilə əvəz edilməsindən, sonra isə hesablamada məntiqi alqoritmlərin köməyi ilə eksperimentin aparılmasından ibarətdir.

Analitik model sistemin elementlərinin fəaliyyət prosesinin müəyyən riyazi münasibətlər və ya məntiqi şərt şəklində yazılışdır (cəbri, inteqro-diferensial və s.).

Kompüter modelləşdirməsi üçün sistemin riyazi modelinin kompüter proqramı şəklində təqdim olunması xarakterikdir ki, bu da hesablamada eksperimentinin aparılmasına imkan verir. Qurulma zamanı riyazi aparatdan və hesablamada eksperimentinin aparılma qaydasından asılı olaraq modeləşdirmənin üç qarşılıqlı əlaqəli - **ədədi, simulyasiya və statistik** kimi növlərini göstərmək olar. **Ədədi modeləşdirmədə** kompüter modelini qurmaq üçün hesablamada riyaziyyatın üsullarından istifadə edilir. Hesablamada eksperimenti başlanğıc şərtlər və parametrlərin verilmiş qiymətlərində müəyyən riyazi tənliklərin ədədi həllinə əsaslanır. **Simulyasiya modelləşdirməsi** tədqiq edilən mürəkkəb sistemin fəaliyyət prosesinin kompüterdə canlandırılması ilə xarakterik olan kompüter modelləşdirməsinin bir növüdür. Bu zaman məntiqi strukturun saxlanması ilə prosesi təşkil edən elementar hadisələr zamana görə baş vermə ardıcılığı ilə

simulyasiya edilir və verilmiş zaman anında sistemin vəziyyəti haqqında informasiya almağa imkan verir.

Statistik modelləşdirmə kompüter modelləşdirməsinin bir növüdür və modelləşdirilən sistemdə proseslər haqqında statistik məlumatların alınmasına imkan verir. **Riyazi modelləşdirmə** aşağıdakı məqsədlərə çatmağa imkan verir:

1. Ənənəvi nəzəri və eksperimental üsulların üstün cəhətlərini birləşdirməyə;

2. Hesablama texnikasının və onun əsaslandığı informatika və avtomatlaşdırma vasitələrinin (ALS, AIY, AİS, ÇAI, ES) tətbiqinin yüksək effektivliyini qarantlamağa;

3. Natur və fiziki modelləşdirmə iqtisadi cəhətcə özünü doğrultmayan və ya çətin reallaşdırılan sistemləri tədqiq etməyə;

4. Natur və fiziki modelləşdirmə insan sağlamlığı üçün təhlükəli olan sistemlərin tədqiqinə (məsələn, yüksək radiasiya və istilik şəraitində);

5. Layihələndirmə mərhələsində perspektivli sistemlərin layihələndirilməsinə (hələ reallıqda mövcud olmayan);

6. Çətin əl çatan obyektlərin tədqiqinə-zamana və fəzaya görə uzaqda olan (məsələn, planetlərin atmosferinin modelləşdirilməsi, kainatın mənşəyi prosesinin modelləşdirilməsi);

7. Mövcud olma müddəti və ölçülərinə görə müşahidə edilə bilməyən obyektlərin tədqiqinə (məsələn, makro və mikro dünyanın modeli);

8. İqtisadi, sosial, ekoloji və bioloji sistemlərin modelləşdirilməsinə.

Göstərilən üstünlüklər riyazi modelləşdirməni real sistemlərin, proseslərin və hadisələrin tədqiqində universal intensiv metodologiya və texnologiyaya, kompüterləşmənin intellektual nüvəsinə, tətbiqi riyaziyyat və informatikanın əsas instrumentinə çevirir.

Aparılmış araşdırmalar göstərir ki, riyazi modelləşdirmə üsullarının tətbiqindən gələn iqtisadi effekt sərfiyyatı dəfələrlə

üstələyir (tətbiq sahəsindən asılı olaraq 10-100 dəfə). **Riyazi modellər** çoxluğunu-**analitik, simulyasiya və analitik-simulyasiya** kimi üç alt çoxluğa bölmək olar. Üçüncü növ modellər birinci iki növ modellərin xüsusiyyətlərini özündə birləşdirir. Ona görə də birinci iki növü müqayisə edək. **Analitik modellər** sistemin parametrləri, dəyişənləri və effektivlik göstəriciləri arasındakı əlaqələri yazan funksional münasibətlərin və məntiqi şərtlərin məcmusudur [8,9,14,15].

Analitik modellərdən aşağıdakı hallarda istifadə edilir:

-çox sadə sistemlərdə;

-sistemin real xassələrinin öyrənilməsi məqsədilə sadələşdirmə (abstraktlaşdırma) nəticəsində alınmış real sistemlərdə. **Analitik modellərin üstünlüyü** onun universal, nəticələrinin yüksək dərəcədə ümumi və əhəmiyyətli olmasındadır. **Analitik modellərin çatışmayan çəhətləri** isə sistemin mürəkkəblik dərəcəsinə həssaslığı, real sistemə adekvat olmamasıdır. Müəkkəb sistemin **simulyasiya modeli** isə verilmiş modeləşdirmə müddətində sistemin ayrı-ayrı elementlərinin davranışını və onlar arasındakı əlaqələri simulyasiya edən kompüter proqramıdır (və ya alqoritmidir). Kompüterdə simulyasiya modeli ilə eksperimentlər **simulyasiya eksperimentləri** adlanır.

Qeyd etmək lazımdır ki, mürəkkəb sistemlərin bir növü olan KXS-də giriş axınının və xidmət müddətinin təsadüfi xarakterli olması burada müəyyən təsadüfi prosesin yaranmasına səbəb olur. Kütləvi xidmət nəzəriyyəsinin üsullarından istifadə etməklə bu prosesi riyazi şəkildə yazaraq onun incəliklərini öyrənmək mümkündür. Əgər öyrənilən təsadüfi proses Markov prosesidirsə, onda KXS-in riyazi təhlili xeyli asanlaşır. Belə ki, sistemin fəaliyyəti diferensial tənliklərlə, effektivlik göstəriciləri isə onun parametrlərilə aşkar şəkildə ifadə edilir. Əgər sistemdəki axınlar Puasson qanununa tabe deyilsə, onda sistemdəki prosesi riyazi şəkildə ifadə etmək çox mürəkkəb olur. Lakin bəzi sadə hallarda analitik düsturlar

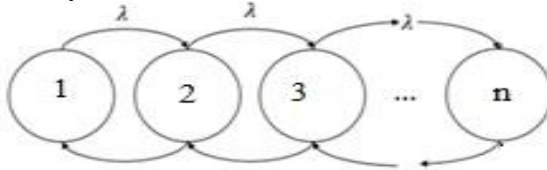
almaq mümkün olur. Bu halda Markov nəzəriyyəsinin köməyilə KXS-nin effektivlik göstəriciləri təqribi qiymətləndirilir.

t arqumentinin istənilən qiymətində təsadüfi dəyişən $X(t)$ funksiyasına təsadüfi funksiya deyilir. Arqumenti zaman olan $X(t)$ təsadüfi funksiyasına təsadüfi proses deyilir. Markov prosesləri təsadüfi proseslərin bir növüdür. Bu proseslər içərisində onun xüsusi yer tutmasının səbəbi Markov prosesləri üçün daha yaxşı riyazi aparatın işlənilməsi və hazırlanmasıdır. Bu isə bir çox praktiki məsələlərin həllinə imkan yaradır və onun köməyilə kifayət qədər mürəkkəb sistemlərin davranışını dəqiq və ya təqribi təsvir etmək mümkündür. Hər hansı bir sistemdə mövcud olan təsadüfi proses o zaman Markov prosesi hesab edilir ki, istənilən t_0 zaman anı üçün sistemin gələcəkdəki istənilən vəziyyətinin ehtimalı ($t > t_0$) yalnız onun hazırkı vəziyyətindən asılıdır ($t = t_0$) və sistemin bu vəziyyətə nə vaxt və hansı yolla gəlməyindən asılı deyil. Markov təsadüfi prosesləri $X(t)$ funksiyası və t parametri çoxluqlarının diskretliyi və kəsilməzliyinə əsasən təsnifləşdirilir. Bu proseslərin aşağıdakı əsas növlərini fərqləndirirlər:

1. Diskret vəziyyətli və diskret zamanlı (Diskret Markov zənciri)
2. Kəsilməz vəziyyətli və diskret zamanlı
3. Diskret vəziyyətli və kəsilməz zamanlı (Kəsilməz Markov zənciri)
4. Kəsilməz vəziyyətli və kəsilməz zamanlı

Diskret vəziyyətli Markov proseslərini vəziyyətlər qrafı ilə təsvir edirlər (şəkl. 1.2). Burada sistemin $1, 2, 3, \dots, n$ vəziyyətləri qovşaqlarla və onlar arasında mümkün keçidlər oxlarla göstərilmişdir. Burada yalnız birbaşa keçidlər qeyd olunur. Əvvəlki vəziyyətdə olan mümkün ləngimələr verilən

vəziyyətdən bu vəziyyətə yönələn oxlarla göstərilir. Sistemdəki vəziyyətlərin sayı sonlu və sonsuz ola bilər.



Şək.1.2 Sistemin vəziyyətlər qrafı

Diskret vəziyyətli və diskret zamanlı Markov təsadüfi prosesləri Makov zənciri adlanır. Təsadüfi proseslər 1,2,3,...,k,... vəziyyətlər ardıcılığı kimi xarakterizə olunur. Markov zəncirinin vəziyyət ehtimalı $P_j(k)$ - dir və k addımdan sonra ($(k + 1)$ -ə qədər) sistem $i(i = 1,2,\dots,n)$ vəziyyətində olacaq. Aydındır ki, istənilən k üçün

$$\sum_{i=1}^n P_i(k) = 1$$

Markov zəncirində prosesin əvvəlində vəziyyət ehtimalları $P_1(0), P_2(0), P_3(0), \dots, P_n(0)$ müəyyən edilməlidir. Xüsusi halda, əgər sistemin ilkin vəziyyəti dəqiq məlumdursa, yəni i isə ilkin ehtimal $P_i(0) = 1$ olacaq və bütün digər ehtimallar sıfıra bərabərdir. Beləliklə sistem hər hansı bir n vəziyyətində ola bilər, ona görə də hər bir t anı üçün keçid ehtimalları

$$\|P_{i,j}\| = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{pmatrix}$$

burada P_{ij} - i vəziyyətindən j vəziyyətinə keçid ehtimalıdır. P_{ii} isə i vəziyyətində sistemin ləngiməsi ehtimalıdır. Əgər keçid ehtimalları addımların sayından deyil, hər hansı bir

vəziyyətdən digərinə keçidin reallaşmasından asılıdırsa, bu bircinsli Markov zənciri adlanır. Bircinsli Markov zəncirinin keçid ehtimalları $n \times n$ ölçülü matris əmələ gətirir. Onun bir neçə xüsusiyyətlərini qeyd edək.

1. Hər bir sətir sistemin seçilmiş vəziyyətini, onun elementləri isə seçilmiş vəziyyətdən bir addım keçidlərin bütün mümkün ehtimalını, eyni zamanda özünə keçidi ifadə edir.

2. Sütun elementləri verilmiş vəziyyətdə bir addım üçün keçidlərin bütün mümkün ehtimalını göstərir.

3. Hər bir sətir üzrə ehtimalların cəmi vahidə bərabərdir. Belə ki, keçidlər ziddiyyətli hadisələrin tam qrupunu yaradır

$$\sum_{j=1}^n P_{ij} = 1, i = \overline{1, n}$$

4. Keçid ehtimalları matrisinin baş diaqonalı üzrə P_{ii} ehtimalları ilə sistem i vəziyyətindən çıxmayaaraq həmin vəziyyətdə qalır.

1.2. Simulyasiya modelləşdirməsinin mahiyyəti

Simulyasiya modellərinin fərqləndirici xüsusiyyətləri aşağıdakılardır:

-mürəkkəb sistemin simulyasiya modelinin yaradılmasında bütün sistemin fəaliyyət qanunları tam şəkildə məlum olmaya bilər (sistemin ayrı-ayrı elementlərinin davranışını və onlar arasındakı əlaqələri yazmağa imkan verən alqoritmləri bilmək kifayətdir);

-simulyasiya modelləşdirməsində sistemin parametrləri və xarakteristikaları arasındakı əlaqə aşkarlanır, tədqiq olunan xarakteristikaların qiyməti isə kompüterdə simulyasiya eksperimentinin gedişində müəyyənləşdirilir.

Simulyasiya modellərindən aşağıdakı hallarda istifadə edilir:

-analitik modeli qismən və ya tam müəyyən edilməyən praktik olaraq istənilən mürəkkəbliyə malk geniş sistemlər sinfində;

-mürəkkəbliyə görə analitik modelin istifadəsi mümkün olmayan hallarda.

Simulyasiya modellərinin üstünlüyü:

-adətən mürəkkəb sistemin yeganə mümkün tədqiq üsulu olması;

-tədqiqatın məqsədi ilə müəyyən edilən müxtəlif detalizə səviyyələrində sistemin tədqiq imkanının olması;

-sistemin parametrləri fəzasına və zamana görə sistem elementlərinin qarşılıqlı hərəkət dinamikasının tədqiq imkanının olması;

-müəyyən zaman anında sistemin xarakteristikalarının qiymətləndirilməsi imkanı.

Simulyasiya modellərinin zəif cəhətləri:

-baha olması, yəni yaxşı simulyasiya modelinin işlənməsi adətən analitik modelin yaradılmasından baha başa gəlir və çox zaman itkisi tələb edir;

-simulyasiya modellərinin nəticələri analitik modellərin nəticələri ilə müqayisədə aşağı ümumilik dərəcəsinə malikdir və sistem siniflərinin fəaliyyətinin ümumi qanuna uyğunluğunu açmağa imkan vermir;

-simulyasiya modellərinin adekvatlığını qiymətləndirməyin etibarlı üsulu yoxdur.

Mürəkkəb sistemlərin simulyasiya modellərini işləyərkən kompüterlərin fəaliyyətinin iki əsas xüsusiyyətini nəzərə almaq lazımdır.

1. Mürəkkəb sistem eyni zamanda fəaliyyət göstərən çox sayda elementlərdən təşkil olunmuşdur. Lakin əksər kompüterlərdə sistemin ayrı-ayrı elementlərinin fəaliyyətini simulyasiya edən bir neçə proqramın paralel icrası mümkün olmur.

2. Simulyasiya modeli kompüter proqramları olduğundan onlar sonlu verilənlər çoxluğu ilə əməliyyat aparır. Ona görə də onlar sistemin fəaliyyətini zamanın bütün anlarında deyil, sonlu çoxluq təşkil edən hissəsində simulyasiya edir.

Sistemdə paralel hadisələrin zaman anlarının sonlu çoxluğunda simulyasiyasını təmin etmək üçün simulyasiyada sistem model vaxtı adlanan məxsusi zaman dəyişənindən istifadə edilir. Simulyasiyada istifadə edilən model vaxtını digər tip zaman vaxtlarından ayırmaq lazımdır:

- sistemin (fəaliyyəti simulyasiya edən) real vaxtı;
- simulyasiya modelləşdirməsinin təşkili üçün kompüterin zaman ehtiyatının itkisini əks etdirən simulyasiyanın maşın vaxtı.

Zaman anlarının sonlu çoxluğunu formalaşdırmağın iki qaydası vardır. Bunlar model vaxtının təşkilinin iki prinsipidir:

- model vaxtının zamanın qeyd olunmuş addımı ilə dəyişməsi;
- model vaxtının sistemin vəziyyət vektorunun sıçrayışlı addımı ilə dəyişməsi.

Zaman anları çoxluğundan zaman anları vəziyyət vektoru kəsilməz dəyişir (və ya dəyişmir). Qeyd edək ki, sistemin vəziyyətinin sıçrayışlı addımı ilə dəyişməsi idarəedici siqnalların, xarici təsirlərin, çıxış informasiyaların verilməsi və s. kimi məxsusi hadisələrin baş verməsi zamanı əmələ gəlir.

Sistemin simulyasiya qaydası dedikdə sistemin faza trayektoriyasının formalaşdırılması qaydası başa düşülür. Bu isə vəziyyət vektorunun dəyişmə qaydası ilə müəyyən edilir. Vəziyyət vektorunun dəyişməsinin üç qaydası vardır:

- hadisənin baş vermə anında;
- hərəkətin icrası nəticəsində (icraya isə model vaxtı sərf edilir, hərəkətin icrası və model vaxtı cütlüyü sistemin aktivliyi adlanır);
- proses adlanan hadisə və hərəkətin xronoloji icra ardıcılığı nəticəsində.

Faza trayektoriyasının formalaşdırılmasının bu üç qaydasının hansının istifadə edilməsindən asılı olaraq simulyasiya qaydalarını fərqləndirirlər:

-aktivliyə baxışa əsaslanan **hadisəli**;

-**prosesli, tranzaktlı**;

-**aqreqatlı**.

Simulyasiyanın **transaktlı** qaydası kütləvi xidmət sistemlərinin modelləşdirməsi üçün **prosesli** qaydanın inkişafı nəticəsində formalaşdırılmışdır.

Aqreqatlı qayda aqreqativ modellərdən istifadəyə əsaslanır.

Sistemin modelləşdirməsi üçün simulyasiya qaydalarından istifadə şərtləri aşağıdakılardır (hadisəli qayda):

-məxsusi hadisələr çoxluğunu çox da böyük olmayan sayda tip hadisələrə bölmək olar;

-hər tip hadisə üçün sistemin vəziyyətinin dəyişməsinə gətirən hərəkət ardıcılığı müəyyənləşdirilir;

-bütün tip hadisələr üçün bir hadisədən digər hadisəyə keçmə şərti müəyyənləşdirilir;

-ardıcıl daxil olan hadisələr arasındakı zaman intervalı məlum ehtimal paylanma qanununa malik təsadüfi kəmiyyətdir. Aktivliyə baxışa əsaslanan qaydadan istifadə üzrə şərtlər aşağıdakılardan ibarətdir:

-sistemin hər bir elementi üçün bütün hərəkətlər müxtəlifdir və müxtəlif hadisələrin baş verməsinə gətirir;

-hər bir hərəkət onun icra şərtlərinin yığımı ilə xarakterizə edilir;

-hərəkətin icra müddəti məlum ehtimal paylanma qanununa malik təsadüfi kəmiyyətdir.

Aktivliyə baxışa əsaslanan modelləşdirmə alqoritmi bütün şərtlər yığımına baxışı reallaşdırır, ödənilən şərtlər daxilində aktivliyi emal edir, b.s. uyğun hərəkətin icra vaxtını modelləşdirir və hərəkəti reallaşdırır. Bu qayda çoxsaylı şərtlərin yoxlanması üçün həddən artıq maşın vaxtı tələb edir.

Bundan istifadə o hallarda məqsədə uyğundur ki, hərəkətin icra vaxtı sistemin vəziyyətindən asılı olsun.

Prosesli qayda hadisəli və aktivliyə baxışa əsaslanan qaydaların xüsusiyyətlərini özündə əks etdirir. Bu o zaman istifadə edilir ki, sistem elementlərinin davranışı müəyyən sinif sistemlər üçün proses adlanan qeyd olunmuş hadisələr və hərəkətlər ardıcılığı ilə yazıla bilər. Onun realizasiyası üçün xüsusi vasitələrə (məsələn, modelləşdirmə dilinin operatorları) malik məxsusi modelləşdirmə sistemindən (modelləşdirmə dili və ya TPP) istifadə edilir. Lakin belə standart vasitələr yığını məhdud olduğundan bu qayda hadisəli qaydaya nisbətən az çevikdir.

Sistemin **simulyasiya modelləşdirməsi** prosesini şərti olaraq **üç ardıcıl icra edilən mərhələyə** bölmək olar:

- riyazi (konseptual) modelin qurulması;
- modelləşdirmə alqoritminin işlənməsi və sistemin simulyasiya modelinin qurulması;
- sistemin simulyasiya modeli vasitəsi ilə tədqiqi (simulyasiya eksperimentinin aparılması və nəticələrin interpretasiyası).

Simulyasiya modelləşdirməsi prosesində müəyyən dəqiqləşdirmələrə ehtiyac olur. Simulyasiya modelinin işlənməsi və istifadəsində mərhələlər arasında əlavə informasiyanın korreksiyasını, dəqiqləşdirməni təmin edən əks əlaqə mövcuddur. Bu mərhələlərin hər birinin qısa xarakteristikasını verək.

Birinci mərhələ predmet oblastı terminləri daxilində tərtib edilmiş sistemin məzmunlu yazılışını öyrəndikdən sonra sistemin riyazi (konseptual) modelinə keçilir. Mürəkkəb sistemin konseptual modeli mürəkkəb sistemin sadələşdirilmiş riyazi və ya alqoritmik yazılışdır. Riyazi (konseptual) modelin qurulması 5 qarşılıqlı əlaqəni göstərir:

- məsələnin qoyuluşu, tədqiqatın məqsədinin formalaşdırılması;

-mürəkkəb sistemin təhlili, sistemin rahat riyazi və ya alqoritmik yazılışa imkan verən elementlərə bölünməsi (dekompozisiyası), elementlər arasındakı əlaqənin təyini;

-sistemin parametrlərinin, dəyişənlərinin və vəziyyət fəzasının təyini, b.s. xarakteristikaların və hər bir xarakteristikanın dəyişmə oblastının təyini;

-fəaliyyətin effektivlik göstəricilərinin seçilməsi;

-mürəkkəb sistemin konseptual modelinin yazılışı və onun adekvatlığının yoxlanması, müxtəlif tip riyazi modellərdən istifadə, hipotez, təklif və riyazi münasibətlərin yoxlanması.

İkinci mərhələdə konseptual modeldən modelləşdirmə alqoritminə və simulyasiya modelinə keçilir. Bu keçid 5 əsas mərhələdə baş verir:

-simulyasiya qaydasının, hətta simulyasiya modelini reallaşdıran hesablama və proqram vasitələrinin seçilməsi;

-modelləşdirmə alqoritminin məntiqi sxeminin qurulması;

-seçilmiş simulyasiya qaydası çərçivəsində sistemin elementlərinin davranışını və onlar arasındakı əlaqəni yazan riyazi modelin alqoritmləşdirilməsi;

-simulyasiya modelinin işlənməsi, b.s. modelləşdirmə alqoritminin proqramlaşdırılması;

-simulyasiya modelinin sazlanması, testləşdirilməsi və adekvatlığının yoxlanması.

Üçüncü mərhələdə simulyasiya modelinin istifadəsi üç mərhələdə yerinə yetirilir:

-simulyasiya eksperimentinin planlaşdırılması;

-simulyasiya eksperimentinin aparılması;

-modelləşdirmənin nəticələrinin emalı, təhlili və interpretasiyası.

Qeyd edək ki, sistemi xarakterizə edən parametrlərin qiymətləri simulyasiya eksperimentinin gedişində birqiymətli şəkildə verilməyə bilər. Bu və ya digər qiymətlərin seçilməsi

simulyasiya eksperimentinin məqsədi ilə təyin edilir. Eksperimentin planlaşdırılmasında verilmiş xassəyə malik qiymətlər yığımının alınmasına imkan verən simulyasiya eksperimentinin təşkilinin müxtəlif qaydaları mövcuddur. Mürəkkəb sistemlərin tədqiqi məsələsinin effektiv həllini təmin edən parametrlərin qiymətlərinin verilməsi prosesi və eksperimentin planlaşdırılmasında qiymətlər yığımının formalaşdırılması qaydaları simulyasiya eksperimentinin planlaşdırılması adlanır.

İndi isə hadisəli qaydaya uyğun simulyasiya alqoritminin qurulması prosesinə baxaq. Simulyasiya alqoritminin qurulması prosesi iki mərhələdə yerinə yetrilir.

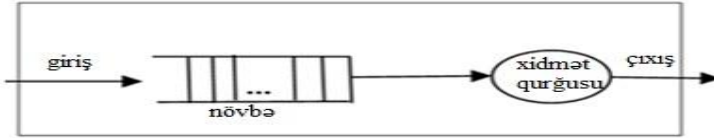
Məsələ. Hesablama sistemi t zaman müddətində istifadəçilərin tapşırıq paketlərinə xidmət edir. Sistemə daxil olan, xidmət alan və itrilmiş tapşırıqların miqdarının hesablanması tələb olunur. Simulyasiya modelini universal modelləşdirmə dilində reallaşdırmalı.

Sistemin ətraflı yazılışı aşağıdakı kimidir. Hesablama sistemi prosessordan, m bloklu yaddaşdan ibarətdir. Tapşırıq icra edildikdə bütün prosessor vaxtını məşğul edir. Əgər növbəti daxil olma vaxtı prosessor məşğuldursa, yaddaşın məşğul olmayan bloku varsa, tapşırıq icra üçün növbəyə dayanır. Əgər yaddaşın bütün blokları məşğuldursa, tapşırıq sistemə daxil ola bilmədiyindən itir. Əgər modelləşdirmə vaxtı qurtarıqda tapşırıq yerinə yetrilirsə modelləşdirmə vaxtına tam xidmətin icrası üçün dt vaxtı əlavə edilir. Tapşırıqın daxil olma və icra intervalları (λ, μ) eksponensial paylanma qanununa malik kəmiyyətlərdir. Birinci mərhələdə kütləvi xidmət nəzəriyyəsi üsullarından istifadə edilərək, sistemin riyazi modeli yazılır. Beləliklə sistem bir xidmət qurğusundan (prosessordan), m bloklu yaddaşdan ibarətdir. Bu kütləvi xidmət sistemində aşağıdakı axınlar vardır:

-tələb axını (sistemə daxil olan tapşırıqların (tələblərin) daxil olma anları arasındakı zaman intervalı ardıcılığı);

-xidmət axını (tapşırıqın icra vaxtı intervallarının ardıcılığı);

-çıxış axını (icra edilən və itirilən tapşırıqların sistemdən çıxma anları arasındakı intervallar ardıcılığı).



Şək. 1.3 Kütləvi xidmət sistemi

Tələb və xidmət axınlarının paylanma funksiyaları uyğun olaraq l və n parametrlı eksponensial paylanmadır.

Məsələnin şərtinə görə sistemin fəaliyyətinin effektivlik göstəriciləri sistemə daxil olan tələblərin miqdarı, sistemdə xidmət alan tələblərin miqdarı, itirilmiş tələblərin miqdarıdır. Bu göstəricilərin qiyməti qismində verilmiş modelləşdirmə intervalında simulyasiya modelinin N icrasının nəticəsi üzrə hesablanmış statistikadan istifadə edilir. Sistemin fəaliyyət prosesi zamana görə onun komponentlərinin dəyişməsi prosesidir. Sistemin t anında vəziyyəti yaddaşdakı tələblərin miqdarı və kanalın iki vəziyyəti ilə (0 - əgər kanal boşdursa və ya 1-əgər kanal məşğuldursa) ifadə edilir. Sistemin simulyasiya modelinin məqsədi parametrlərin verilmiş qiymətlərində qiymətləndirmələrin tapılmasından ibarətdir.

İkinci mərhələdə modelləşdirmə alqoritmi işlənəlməlidir. Sistemin simulyasiya modelinin qurulması üçün model vaxtını dt prinsipi üzrə dəyişməklə hadisəli simulyasiya qaydasından istifadə edilir. Modelləşdirmə alqoritminin işlənəməsi aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir:

-modelləşdirməyə aid sistem elementlərinin ayrılması və hadisələrin tipinin müəyyənləşdirilməsi;

-bir hadisədən digərinə keçid şərtinin təyini və ziddiyyətli situasiyalarda hərəkət edilməsi;

-modelləşdirmə şərtlərinin təyini;

-hər tip hadisə üçün sistemin vəziyyətinin dəyişməsinə gətirən hərəkətin yazılışı və effektivlik göstəricilərinin hesablanması;

-modelin məntiqi sxemlərinin (blok sxemlərinin) işlənməsi.

1.3. Təsadüfi kəmiyyətlərin modelləşdirilməsi

Baxılan hadisəni kəmiyyətə xarakterizə edən və təsadüfi amillərin təsiri ilə bu və ya digər şəkildə müxtəlif qiymətlər ala bilən kəmiyyətlərə təsadüfi kəmiyyətlər deyilir. Sınaq zamanı ölçülən kəmiyyət müxtəlif qiymətlər alır və onun hansı qiymət alacağını qabaqcadan təyin etmək olmur, çünki bu qiymətlər hər bir sınaqda müxtəlif səbəb və təsadüflərdən asılı olaraq dəyişir. Məsələn, hədəfə açılan 5 atəş zamanı 0, 1, 2, 3, 4, 5 qiymətlərini ala bilən təsadüfi kəmiyyətlə (hədəfə dəymənin sayı) qarşılaşırıq. Analoji şəkildə oyun zəri atılarkən düşən xalların sayı elə təsadüfi kəmiyyətdir ki, o, müəyyən hallardan asılı olaraq 1, 2, 3, 4, 5, 6 qiymətlərindən birini alır. Təsadüfi kəmiyyətlərə misal olaraq müəyyən yığımda keyfiyyətsiz məhsulların həcmi, gün ərzində şəhərdə bas verən yol-nəqliyyat hadisələrini sayını və s. göstərmək olar. Təsadüfi kəmiyyətlər latın əlifbasının böyük X, Y, Z, \dots hərfləri, onların ala biləcəyi qiymətləri (və ya mümkün qiymətləri) isə uyğun olaraq kiçik x, y, z, \dots hərfləri ilə işarə edilir. Qeyd edildiyi kimi X təsadüfi kəmiyyətinin alacağı dəqiq qiyməti təyin etmək mümkün deyil, onun ala biləcəyi qiymətlər çoxluğunu isə göstərmək mümkündür. Bu qiymətlər sonlu, hesabi və ya qeyri-hesabi çoxluq təşkil edə bilər. Adətən iki növ - **diskret və kəsilməz** təsadüfi kəmiyyətlərə baxılır.

Tərif 1.1. Sonlu və ya hesabi sayda bir-birindən izole edilmiş $x_1, x_2, \dots, x_n, \dots$ qiymətlərini ala bilən təsadüfi kəmiyyətə diskret təsadüfi kəmiyyət deyilir.

Tərif 1.2. Ala biləcəyi qiymətlər çoxluğu müəyyən sonlu və ya sonsuz interval təşkil edən təsadüfi kəmiyyətə **kəsilməz** təsadüfi kəmiyyət deyilir. Məsələn, atəşlər silsiləsində hədəfə dəyən və dəyməyən güllələrin sayı, dəmir pulun atılmasında “şəbəkə” və ya “rəqəm” üzünün düşməsi sayları, Bernullinin təkrarlanan asılı olmayan sınaqlar sxemində - n sınaq zamanı hadisənin baş verməsi sayı və s. diskret təsadüfi kəmiyyətlər; detalın nominal ölçülərdən sapması, elektrik naqillərinin davamlılıq müddəti, sistemin fiziki parametrləri (temperatur, təzyiq, nəmlik), mərminin uçuş məsafəsi və s. kəsilməz təsadüfi kəmiyyətlərdir. Çoxluq nəzəriyyəsinə əsaslanaraq təsadüfi kəmiyyətə daha ciddi tərif vermək olar: U elementar hadisələr fəzasında təyin olunmuş ədədi funksiya X təsadüfi kəmiyyəti deyilir. Beləliklə, X təsadüfi kəmiyyəti hər bir ω elementar hadisəsinə $X(\omega)$ həqiqi ədədini qarşı qoyur, yəni $X = X(\omega), \omega \in U$.

Verilmiş təsadüfi kəmiyyət haqqında tam məlumat almaq üçün onun aldığı qiymətləri bilmək kifayət etmir. Bu qiymətlərlə yanaşı təsadüfi kəmiyyətin onları hansı ehtimalla aldığı da göstərilməlidir. Bu məqsədlə paylanma qanunu anlayışından istifadə olunur. İxtiyari $A \subseteq U$ hadisəsinin ehtimalını tapmağa imkan verən istənilən qanuna, başqa sözlə, təsadüfi kəmiyyətin mümkün qiymətləri ilə onların uyğun ehtimalları arasındakı münasibətə (birqiymətli uyğunluğa) təsadüfi kəmiyyətin paylanma qanunu deyilir. Paylanma qanunu cədvəl, qrafiki və analitik şəkildə verilə bilər. Diskret X təsadüfi kəmiyyətinin paylanma qanununu paylanma sırası adlanan cədvəl vasitəsilə vermək əlverişlidir. Qeyd edək ki, paylanma sırası yalnız diskret təsadüfi kəmiyyətlər üçün qurula bilər.

Tərif 1.3. $\forall x \in R$ ədədinə $\{X < x\}$ hadisəsinin ehtimalını qarşı qoyan $F_x(x)$ (qısaca $F(x)$) funksiyasına X təsadüfi kəmiyyətinin **paylanma funksiyası** (və ya

inteqral funksiyası) deyilir, yəni

$$F(x) = P\{X < x\} .$$

Bu tərif həm diskret, həm də kəsilməz təsadüfi kəmiyyətlər üçün döğrudur. Həndəsi olaraq $F(x)$ ehtimalı təsadüfi kəmiyyətin aldığı qiymətlərin ədəd oxunda x nöqtəsindən solda yerləşməsini göstərir.

Paylanma funksiyasının xassələri:

1. Paylanma funksiyasının qiymətləri $[0,1]$ parçasında yerləşir $0 \leq F(x) \leq 1$.

2. Paylanma funksiyası azalmayıdır, yəni $x_1 < x_2$ olduqda $F(x_2) \leq F(x_1)$ olur.

Nəticə 1. Təsadüfi kəmiyyətin aldığı qiymətlərin (a,b) intervalına düşməsiehtimalı paylanma funksiyasının bu intervaldakı artımına bərabərdir

$$P\{a \leq X < b\} = F(b) - F(a) .$$

Nəticə 2. Kəsilməz X təsadüfi kəmiyyətinin müəyyən bir ədədə bərabər qiymət alması ehtimalısıfıra bərabərdir $P(X = x) = 0$.

İndi isə paylanma funksiyasından istifadə edərək kəsilməz təsadüfi kəmiyyətin daha ciddi tərifini verək.

Tərif 1.4. $F(x)$ paylanma funksiyası kəsilməz diferensiallanan funksiya olan təsadüfi kəmiyyətə **kəsilməz təsadüfi kəmiyyət** deyilir.

Qeyd edək ki, kəsilməz təsadüfi kəmiyyətlərin tərifini sıxlıq funksiyaları vasitəsilə vermək olar.

Tərif 1.5. Paylanma funksiyasının törəməsinə kəsilməz təsadüfi kəmiyyətin sıxlıq (diferensial) funksiyası deyilir və

$$f(x) = F'(x) \text{ ilə işarə edilir.}$$

Göründüyü kimi paylanma funksiyası sıxlıq funksiyasının ibtidai funksiyasıdır. Sıxlıq funksiyasını diskret təsadüfi kəmiyyətlərə şamil etmək olmaz.

Teorem: Kəsilməz X təsadüfi kəmiyyətinin aldığı

qiymətlərin (a, b) intervalına düşməsi ehtimalı onun onun sıxlıq funksiyasının həmin interval üzrə müəyyən inteqralına bərabərdir.

3. Əgər təsadüfi kəmiyyətin aldığı qiymətlər (a, b) intervalına düşərsə, onda

a) $x \leq a$ olduqda $F(x) = 0$ (mümkün olmayan hadisə).

b) $x \geq b$ olduqda $F(x) = 1$ (yəqin hadisə) olar.

Nəticə. Əgər kəsilməz X təsadüfi kəmiyyətin aldığı qiymətlər $(-\infty, +\infty)$ intervalına düşsə, onda

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} F(x) = 0 \text{ (mümkün olmayan hadisə),}$$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} F(x) = 1 \text{ (yəqin hadisə) olur.}$$

4. Paylanma funksiyası soldan kəsilməzdir:

$$\lim_{\substack{x \rightarrow x_0 \\ (x < x_0)}} F(x) = F(x_0).$$

Paylanma funksiyasının xassələrinə əsasən diskret $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ təsadüfi kəmiyyət üçün $x_{i-1} < x \leq x_i$ olduqda paylanma funksiyası

$$F(x) = \sum_{x_i < x} p_i \text{ şəklində təyin olunur, burada } x_i < x \text{ üçün}$$

cəmləmə bütün i indeksi üzrə aparılır.

Real mürəkkəb sistemlərin - hesablama sistemlərinin, istehsal sahələrinin, avtomatlaşdırılmış telefon stansiyalarının, informasiyanın ötürülməsi sistemlərinin və s. fəaliyyətinə təsadüfi faktorlar təsir göstərir. Bunlara mürəkkəb sistemlərin riyazi moodelləşdirməsində ya təsadüfi giriş (idarəedici) siqnaıları, ya da xarici mühitin nəzarət olunmaz təsirləri kimi baxılır.

Belə təsadüfi faktorlara misal olaraq hesablama sistemlərində tapşırıqların, istehsal sahəsindəki detalların, avtomatlaşdırılmış telefon stansiyalarında çağırışların, informa-

siyanın ötrülməsi sistemlərinə müraciətlərin daxil olma intervalları arasındakı təsadüfi intervallar və hətta hesablama sistemlərində tapşırıqların icra, detalların emal vaxtını, avtomatlaşdırılmış telefon stansiyalarında əlaqənin yaradılması və danışıqların müddətini, informasiyanın ötrülməsi sistemlərində informasiyanın emalı və ötrülməsi vaxtını və s. göstərmək olar. Mürəkkəb sistemlərin simulyasiya modellərini qurarkən verilmiş paylanma qnunu üzrə təsadüfi faktorların simulyasiyasına zərurət olur. Məsələn, hesablama sistemlərinin simulyasiya modellərini qurarkən istifadəçilərin tapşırıqlarının daxil olmaları arasındakı intervalları və prosessorlarda onların yerinə yetirilməsi intervallarını simulyasiya etmək (b.s. verilmiş ehtimal paylanma funksiyası üzrə təsadüfi kəmiyyətin simulyasiya edilməsi məsələsi) zərurəti meydana çıxır. Simulyasiya obyektini yalnız təsadüfi kəmiyyət deyil, təsadüfi hadisə, vektorlar, proseslər, sahə, çoxluq, b.s. ixtiyari təsadüfi elementlərdir.

Təsadüfi elementlərin kompüterdə modelləşdirilməsi iki əsas prinsipə tabedir:

-təsadüfi elementlə - orjinalla onun modelinin yaxınlığı ehtimal paylanma funksiyalarının və ya ədədi xarakteristikaların üst-üstə düşməsindən ibarətdir;

-hər hansı təsadüfi element, sadə təsadüfi elementdən müəyyən bəzi funksiyası kimi təyin olunur və baza təsadüfi kəmiyyəti adlanır.

Kompüterdə modelləşdirmə üçün sadə təsadüfi eksperiment $[0,1)$ parçasına təsadüfi nöqtənin atılmasına əsaslanan eksperimentdir. Bu eksperimentin nəticəsi koordinat nöqtələridir. Bu eksperimentin riyazi modeli elementar hadisələr fəzasından (yəni - $[0,1)$ parçasına təsadüfi atılan nöqtənin koordinatıdır) ibarət ehtimal fəzasıdır. Baza təsadüfi kəmiyyəti $[0,1)$ yarım intervalında müntəzəm paylanmış kəsilməz təsadüfi kəmiyyətdir. Baza təsadüfi kəmiyyətinin

paylanma funksiyası və paylanma sıxlığı uyğun olaraq aşağıdakı kimidir:

$$F_{\alpha} = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ x, & 0 < x < 1 \\ 1, & x \geq 1 \end{cases}$$

$$P_{\alpha}(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & \text{əks halda} \end{cases}$$

Sadə eksperimentlə yanaşı bir-birindən asılı olmayan r sayılı təkrarlanmalarla yerinə yetirilən sadə eksperimentlər nəticəsində alınan mürəkkəb eksperimentlərə də baxacağıq. İxtiyari təsadüfi elementin modelləşdirilməsi məsələsi iki alt məsələyə bölünür:

1. Asılı olmayan baza təsadüfi kəmiyyətinin kompüterdə modelləşdirilməsi.

2. Elə bir funksiyanın tapılmasıdır ki, təsadüfi element tələb olunan ehtimal paylanma funksiyasına və ədədi xarakteristikalarına sahib olsun. Ona görə də modelləşdirmə alqoritmi aşağıdakı iki blokdən ibarətdir:

1. Baza təsadüfi kəmiyyətini modelləşdirən blok.

2. Baza təsadüfi kəmiyyətini funksional çevirən blok (müxtəlif ehtimal paylanma funksiyaları üçün müxtəlif olan)

Eyni bir təsadüfi kəmiyyəti simulyasiya etmək üçün bir neçə funksional çevirmə variantları (funksiyanın qurulma qaydaları) təklif edilə bilər. Adətən az hesablama itkisi tələb edən funksiyanın qurulması variantına üstünlük verilir. Bunun üçün baza təsadüfi kəmiyyətindən istifadə əmsalı anlayışından istifadə edilir. Baza təsadüfi kəmiyyətindən istifadə əmsalı r təsadüfi kəmiyyətinin tərs qiymətidir və təsadüfi elementin bir realizasiyasının modelləşdirilməsi üçün istifadə edilir $k=1/r, 0 < k \leq 1$. Burada k kəmiyyəti modelləşdirmədə hesablama itkisinin ölçüsüdür, k nə qədər kiçikdirsə itki bir

oqədər böyük olur. Ona görə də elə bir funksiya seçmək lazımdır ki, k daha böyük qiymət alsın. Aydındır ki, verilmiş paylanma funksiyasına malik təsadüfi elementi kompüterdə modelləşdirməkdən ötrü baza təsadüfi kəmiyyətini modelləşdirməyi bacarmaq zəruridir. Baza təsadüfi kəmiyyəti mütləq kəsilməz təsadüfi kəmiyyətdir. Lakin kompüterdə diskret təsadüfi kəmiyyətlə işləmək lazım gəlir. Ona görə də baza təsadüfi kəmiyyətinin modelləşdirilməsi kəsilməz təsadüfi kəmiyyətin diskret təsadüfi kəmiyyətə approksimasiyasına əsaslanır. Baza təsadüfi kəmiyyətini fiziki vericisinin çatışmayan cəhətləri aşağıdakılardır:

1. Əvvəl alınmış müəyyən realizasiyaların təkrarlanma mümkünsüzlüyü.

2. Növbəti istifadə üçün vericinin işinə nəzarət zərurətinə gətirən sxemli qeyri- stabillik.

Bu səbəblərdən müasir kompüterlərdə baza təsadüfi kəmiyyətlərinin fiziki vericilərindən nadir hallarda istifadə edilir. Baza təsadüfi kəmiyyətlərinin proqram vericiləri fiziki vericilərin çatışmayan cəhətlərinə malik deyil. Baza təsadüfi kəmiyyətlərinin proqram vericiləri baza təsadüfi kəmiyyətlərinin kompüterdə simulyasiyasını reallaşdıran proqramdır. Alınmış kəmiyyətlər aşağıdakı səbəblərdən psevdotəsadüfi kəmiyyətlər adlanır:

1. Mənşəcə bu ədədlər təsadüfi ədədlər deyil, məlum determinik qanun üzrə alınmış ədədlərdir.

2. Ehtimal xarakteristikaları üzrə funksiyanın məxsusi seçilməsi zamanı bu ədədlər asılı olmayan baza təsadüfi kəmiyyətlərinin realizasiyalarına oxşayır. Qeyd edək ki, ardıcılığın təsadüfililiyi anlayışı modelləşdirmə alqoritminin, xüsusi halda funksiyanın mürəkkəbliyi ilə əlaqədardır. Baza təsadüfi kəmiyyətlərinin proqram vericilərini qurarkən müəyyən üsul və alqoritmlərdən istifadə edilir. Bu üsullardan biri multiplikativ konquriyent üsuludur (çıxıqlar üsulu). Bu üsulda psevdotəsadüfi ardıcılıq rekurent formul üzrə hesablanır. Digər

üsullar aşağıdakılardır:

- xətti qarışıq formullardan istifadə üsulu;
- qeyri- xətti rekurent formullardan istifadə üsulu;
- Maleron -Marsali üsulu;
- müntəzəm qanununun canlandırılması xassəsinə əsaslanan üsul.

Baza təsadüfi kəmiyyətlərinin cədvəlli, fiziki, proqram tip vericiləri vardır. Baza təsadüfi kəmiyyətlərinin cədvəlli vericiləri $[0,1]$ -də müntəzəm paylanmış təsadüfi kəmiyyətlərdən eksperimental yolla alınmış realizasiyaların yığımından ibarət təsadüfi kəmiyyətlər cədvəlidir. Cədvəlli vericilərdən simulyasiya modelləşdirməsində istifadə aşağıdakı iki çatışmayan cəhətə görə məhdud olur:

1. Cədvəlli təsadüfi ədədlərin çatışmazlığı (adətən modelləşdirmə üçün milyonlarla təsadüfi ədəd tələb olunur).

2. Cədvəlin saxlanması üçün kompüterin operativ yaddaşının çox böyük sərfiyyatı.

Baza təsadüfi kəmiyyətlərinin fiziki vericisi məxsusi radiolektron qurğudur, kompüterə qoşulur, baza təsadüfi kəmiyyətlərini simulyasiya edən çıxış signalını verir.

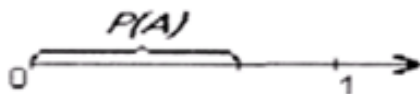
1.3.1. Diskret təsadüfi kəmiyyətlərin modelləşdirilməsi

İndi isə diskret təsadüfi kəmiyyətlərin modelləşdirilməsi məsələsini öyrənəcəyik. $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ ehtimalı ilə

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ qiymətlərini alan ξ diskret təsadüfi kəmiyyətinə baxaq. Bu kəmiyyətin paylanması cədvəl şəklində aşağıdakı kimi verilir:

$$\xi = \begin{pmatrix} X_1 & X_2 & \dots & X_n \\ P_1 & P_2 & \dots & P_n \end{pmatrix}, \quad \sum_{i=1}^n P_i = 1$$

Bu şəkildə verilmiş təsadüfi kəmiyyəti modelləşdirmək üçün $[0,1]$ parçasını uzunluqları $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ olan parçalara bölürlər. Beləliklə $(0,1)$ intervalında müntəzəm paylanan təsadüfi kəmiyyət alırıq. Bu kəmiyyət üçün $\xi = X_k$ qiymətini ξ kəmiyyəti k -cı parçaya aid olduqda, başqa sözlə desək $\xi \in [P_{k-1}, P_k]$ olduqda alır. Əgər qeyd edilən parçaları uyğun olaraq $1, 2, \dots, n$ ilə işarə etsək, onda tam qiymətli $p_k = P(\xi - k)$ paylama funksiyasına malik diskret təsadüfi kəmiyyət alırıq. Bu kəmiyyətlər üçün $p_{k+1} = p_k \cdot r(k)$ rekurent münasibəti doğrudur. Diskret təsadüfi kəmiyyətlər içərisində ən çox istifadə edilən binomial və Puasson paylanmalarıdır. Tutaq ki, baş vermə ehtimalı $P(A) = P$ olan hər hansı A hadisəsinin baş verməsini modelləşdirmək lazımdır. R - ilə $(0,1)$ intervalında müntəzəm paylanmış r_i psevdotəsadüfi ədədini almağa imkan verən generatoru işarə edək. A hadisəsi o zaman baş verəcəkdir ki, $r \leq P$ olsun, əks halda A hadisəsi $r > P$ olduqda baş verəcəkdir.

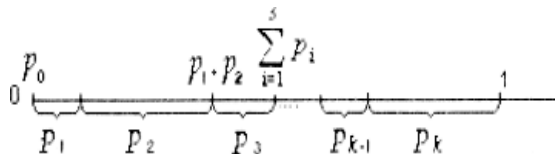


Həqiqətən:

$$P(r < P) = \int_0^P f(x) dx = \int_0^P f(r) dr = P = P(A)$$

Bu üsul GPSS modelləşdirmə dilində tranzaktların istiqamətini dəyişən blok (TRANSFER) üçün statistik iş rejimində istifadə edilir. Belə ki, tranzaktlar ehtimalın qoyulmuş qiymətindən asılı olaraq iki müxtəlif istiqamətə yönəldilir. İndi isə birgə olmayan hadisələr qrupunun modelləşdirilməsinə baxaq. Tutaq

ki, A_1, A_2, \dots, A_k birgə olmayan hadisələr qrupudur və bu hadisələrin $P(A_1), P(A_2), \dots, P(A_k)$ baş vermə ehtimalları məlumdur. Onda hadisələr birgə olmadığı üçün $\sum_{i=0}^k P(A_i) = 1$. Tutaq ki, $P_i = P(A_i)$, $P_0 = 0$. Bu ehtimalları $(0,1)$ parçasında göstərsək.



Əgər alınmış ədəd $\sum_{k=0}^{i-1} p_k$ - dan $\sum_{k=0}^i p_k$ -ya qədər olan intervala düşürsə, onda A_i hadisəsi baş vermişdir. Bu proseduru püşk üzrə sınaq nəticəsi adlandırırlar və aşağıdakı formula əsaslanır:

$$P\left\{\sum_{k=0}^{i-1} p_k < r \leq \sum_{k=0}^i p_k\right\} = p_i = P(A_i)$$

harada ki, $p_0 = 0$. Diskret təsadüfi kəmiyyətin modelləşdirilməsi birgə olmayan hadisələr qrupunun modelləşdirməsinə analogi olaraq yerinə yetrilir. X diskret təsadüfi kəmiyyəti aşağıdakı cədvəldə olduğu kimi verilir.

Mümkün qiyməti	x_1	x_2	...	x_n
Ehtimalı	p_1	p_2	...	p_n

X təsadüfi kəmiyyətin hadisələrin tam qrupu kimi vermək olar:

$$A_1 = (X = x_1), A_2 = (X = x_2), \dots, A_n = (X = x_n)$$

Bu üsul diskret təsadüfi kəmiyyətlərin paylanma funksiyasının modelləşdirməsi üçün GPSS modelləşdirmə dilində istifadə

edilir. $P(A/B)$ ehtimalı ilə B hadisəsinin baş verməsi şərti ilə şərti A hadisəsinin modelləşdirilməsi göstərilmişdir.



Əvvəlcə $B \infty$ hadisəsi modelləşdirilir. Əgər B hadisəsi baş verirsə, onda A hadisəsinin baş verməsi modelləşdirilir. Əgər \bar{B} hadisəsinə malikiksə, onda A hadisəsinin baş verməsi modelləşdirilmir.

1.3.2. Kəsilməz təsadüfi kəmiyyətlərin modelləşdirilməsi

Mürəkkəb sistemlərin simulyasiya modellərinin qurulması zamanı kompüterdə kəsilməz təsadüfi kəmiyyətlərin verilmiş ehtimal paylanma funksiyası ilə modelləşdirməsi məsələsi meydana çıxır. Buna misal olaraq tapşırıqların daxil olma intervalları arasındakı təsadüfi zaman intervallarının, tapşırıqların təsadüfi icra zamanının modelləşdirilməsi və s. məsələləri göstərmək olar. Bəzi hallarda bu məsələləri həll edərək tərs funksiya üsulundan istifadə edilir. Üsulun riyazi əsaslandırılmasını və modelləşdirmə alqoritmini verək.

ξ^* paylanma funksiyasını təyin edək.

$$F_0(x) = \int_{-\infty}^x f_0(y) dy \quad (1.3)$$

Fərz edək ki, funksiya ciddi monoton artandır. Tərs funksiyanı $x = F_0^{-1}(y)$ ilə işarə edək. Bu isə aşağıdakı tənliyi həll etməklə tapılır.

$$F_0(x) = y \quad (1.4)$$

Aşağıdakı teoremi isbatsız qeyd edək.

Teorem. Əgər α faza vəziyyətlər fəzasında verilmiş baza təsadüfi kəmiyyətdirsə, onda

$$\xi = F_0^{-1}(\alpha) \quad (1.5)$$

təsadüfi kəmiyyəti verilmiş paylanma sıxlığına malikdir.

Modelləşdirmə alqoritmi aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir:

1. (1.3) -ə əsasən verilmiş paylanma sıxlığına malik paylanma funksiyasının tapılması.

2. (1.4) tənliyini \mathcal{X} - a görə həll etməklə tərs funksiyanın tapılması.

3. α baza təsadüfi kəmiyyətinin realizasiyalarının modelləşdirilməsi və (1.5) formulu üzrə ξ təsadüfi kəmiyyətinin realizasiyalarının hesablanması. Baza təsadüfi kəmiyyətinin istifadə əmsalı $k = 1$.

Üsulun çatışmayan cəhəti birinci iki mərhələdə analitik çətinliklə bağlıdır. Bu üsul təmiz şəkildə praktikada nadir hallarda istifadə edilir. Belə ki, bir sıra paylanmalar üçün (məsələn, normal) hətta $F_0(x)$ ($F_0^{-1}(y)$ haqqında danışmadan) elementar funksiya vasitəsi ilə ifadə edilə bilmir, $F_0^{-1}(y)$ -nin tabulyasiya edilməsi modelləşdirməni çətinləşdirir.

Standart normal paylanmada paylanma funksiyasını (Laplas funksiyası) analitik hesablamaq mümkün olmur. Ona görə də funksiya və onun tərs funksiyası elementar funksiya vasitəsi ilə ifadə edilə bilmir. Tərs funksiya üsulunu burada birbaşa istifadə etmək olmaz.

Misal 1. Eksponensial paylanmanın sıxlığı

$$f_0(x) = \lambda e^{-\lambda x}, x \geq 0, \quad (1.3) \text{ və } (1.4) - \text{ə görə}$$

$$F_0(x) = 1 - \lambda e^{-\lambda x}, x \geq 0 \quad x = F_0^{-1}(y) = -(1/\lambda) \ln(1 - y).$$

Bu paylanma sıxlığı ilə ξ^* - ni modelləşdirməkdən ötrü

$\xi = -\lambda^{-1} \ln(1 - \alpha)$ düsturundan istifadə edilir. Burada α - baza təsadüfi kəmiyyətidir.

Misal 2. Müntəzəm paylanmanın sıxlığı

$$f_0(x) = \begin{cases} \frac{1}{1-a}, & x \in [a, b] \\ 0, & \text{əks halda} \end{cases}$$

(1.3) - (1.4) - ə əsasən

$$F_0(x) = \begin{cases} 0, & \text{əgər } x < a \\ \frac{x-a}{x-b}, & \text{əgər } x \in [a, b] \\ 1, & \text{əgər } x > b \end{cases}$$

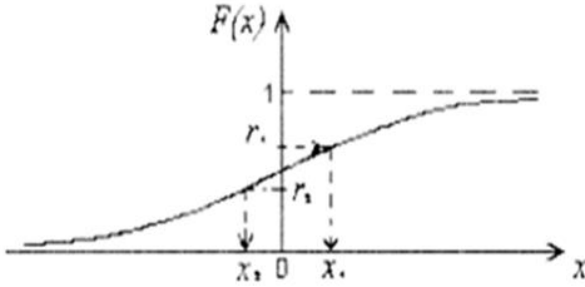
$$x = (b - a)y + a, \quad y \in [0, 1)$$

burada ξ^* - in modelləşdirilməsi $\xi = (b - a)\alpha + a$ (α - baza təsadüfi kəmiyyətidir) düsturu vasitəsi ilə yerinə yetrilir. Baza təsadüfi kəmiyyətinin istifadə əmsalı $k = 1/N$ - dir.

Üsulun çatışmayan cəhəti ondan ibarətdir ki, sıxlıqları analitik yazmaq olmaz və ona görə də bu üsul vektorun ölçüsü kiçik olduqda istifadə olunur.

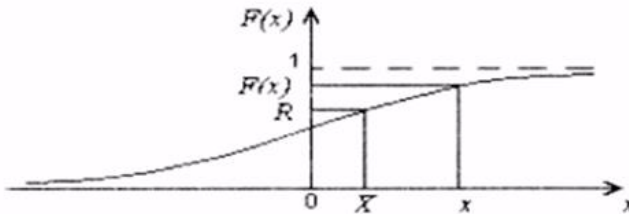
Verilmiş paylanma funksiyasına malik təsadüfi vektorun modelləşdirilməsi üçün tərs funksiya üsulunun tətbiq qaydasında təsadüfi kəmiyyətin şərti paylanma sıxlığı və uyğun paylanma funksiyası və tərs paylanma funksiyası hesablanır. Modelləşdirilən təsadüfi kəmiyyətin paylanma sıxlığı mürəkkəb analitik ifadə ilə verilərsə və tərs funksiya üsulunu tətbiq etmək mümkün deyilsə, istisina üsulundan (Neyman üsulu) istifadə edilir. Verilmiş paylanma funksiyasına malik skalyar kəsilməz təsadüfi vektorun modelləşdirilməsi üçün superpozisiya üsulundan istifadə olunur. Bu üsul paylanma sıxlığı funksiyasının mürəkkəbliyi halında digər üsullar - istisina və superpozisiya istifadə edilmədiyindən tətbiq edilir. Bu halda tərs funksiya üsulundan istifadə edilir.

Tutaq ki, hər hansı təsadüfi kəmiyyətin paylanma funksiyası aşağıdakı şəkildə verilmişdir. Ordinat oxu üzərində $F(x)$ funksiyasından istifadə edərək r nöqtələrinə baxaq. Onda X kəmiyyətinin $F(x) = r$ olduqda qiymətini ala bilərik.

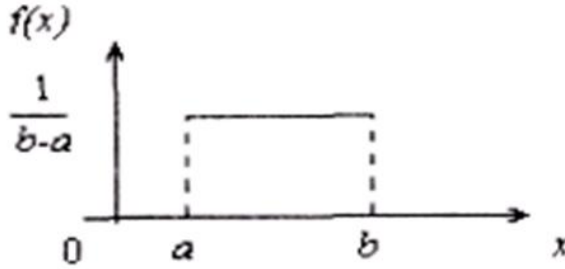


X təsadüfi kəmiyyətinin $F(x)$ paylanma funksiyasını tapaq. Tərifə görə $P(X < x)$ ehtimalına bərabərdir. Aşağıdakı şəkildən görüldüyü kimi

$$P(X < x) = P(R < F(X)) = \int_0^{F(x)} f(r) dr = F(x)$$



Beləliklə, $R(0,1)$ - ə daxil olan r_1, r_2, r_3, \dots , ardıcılığı verilmiş $f(x)$ paylanma sıxlığı funksiyasına malik x_1, x_2, x_3, \dots , ardıcılığına çevrilir. İndi isə (a, b) intervalında müntəzəm paylanmış təsadüfi kəmiyyətin modelləşdirməsinə baxaq. Modelləşdirmə üçün tərs funksiya üsulundan istifadə edək. Aşağıdakı şəkildə müntəzəm paylanmanın sıxlıq funksiyası göstərilmişdir.



Paylanma funksiyasını tapaq və onu təsadüfi ədədlə bərabərləşdirək.

$$R = \int_a^x \frac{dx}{b-a} = \frac{x-a}{b-a}$$

Buradan $X = (b-a)R + a$.

Ekspensial paylanmaya malik təsadüfi kəmiyyətin ($f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$ sıxlıq funksiyası və paylanma funksiyası verilmiş) modelləşdirilməsinə baxaq. Tərs funksiya üsulundan istifadə edək:

$$R = \int_0^x f(x) = \int_0^x \lambda e^{-\lambda x} dx = 1 - e^{-\lambda x}$$

Buradan $x = -\frac{1}{\lambda} \ln(1-R)$. Göstərmək olar ki, $(1-R)$ təsadüfi kəmiyyəti də R təsadüfi kəmiyyəti kimi paylanmışdır. Onda $(1-R)$ -i R -lə əvəz etsək, alarıq

$$x = -\frac{1}{\lambda} \ln R.$$

Oxşar yanaşma GPSS dilində qəbul edilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, bəzi hallarda tərs funksiya analitik tapılmaz. Bu halda ədədi üsullardan istifadə edərək tərs funksiya qurulur.

II Fəsil. Simulyasiya modellərinin proqram təminatı

2.1. Simulyasiya modelləşdirməsi dilləri

Proqramlaşdırma dilləri kompüter tərəfindən tanınan, kompüter tərəfindən reallaşdırıla bilən əməliyyatları göstərən simvollar yığımından (sistemindən) ibarətdir, Maşın yönümlü, problem (prosedur) yönümlü və obyekt yönümlü proqramlaşdırma dilləri vardır.

Prosedur yönümlü dillər heç bir kompüterlə əlaqəli deyil, müəyyən sinif məsələlər üçün nəzərdə tutulmuş, bu sinfin tipik məsələlərinin həlli qaydalarının formalizasiyası üçün rahat olan instruksiyaya malikdir.

Klassik modelləşdirmə dilləri prosedur yönümlüdür və bir sıra spesifik xüsusiyyətlərə malikdir. Demək olar ki, əsas modelləşdirmə dilləri mürəkkəb sistemlərin öyrənilməsinə simulyasiyalı yanaşmanın proqram təminatının vasitəsi kimi işlənmişdir.

Modelləşdirmə dilləri modelləşdirilən sistemin əsas simulyasiya bazasında işlənmiş terminlərlə yazılmasına imkan verir. Onların köməyiylə modelin sifarişçisi və işləyicisi arasında təması təşkil etmək olar. Kəsilməz və diskret proseslərin modelləşdirmə dillərini fərqləndirirlər. Hazırda elə bir vəziyyət yaranmışdır ki, ümumi təyinatlı dillərlə simulyasiya modelləşdirməsi dillərini qarşılaşdırmaq olmaz. Bəzi simulyasiya modelləşdirməsi dilləri ümumi təyinatlı dillərin konstruksiyasına (məsələn FORSИПЛИСМ-FORTRANA, ПЛИС-PL-ə, və s.) əsaslanır. Ümumi təyinatlı universal dillərlə müqayisədə simulyasiya modelləşdirməsi dillərinin üstünlüyü aşağıdakılardır:

-modelləşdirmə dili formalizə edilən modeli təqdim edən və modelləşdirmə sisteminin yazılışının konseptual səviyyəsinə yaxın anlayışı bilavasitə əks etdirən abstrakt quruluşa malikdir.

Bu simulyatorun proqramlaşdırılmasını sadələşdirir və proqramlarda çox səhvlərin aşkarlanmasının avtomatlaşdırılmasına imkan verir;

- modelləşdirmə dilləri model vaxtını (hadisə təqvimini, integrasiya üsulları və s.), zaman qovşaqlarına icazə vasitələrinin hərəkət verici effektiv mexanizmlərinə malikdir;

- modelləşdirmə dilləri, bir qayda olaraq, təsadüfi ədədlər vericisinə, digər tipik təsirlər generatoruna malikdir;

- modelləşdirmə dillərində standart statistikanın yığılımı və digər modelləşdirmə nəticələri avtomatlaşdırılmış və bu nəticələrin cədvəl və qrafik formada verilməsinin avtomatlaşdırma vasitələri vardır;

- modelləşdirmə dilləri simulyasiya eksperimentinin proqramlaşdırılmasını sadələşdirən, xüsusi halda başlanğıc vəziyyəti qoymağı və modeli yenidən buraxmağı avtomatlaşdıran vasitəyə malikdir.

Simulyasiya modelləşdirməsinin çatışmayan cəhətləri aşağıdakılardır:

- modelləşdirmənin nəticələrinin verilməsinin yalnız standart formalarından istifadə edilir;

- modelləşdirmə dillərinin kifayət qədər geniş yayılmaması səbəbindən bir qayda olaraq əməliyyat sistemlərinin ştat proqram təminatına daxil deyil;

- modelləşdirmə dillərinin əlavə olaraq təlim zəruriliyi və nəticə olaraq modelləşdirmə dillərinə yaxşı sahib olan proqramçıların çatışmazlıqları;

- universal modelləşdirmə dillərinə xas geniş imkanlar və çevikliyin olmaması.

Simulyasiya modelləşdirməsi dillərinin arxitekturası, b.s. dilin mürəkkəb sistem kimi elementlərinin qarşılıqlı əlaqəsinin konsepsiyası sistemdən maşın modelinə keçmə texnologiyası aşağıdakı kimi təqdim edilə bilər:

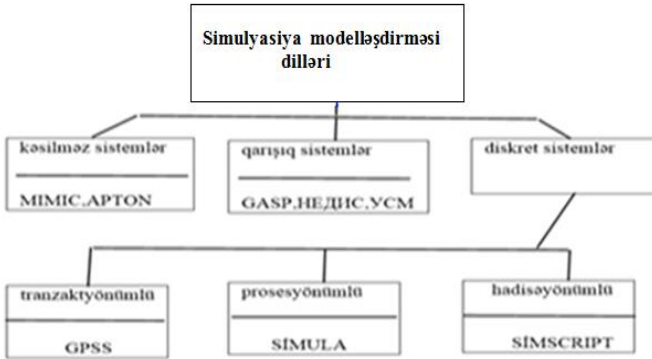
- modelləşdirmə obyektini (sistemi) dilin müəyyən atributlarının köməyiylə yazılır (dildə əks edilir);

-modelləşdirmənin effektivliyinin təhlili və nəticələrin çıxarılması;

-modelləşdirici proqramın sadəcə sazlanması və işinə nəzarət;

-qəbuletmənin əlçatanlığı və dildən istifadə.

Əksər hallarda öz modelləşdirmə dilində zamana görə sistemin davranışı modifikasiya olunmuş hadisəli alqoritmin köməyi ilə müəyyənləşdirilir. Bir qayda olaraq bura cari və gələcək hadisələrin siyahısı daxildir. Modelləşdirmə dillərinin təsnifatı şəkil.2.2- də göstərilmişdir. Bura kəsilməz, qarışıq və diskret sistemlər daxildir.



Şək.2.2. Modelləşdirmə dillərinin təsnifatı

Kəsilməz sistemlər. Sistemin kəsilməz təqdimatı diferensial tənliyin təqdiminə gətirilir. Bunun köməyi ilə giriş və çıxış funksiyaları arasında əlaqə verilir. Əgər modelin çıxış dəyişənləri diskret qiymətlər alırsa, onda tənlik fərqlər adlanır.

Qarışıq sistemlər. Burada GASP- qarışıq sistemlərə aiddir onun əsasında FORTRAN proqramlaşdırma dili dayanır. Fərz edilir ki, sistemdə iki tip hadisə baş verə bilər:

-vəziyyətdən asılı hadisə;

-zamandan asılı hadisə.

Sistemin vəziyyəti dəyişənlər yığımı ilə yazılır, onlardan

bəziləri kəsilməz dəyişir. Belə yanaşmada istifadəçi hadisənin baş vermə şərtini yazan prosedur tərtib etməlidir. Kəsilməz dəyişənlərin dəyişmə qanunu, bir vəziyyətdən digərinə keçmə qaydası, b.s. diferensial tənliyin klassik prinsipi reallaşdırılır.

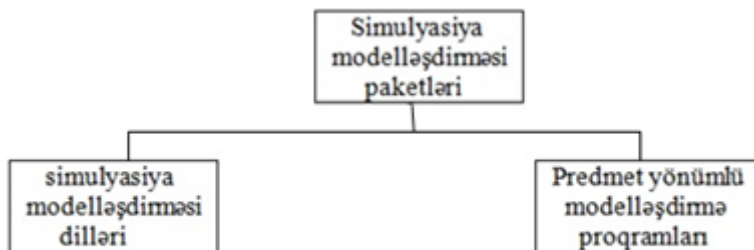
Diskret sistemlər. Diskret zaman yönümlü modelləşdirmə dillər qrupu simulyasiya modellərinin qurulmasında istifadə edilir. Bu zaman tədqiq olunan obyektin dinamik davranışının yazılışı üçün müxtəlif qaydalardan istifadə edilir: Müasir dövrdə geniş yayılmış tranzakt yönümlü tiplərdən biri GPSS (GPSS WORLD, GPSS/PC) dilidir. GPSS modelləşdirmə dili mürəkkəb diskret sistemlərin simulyasiya modelinin qurulması üçün məxsusi işlənmişdir. Dil sistemi interpretasiya edir və obyektlərin fəza-zamana görə hərəkətlərinin yazılmasında tətbiq edilir. Belə obyektlər tranzaktlardır və tələb axınının elementləri adlanır. Bunlardan hər birinin funksiyası, yaradılma prosesi, sistem üzrə hərəkəti, məhv olmanı təqdim edir. Simulyasiya üçün əsas sxem GPSS dili istifadə edilir və bunlar kütləvi xidmət sistemi (Q-sxemlər), avtomatlar (F-,P-sxemləri), Petri şəbəkələri (TV- sxemlər) və hətta aqreqatlardır (A-sxemlər).

Diskret sistemlərə daxil olan qruplardan biri də proses yönümlü dillər qrupudur. Proses dedikdə aralarındakı əlaqə müəyyən münasibətlər məntiqi ilə qoyulan hadisələr ardıcılığı başa düşülür. Hər bir sinfin yazılışı prosedur şəklində qeyd edilir və həmin sinfin cari vaxtda sistemdə mövcud olan nümayəndələri üçün eyni zamanda icra edilir. Simulyasiya modellərinin bu alt qrupun dilində yazılan proqramları onunla fərqlənir ki, modelləşdirilən obyektə eyni struktura malikdir. Proses dillərinə misal olaraq hazırda istifadə edilən digər işləmələr doğurmuş SİMULA və ПЛИС dilini göstərmək olar. Diskret sistemlərə daxil olan dillər müxtəlif funksional hərəkətlərin icrasının qurtarma anı ilə fərqlənən siyahı və ya hadisələrin təqvimini tərtib etmək yolu ilə simulyasiyanı realizasiya edir. Zamanın hərəkəti hadisələr üzrə baş verir,

modelin proqramı isə hadisələrə xidmət prosesinin məcmusu şəklində təşkil edilir. Bu prosedurların icrası hadisələrin planlaşdırılmasının siyahı mexanizmi (cədvəl) ilə sinxronlaşdırılır. Bu qrupun klassik nümayəndəsi SİMSKRİPT dilidir.

2.2. Simulyasiya modelləşdirməsi paketləri

Simulyasiya modelləşdirməsi paketləri iki tipə bölünür - simulyasiya modelləşdirməsi dilləri və predmet yönümlü modelləşdirmə proqramları.



Şək.2.3 Simulyasiya modelləşdirməsi paketləri

Simulyasiya modelləşdirməsi dilləri təbiətə universaldır və modelin işlənməsi, kodun yazılması kimi başa düşülür. Bütövlükdə onlar modelləşdirmənin kifayət qədər çevik imkanlarını təqdim edir və adətən istifadəsi çətin olur.

Modelləşdirmə proqramları müəyyən məsələlərin həllinə oriyentasiyalıdır, onlarda model qrafiklərdən, dialoq pəncərələrindən, açılan menyulardan istifadə etməklə işlənir. Modelləşdirmə proqramını öyrənmək və istifadə etmək sadədir. Lakin müəyyən məsələlərin həllində onlar modelləşdirmədə kifayət qədər çeviklik təmin etmir.

Beləliklə, iki tip simulyasiya modelləşdirmə paketləri mövcuddur. Bunlar simulyasiya modelləşdirməsinin universal paketləri və predmet yönümlü paketlərdir. Simulyasiya

modelləşdirməsinin universal paketlərinin təyinatı müxtəlif məqsədlər üçündür. Lakin onların konkret məsələni həll etmək imkanı da vardır (məsələn, istehsal sistemlərinin modernləşdirilməsi, rabitə sisteminin və istehsal texnologiyasının modernləşdirilməsi).

Predmet yönümlü simulyasiya modelləşdirməsi paketləri məxsusi məsələlərin həlli və istehsal sistemlərinin, tibb müəssisələrinin, sifarişlərin qəbul mərkəzlərinin işinin modelləşdirməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Əksər diskret-hadisəli modellərin proqramlaşdırılması üçün zəruri funksional imkanlara aiddir:

-təsadüfi ədədlərin generasiyası, b.s. $U(0,1)$ ehtimal paylanma qiymətləri;

-verilmiş ehtimal paylanmalarına malik təsadüfi ədədlərin generasiyası (məsələn, eksponensial paylanma);

-model vaxtının hərəkətləndirilməsi;

-hadisələr siyahısı üzrə növbəti hadisənin təyini və uyğun blok koduna idarənin ötrülməsi;

-siyahıya yazıların əlavə edilməsi və ya silinməsi;

-çıxış statistik verilənlərin yığılması və nəticələrlə hesabatın yaradılması;

-boş situasiyaların təyini.

Mahiyyətə bütün bu və digər ümumi funksional imkanlar modelləşdirici proqramlarda simulyasiya modelləşdirməsinin məxsusi proqram paketlərinin işlənilməsinə gətirib çıxarmışdır. Bu paketlərin təkmilləşdirilməsi və istifadə sadəliyi simulyasiya modelləşdirməsinin populyarlaşmasını daha da artırmışdır. Simulyasiya modelləşdirməsi paketlərindən istifadə universal proqramlaşdırma dilləri ilə müqayisədə aşağıdakı üstünlüklərə malikdir:

-simulyasiya modelləşdirməsi paketləri avtomatik olaraq simulyasiya modellərini yaratmağı tələb edən əksər funksional imkanları təqdim edir. Proqramlaşdırma üçün tələb edilən vaxtı və layihənin ümumi dəyərini qısaltdır;

-simulyasiya modelləşdirməsi paketləri simulyasiya modellərinin yaradılması üçün təbii mühiti təmin edir. Onların əsas modelləşdirici quruluşu simulyasiya modelləşdirməsi üçün nəinki C kimi universal proqramlaşdırma dillərinin konstruksiyasına daha yararlıdır;

-modelləşdirmə paketlərinin köməyi ilə yaradılmış simulyasiya modelləri bir qayda olaraq sadə istifadə və modifikasiya olunandır;

-simulyasiya modelləşdirməsi paketləri səhvlərin aşkarlanmasının daha təkmil mexanizmlərini təmin edir. Belə ki, onlar çox tip səhvlərin avtomatik axtarışını icra edir.

Bəzi simulyasiya modelləri (müdafiə sferasına aid) əvvəlki kimi universal modelləşdirmə dillərinin köməyi ilə yaradılır və aşağıdakı üstünlüklərə malikdir:

-C və ya C++ dilində yazılmış modellərin icra sürəti simulyasiya modelləşdirməsi paketlərinin köməyi ilə yaradılmış modellərə nisbətən daha böyükdür, lakin bu üstünlük ucuz və sürətli kompüterlərin meydana çıxması ilə öz aktuallığını itirmişdir;

-proqramlaşdırmada universal dillər simulyasiya modelləşdirməsi paketlərinə nisbətən böyük çeviklik təmin edir;

-istifadə edilən proqram təminatının dəyəri adətən minimum olur.

Beləliklə, hər iki üsuldən istifadənin üstün və zəif cəhətləri vardır. Ona görə də seçim edərkən güclü arqumentlərə istinad etmək zəruridir. Simulyasiya modelləşdirməsi paketlərindən biri GPSS-dir. GPSS - simulyasiya modelləşdirməsi proqramlarının yaradılması və icra prosesini əhəmiyyətli dərəcədə asanlaşdıran ümumməqsədli modelləşdirmə sistemidir. Burada bu dilin kommersiya versiyası kimi effektiv olan tələbə versiyasına baxılır. Qeyd edək ki, bu versiyanı pulsuz olaraq İnternetdən yükləmək mümkündür. Sistemin buraxılışını bir neçə üsulla yerinə yetirmək olar. GPSS-in əsas menyusu sistemin əsas vasitələrinə müdaxiləni

təmin edir. Mahiyyətə əsas menyu bu sistemin əsas idarəedici mərkəzidir.

Əlavə mərkəz rolunu isə burada standart alətlər paneli oynayır. Əsas menyunun **File** (fayl) punktu sənəd faylları ilə işi təmin edir.

Fayl - verilənlərin və ya proqram kodlarının adlandırılmış nizamlanmış məcmusu olub ada və genişlənməyə malikdir. Simulyasiya modelinin faylı GPSS sistemində model pəncərəsində yazılır və .gps genişlənməsində saxlanılır. GPSS sisteminin mətn faylı **Text File** (mətn faylı) pəncərəsində yazılır və .txt genişlənməsi ilə saxlanılır. Onlar mətn formatına malikdir və istənilən mətn redaktorunun köməyi ilə asanlıqla oxumaq və modifikasiya etmək olar. Fayllar aparılmış modelləşdirmənin nəticələrini də saxlaya bilər. Bu fayllar **REPORT** (hesabat) pəncərəsinin məzmunu saxlandıqdan sonra yaradılır və .gpr genişlənməsinə malik olur. Bundan əlavə sistemin modelləşdirilməsi prosesində meydana çıxan xəbərləri də saxlamaq mümkündür. **JOURNAL** (jurnal) pəncərəsinə çıxan bu xəbərləri .sim genişlənməsinə malik fayllarda saxlamaq olar. Əsas menyunun **File** punktu çox böyük punkt yığımina və uyğun qaynar klavişlərə malikdir:

- **New** (yaratmaq) – **Ctrl+N**;
- **Open...** (açmaq) – **Ctrl+O**;
- **Close** (bağlamaq);
- **Save** (saxlamaq) – **Ctrl+S**;
- **Save As...** (belə saxlamaq);
- **Print...** (çap etmək) – **Ctrl+P**;
- **Internet**;
- **Recent File** (axırıncı fayl);
- **Exit** (çıxmaq).

Yeni fayl yaradarkən **New** punktu və ya **Ctrl+N** klavişinin basılması ilə dialoq pəncərəsi açılır və **Model** punktunda modelləşdirmək üçün .gps genişlənməsinə malik yeni fayl və **Text File** punktunun köməyi ilə .txt genişlənməsinə malik mətn faylı yaradılır. GPSS-də yazılmış model icra edildikdən sonra çıxışa standart hesabat verilir.

Standart hesabatda modelləşdirilən sistemin aşağıdakı əsas göstəriciləri verilir:

-sistemin modelləşdirmə vaxtı – **END TIME** (qurtarma vaxtı);

-xidmət kanalllarında xidmət almış tələblərin sayı - **ENTRIES** (girişlərin sayı);

-xidmət kanalından istifadə əmsalı – **UTIL.** (istifadə);

-kanalda tələbə orta xidmət vaxtı – **AVE. TIME** (orta vaxt);

-maksimal növbə uzunluğu – **MAX** (maksimal);

-orta növbə (məzmunu) uzunluğu – **AVE.CONT.** (orta məzmunu);

-tələblərin növbəyə orta gəlmə vaxtı – **AVE. TIME** – və bir sıra digər göstəricilər. Universal proqramlaşdırma dillərində baxılan sistemlərin modellərinin işlənməsi zamanı çox sayda operatorlardan istifadə edilir və proqramçıdan yüksək səviyyə tələb olunur. Eyni məsələnin GPSS-də işlənməsi isə, hər bir istifadəçi üçün əlçatandır və istifadəçidən çox da böyük olmayan hazırlıq tələb edilir.

2.3. Simulyasiya modelləşdirməsinə yanaşmalar

Simulyasiya modelləşdirməsi sahəsində nəzəri yanaşmaların inkişaf tarixi modelləşdirmə dilləri, hesablama texnikası vasitələrinin, texnologiyalarının, proqramlaşdırma paradigmasının təsiri altında formalaşmış bir neçə mərhələni özündə birləşdirir. Simulyasiya modelləşdirməsinin müasir inkişaf mərhələsinin xarakterik xüsusiyyəti effektiv tədqiqat metodologiyası və mürəkkəb sistemlərin layihələndirilməsi kimi üç müxtəlif istiqamətin mövcudluğundan ibarətdir. Bu istiqamətlər ardıcıl modelləşdirmə proseslərinə, paylanmış modelləşdirməyə və virtual reallıq konsepsiyası əsasında modelləşdirməyə oriyentasiyalıdır. Cədvəldə göstərilən istiqamətlər

mətlərdən birinə əsaslanan məlum simulyasiya sistemlərinin adları göstərilmişdir.

Ardıcıl modelləşdirmə (cəmlənmiş və ya paylanmamış) birprocessorlu platformada reallaşdırılan simulyasiya modelləşdirməsi yanaşmasını təqdim edir. Ardıcıl modelləşdirmə müasir hesablama platformalarında simulyasiya modelləşdirməsi üçün ənənəvi stildə, sosial-iqtisadi və itehsal məsələlərinin həllinə, nəqliyyat və loqistik sistemlərin tədqiqinə oriyentasiyalı dillərin və sistemlərin yaradılması və tətbiqi ilə əlaqədardır. Aşağıdakı cədvəl 2.1-də realizasiya istiqaməti üzrə simulyasiya modelləşdirmə sistemlərinə nümunələr verilmişdir.

Cədvəl 2.1

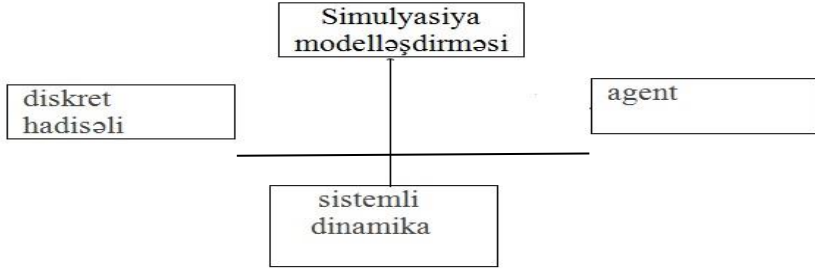
Simulyasiya modelləşdirməsinin istiqaməti	Simulyasiya modelləşdirməsi sistemləri
Ardıcıl modelləşdirmə	GPSS, Arena, EM-plant, QUEST, AutoMod, WITNESS, ProModel, SIMUL8, İSS2000, Crystall, Ball, AnyLogic
Paylanmış modelləşdirmə	SİMNET, SPEEDES, ParaSol, PCİM
Virtual reallıq əsasında modelləşdirmə	Technomatrix firmasının məhsulu, DELMIA firmasının məhsulu

Müasir simulyasiya modelləşdirməsi sahəsində ikinci istiqamət metodoloji və texnoloji aspektli şəbəkə arxitekturası ilə reallaşdırılan paylanmış modelləşdirmə ilə əlaqədardır. Paylanmış simulyasiya modelləşdirməsi sistemlərinin yaradılma və realizasiya standartı kimi HLA (High Level Architecture-yuxarı səviyyə arxitekturası) texnologiyası qəbul edilmişdir. Əksər mövcud paylanmış simulyasiya modelləşdirməsi

sistemləri təlim layihələrinin realizasiyalarına və elmi-tədqiqat layihələrinə, təhlükəsizlik məsələlərinin həllinə, fəvqəladə halların qarşısının alınmasına oriyentasiyalıdır. Virtual reallıq sxemi əsasında modelləşdirmə XX əsrin 90-cı illərinin sonunda e-Manufacturing konsepsiyasının inkişafı ilə əlaqədar olaraq geniş yayılmağa başlamışdır. e-Manufacturingin əsas mahiyyəti istehsal sistemlərinin layihələndirilməsi və istismarı prosesində simulyasiya modelləşdirməsindən fasiləsiz istifadə ilə təyin edilir. e-Manufacturing konsepsiyasına əsaslanan virtual reallıq sxemi müxtəlif istehsal və logistik sistemlərin tədqiqi və layihələndirilməsi praktikasında çox geniş tətbiq tapmışdır. Praktik olaraq bazara təqdim edilən simulyasiya modelləşdirməsi vasitələri bir nəzəri yanaşmanı dəstəkləmək üçün işlənmişdir. Bu gün mürəkkəb sistemlərin simulyasiya modelləşdirməsinə üç əsas nəzəri yanaşma formalaşdırılmış və geniş istifadə edilir [10, 11]:

- sistemli dinamika;
- diskret- hadisəli modelləşdirmə;
- agent modelləşdirməsi.

Onlar arasındakı fərq tədqiq olunan obyektin yazılışında müxtəlif prinsiplərdən istifadə dayanır. Sistem dinamikasının aparatı adətən zamana görə kəsilməz prosesləri yerinə yetirir. Diskret- hadisəli, agent modelləşdirməsi hər şeydən öncə zamana görə diskret proseslər üçün istifadə edilir. Digər tərəfdən sistemli dinamika modelin maksimal abstraksiya səviyyəsini nəzərdə tutur. Diskret- hadisəli modelləşdirmə aşağı və orta səviyyə abstraksiyasını əks etdirir. Agent modelləşdirməsi istənilən səviyyəli və məqşəli modelə tətbiq edilə bilər. Qeyd edək ki, birinci iki yanaşma simulyasiya modelləşdirməsinin "ənənəvi" üsullarıdır və XX əsrin 50-60-cı illərində meydana gəlmişdir.



Şək.2.4 Simulyasiya modelləşdirməsinə yanaşmalar

Sistemli dinamika yüksək səviyyədə abstraksiya nəzərdə tutur və əsasən strateji səviyyə məsələləri üçün istifadə edilir. Proses oriyentasiyalı yanaşma əsasən əməliyyat və taktiki səviyyədə istifadə edilir. Agent modelinin istifadə spektri istənilən səviyyəli abstraksiya məsələsini nəzərdə tutur: agent bazarda firmanı, alıcını, layihəni, ideyanı, nəqliyyat vasitəsini, piyadanı, robotu və s. təqdim edir. Sistemli dinamika metodologiya kimi 1961-ci ildə C.Forrester tərəfindən istehsal-təsərrüfat fəaliyyətində informasiyalı əks əlaqələrin tədqiqat vasitəsi təklif edilmişdir.

Sistemli - dinamik model sistemin davranışını və onun strukturunu əks müsbət və mənfi əlaqə və ləngimələrin qarşılıqlı hərəkət çoxluğunu yazır. Belə riyazi model diferensial tənliklər sistemi kimi özünü göstərir. Sistemli-dinamik modelləşdirmənin xarakterik xüsusiyyətləri aşağıdakılardır:

- model yalnız bir yaddaşda yerləşən ayrılmaz, fərdiyyətçilikdən xali miqdarla, aqreqlə, obyektə əməliyyat aparır;

- analitikə qlobal asılılıqlar terminində mühakimə aparmaq təklif edilir, təbiidir ki, ona uyğun ilkin verilənlər lazımdır.

Sistemli dinamika üsulları DYNAMO, Stella, Vensim, Power Sim, İThink, Model Maker və s. kimi vasitələrlə dəstəklənir. Vensim paketi konseptual modelin işlənməsini, sənədləşdirmə, məxsusi modelləşdirmə, dinamik sistemlərin modelləşdirməsinin

optimallaşdırılması və nəticələrin təhlilini dəstəkləyən vizual modelləşdirmə üçün vasitədir. Proqram məhsulları bazarında səbəb-nəticə əlaqəli sistemin simulyasiya modelinin qurulması üçün o sadə və çevik vasitə mövqeyində dayanır. Qeyd etmək lazımdır ki, Vensimin akademik və təhsil məqsədilə istifadə edilən versiyası mövcuddur.

Stella və IThink proqram komplekslərinin təyinatı qərar qəbulu modellərinin simulyasiya modelinə çevrilməsidir. Əsas güc sistemin alt sistemləri arasında mürəkkəb qarşılıqlı asılı əlaqələrin tədqiqi üçün istifadəçilərdə zəruri qərar qəbulu bacarığı formalaşdırmağa verilir. Göstərilən proqramlar axının, fondların, qeyri- formal faktorların təsir effektlərinin qrafik təsviri üçün qrafik funksional elementləri geniş istifadə edir. Proseslərin və obyektlərin dinamikası beş tip baza parametrlərinin köməyi ilə ifadə edilir: fondların artımı, fondların tükənməsi, işçi proses, axınların birləşməsi, fondların adaptasiyası. Uyğun olaraq modellər üç ierarxiya səviyyəsində təqdim edilir: blok-sxemlər, baza axın sxemləri, formal spesifikasiyalar. Sistemli dinamika - modelləşdirmə paradigmi tədqiq olunan sistem üçün səbəb əlaqələrinin və zamana görə bir parametrin digərlərinə qlobal təsirlərinin qrafik diaqramı qurulur. Sonra isə bu diaqramlar əsasında qurulmuş model kompüterdə simulyasiya edilir. Mahiyyətə belə modelləşdirmə digər paradigmlərdən daha çox obyektlər və hadisələr arasında baş verən səbəb-nəticə əlaqələrinin mahiyyətini başa düşməyə kömək edir. Sistemli dinamikanın köməyi ilə biznes-proseslərin, şəhərin inkişafının, istehsal modelinin və s. modellərini qurmaq mümkündür. Diskret-hadisəli modeləşdirmə meydana gəlməsində C.Qordona bəsləyir. Ona görə ki, 1960-cı ilin əvvəlində IBM maynfreymində GPSS sistemini layihələndirmiş və rəlləşdirilmişdir. Bu sistemdə əsas obyekt - müəyyən mənada işçiləri, detalları, xammalı, sənədləri, siqnalları və s. təqdim edən passiv tranzaktdır (xidmətə tələb).

Modeldə «qarışdırılaraq» tranzaktlar bir kanallı və çox kanallı sistemdə növbədə dayanır, bu qurğuları tutur, azad edir və s. Beləliklə diskret-hadisəli modelə tələbə qlobal xidmət sxemi kimi baxmaq olar. Belə modellərin çox saylı xüsusi halları üçün analitik nəticələrinə kütləvi xidmət sistemlərində baxılır. Hazırda modelləşdirmədə belə yanaşmanı dəstəkləyən bir sıra vasitələr vardır: GPSS/PC, GPSS/H, GPSS World, Object GPSS, Arena, SimProcess, Enterprise Dynamics, AutoMod və s. Onlardan bəziləri ümumi təyinatlıdır. Lakin əksəriyyəti aşağı səviyyələrə yönəlkdir: xidmət, biznes-proseslər, istehsal, logistika və s. Onların istifadəçi interfeysləri bir sıra əhəmiyyətli fərqlərə malikdir. Lakin əsasında eyni prinsip-tələblərin bloklarla icra prinsipi dayanır. Bununla əlaqədar olaraq diskret-hadisəli modellərə stoxastik elementli tələblərin emalının qlobal sxemi kimi baxmaq olar. GPSS World -GPSS- ailəsinin müasir tipik MS Windows mühitində işləmək üçün reallaşdırılan nümayəndəsidir. Modelləşdirmənin nəticələrinin statistik emal vasitələrinin olması (PLUS hesabatların proqramlaşdırma dili və s.) World vasitələri ilə yalnız sadə öyrədici modellər deyil, daha əhəmiyyətli əlavələri yaratmağa imkan verir. 2005-ci ildə «Simulyasiya modelləşdirməsi. Nəzəriyyə və praktika» (ИММОД-2005, S.Piterburq ş.) II Ümumrusiya elmi-praktik konfransında GPSS World-in yüklərin daşınmasının nəqliyyat - texnoloji sistemlərinin modelləşdirməsi, balıq emalı mədəni kompleksinin fəaliyyətinin təhlili üçün istifadə təcrübəsinə həsr edilmiş məruzələr təqdim edilmişdir. GPSS-in ilkin oriyentasiyasının kütləvi xidmət sistemlərinin modelləşdirməsi olmasına baxmayaraq, sistem uzunömürlü oldu və inkişaf qabiliyyətli oldu. Modelləşdirilən sistemin yazılışının çoxluğu biznes-proseslər terminində Object GPSS və ya ISS 2000 məhsullarının köməyi ilə azaldıla bilər. Xüsusi halda HTYY «КПН»-də V.N.Tomaşevskinin rəhbərliyi ilə yaradılmış ISS 2000 paketi linqivistik prosessordur. Onun köməyi ilə istifadəçi dialoq rejimində avtomatik olaraq GPSS

yaradır və onu icraya buraxır. Diskret-hadisəli modelləşdirmə - hadisələrin kəsilməz təbiətindən abstraksiyalaşdırmanı təklif edən modelləşdirməyə yanaşmadır. Burada modelləşdirilən sistemin əsas hadisələrinə baxılır: «gözləmə», «tələbin emalı», «yüklə hərəkət», «boşalma» və s. Diskret-hadisəli modelləşdirmə daha çox inkişaf etmişdir və tətbiq sferası vardır-loqistika və kütləvi xidmət sistemindən nəqliyyat və istehsal sistemlərinə qədər. Bu tip modelləşdirmə istehsal proseslərinin modelləşdirməsi üçün daha əlverişlidir. Agent modelləşdirməsi mərkəzləşməmiş modellərlə işi nəzərdə tutur. Beləliklə modeldə tamamilə sistemin davranışını müəyyən edən vahid nöqtə yoxdur. Agent modeli fərdi obyektlər (agentlər) çoxluğundan və onların əhatəsindən ibarətdir. Sistemin davranışı fərdi səviyyədə yazılır. Qlobal davranışa agentlərin məcmu fəaliyyətinin nəticəsi kimi baxılır. Agentlərin hər biri məxsusi «qanuna» görə hərəkət edir, ümumi mühitdə mövcud olur, mühitlə və digər agentlərlə qarşılıqlı əlaqədə olur. Agentlərin davranışını yazmaq üçün UML-in standart vasitəsi olan vəziyyətlər kartından istifadə edilir. Böyük miqdarda aktiv obyektləri olan fərdi davranışlı sistem üçün agent modelləşdirməsi daha universal yanaşmadır. Belə ki, o istənilən mürəkkəbliyin struktur və davranışını nəzərə almağa imkan verir. Agent modelləşdirmənin digər vacib üstünlüyü, qlobal asılılıqlar haqqında aprior informasiya olmadıqda belə modelin işlənmə imkanının olmasıdır. Proses iştirakçılarının fərdi davranış məntiqini bilərək agent modelini qurmaq olar və onun qlobal davranışını proqnozlaşdırmaq olar. Bununla yanaşı agent modeli müşayiətlilikdə sadədir. Belə ki, dəqiqləşdirmə lokal səviyyədə verilənlər yığıldıqca aparılır. Agent modelləşdirməsi konsepsiyası konvertasiya prosedurunun köməyi ilə sistemli dinamika modelindən və diskret hadisəli modeldən agent modelinə keçməyə imkan verir. Sistemli-dinamik model üçün yaddaşların agentlər çoxluğuna deaqrəqasiyası tələb oluna bilər (bu agentlərin aktivliyi və fərqlilikləri

şerti ilə). Diskret hadisəli modellərdə fərdi obyektler-tranzaktlar agent ola bilər (modelləşdirmə üzrə tranzaktların keçid məntiqinin mərkəzləşməmə şərti ilə). Agent modelləşdirməsi AnyLogic kimi simulyasiya modelləşdirməsi sisteminin köməyi ilə yerinə yetirilə bilər. AnyLogic simulyasiya modelləşdirməsinin bütün mövcud yanaşmalarını dəstəkləyən universal simulyasiya modelləşdirməsi sistemidir. Buraya proseslərin blok-sxemi, sistemli dinamika, agent modelləşdirməsi, vəziyyət kartları, idarəetmə sistemləri və s. daxildir. AnyLogic mürəkkəb sistemin stoxastik və determinik simulyasiya modelinin qurulmasına və modelləşdirmənin nəticələrinin təhlilinin aparılmasına imkan verir. Yanğından təhlükə situasiyalarında simulyasiya modelləşdirməsinin nəzəri yanaşmasının seçilməsi modelləşdirmənin məqsədindən asılıdır. Əgər öyrənilən obyekt qismində yanğından təhlükə faktoru çıxış edirsə, onda sistemli dinamika prinsipindən istifadə məqsədə uyğundur. Bu birbaşa fiziki mənası olan və kəsilməz dəyişən çox saylı dəyişənlərin (koordinat, temperatur, təzyiq, konsentrasiya, sürət və s.) qiymətlərinin heesabatının zərurəti ilə əsaslandırılmışdır. Əgər öyrənilən obyekt yanğın təhlükəsinin baş vermə situasiyasında insanların davranışındırsa, agent modelləşdirməsi prinsipindən istifadə məqsədə uyğundur. Bu agent modellərinin diskretizasiyası və mərkəzləşdirilməməsi ilə şərtlənir. Bu modellərdə sistemli dinamikadan və diskret-hadisəli modellərdən fərqli olaraq sistemin davranışı (dinamikası) bütövlükdə müəyyən edilməmişdir. Agentlərin davranışı fərdi səviyyədə təyin edilir. Qlobal davranış isə agentlərin məcmusunun fəaliyyətinin nəticəsidir. Hər biri məxsusi qaydaya əsaslanmaqla, mühitlə və digər agentlərlə qarşılıqlı hərəkətdə olur. Beləliklə agent modelləşdirməsi insanların real davranışına daha yaxın nəticə almağa imkan verir. Agent modelləşdirməsi ənənəvi modelləşdirmədə nisbətən yeni istiqamətdir və mərkəzləşdirilməmiş sistemlərin tədqiqi üçün istifadə edilir. Onun fəaliyyət dinamikası qeyri-

qlobal qayda və qanunlarla təyin edilir. Agent modelləşdirməsi 2000-ci ildən sonra praktik olaraq geniş yayılmışdır. Agent modelləşdirməsinin məqsədi qlobal qaydalar, onun ayrı-ayrı obyektləri və bu obyektlərin sistemdə qarşılıqlı hərəkəti fərdi və məxsusi davranış fərziyyəsindən irəli gələn sistemin ümumi davranışı haqqında təsəvvür əldə etməkdir. Agent-tanınmayan varlıqdır, aktivliyə sahibdir, avtonom davranışlıdır, bir neçə qayda yığımına uyğun qərar qəbul edə bilir, əhatəsilə qarşılıqlı əlaqədədir və şərbəst dəyişə biləndir.

Proqramlarda əsasən diskret-hadisəli simulyasiya modeləşdirməsində hadisənin planlaşdırılması yanaşmasından istifadə edilir. Sistem model vaxtında xarakterik hadisələrin izlənməsi yolu ilə modelləşdirilir və hər biri üçün hadisələrin bir sıra emal proqramları yaradılır. Bu proqramlar hər bir hadisənin baş verməsi ilə yaranan vəziyyətin dəyişməsinə əhatəli şəkildə yazır. Modelləşdirilən sistemin inkişafı zamana görə hadisələrin emal proqramının icrası yolu ilə, onların əmələ gəlmə zamanının artması qaydası üzrə baş verir. Bu halda hadisələrin emal proqramının əsas xassəsi onun icrası zamanı model vaxtı hərəkət etmir. Eyni zamanda simulyasiya modelləşdirməsinin çox paketlərində proseslərdən istifadə yanaşması tətbiq edilir.

Proses - zamana görə nizamlanmış zaman intervallarına ayrılmış, obyektin “tam həyat yolunu” əks etdirən, onun sistemdə irəliləyişinin ölçüsü üzrə hadisələrin qarşılıqlı hərəkət ardıcılığıdır.

Obyektin sistemə daxil olması və onun sistemdə yeganə qurğuda xidmət alması prosesinin sxemi şəkl.2.5 - dəki kimidir. Sistemdə və ya simulyasiya modelində bir neçə müxtəlif proseslər ola bilər. Onların hər birinə bu prosesdə onun yerdəyişməsinin ölçüsü üzrə obyektin “mövcudluq tarixi” yazılmış proqram uyğun gəlir. Prosesin proqramı model vaxtının hərəkətini təmin edir və sadəcə çoxlu giriş nöqtələrinə malik olur.



Şək.2.5 Obyektin sistemdə hərəkət prosesinin sxemi

Prosesdən istifadəyə əsaslanan yanaşmanı aydınlaşdırmaqdan ötrü tələblərin emal prosesini yazan bir kanallı kütləvi xidmət sistemi modelinin proqram protatipi olan alqoritmə baxaq. Bu alqoritm aşağıdakı addımlardan ibarətdir:

1. Növbəti tələbin daxil olmasının planlaşdırılması;
2. Xidmət qurğusunun boş olmasının yoxlanması;
3. Əgər qurğu boşdursa 6-cı addıma keçilir, əks halda tələb növbədə yerləşdirilir;
4. Xidmətin əvvəli gözlənilir, model vaxtı hərəkətlənir;
5. Növbədən tələb çıxarılır;
6. Qurğunun fəaliyyətə başlamağa gətirilməsi;
7. Tələbə xidmət hadisəsinin təyini;
8. Xidmətin sonunun gözlənməsi, model vaxtı hərəkətlənir;
9. Qurğunun boş dayanma vəziyyətinə gətirilməsi;
10. Tələbin modeldən çıxarılması;
11. Qayıdış.

Alqoritmədən görüldüyü kimi birinci addımda növbəti tələb hadisələr siyahısında yerləşdirilir. Növbəti tələbin daxil olma vaxtı cari tələbin daxil olduğu anla daxilolmalar arasındakı zamanın cəminə bərabərdir. Gələn tələbə xidmətə başlanma biləcəyini yoxlamaq üçün ikinci addımda qurğunun boş olduğu yoxlanılır. Üçüncü addımda əgər qurğu məşğuldursa tələb növbəninə sonuna yerləşdirilir. Dördüncü addımda məcburi olaraq qurğu seçilənədək tələb modeldə şərti gözləmə vəziyyətində olacaqdır. Əgər bu alqoritm hər bir tələb üçün

nəzərdə tutulmuşdursa, sinxronlaşdırıcı proqrama verilir və cari andan sonrakı hadisə müəyyənləşdirilir. Dördüncü addımda gözləyən tələb hər hansı zaman anında aktivləşsə, o növbədən ayrılaraq beşinci addıma keçir və altıncı addımda həmin tələbə xidmət olunur.

Qeyd edək ki, qurğu boş olduğu halda da burada xidmət başlayır. Hər iki halda yeddinci addıma keçilir və xidmətə götrülən tələbin çıxarılma vaxtı təyin edilir və hadisələr siyahısına uyğun məlumat yazılır. Sonra isə səkkizinci addımda ona xidmət qurtarana qədər tələb gözləmə vəziyyətinə gətirilir. Bu şərtsiz gözləmədir. Bundan sonra hansı tələbin emal ediləcəyini müəyyənləşdirilməsindən ötrü idarə sinxronlaşdırıcı proqrama verilir. Doqquzuncu addımda tələb aktivləşdirilir, tələbə xidmət qurtardıqdan sonra qurğu boşalır. Onuncu addımda tələb modeldən çıxarılır. Mahiyyətə hadisənin planlaşdırılması və prosesli yanaşmalar bir-birinə çox bənzəyir (məsələn hər iki yanaşmada model vaxtı saatından, hadisələr siyahısından, sinxronlayıcı proqramdan və s. istifadə edilir). Lakin müəyyən mənada prosesli yanaşmadan istifadə daha təbii görünür, çünki bir proqram uyğun obyektin “tam həyat yolunu” yazır.

2.3.1. Obyekt yönümlü modelləşdirmə

Obyekt modeli sistemin tərkibini, onun atributunu, əməliyyatları, digər obyektlərlə qarşılıqlı əlaqələrini, obyektlərin strukturunu yazır. Obyekt modelində elə anlayış və real aləmin obyektləri əks olunmalıdır ki, işlənən sistem üçün vacib olsun. Hər şeydən əvvəl obyekt modelində işlənən sistemin praqmatikası əks olunur. Bu isə işlənən sistemlə əlaqəli tətbiq oblastının terminologiyasının istifadəsini ifadə edir. Obyekt dedikdə abstraksiya və ya sərhədləri dəqiq çəkilmiş, baxılan tətbiqi problem kontekstində istənilən şey başa düşülür. Obyektin daxil edilməsində iki məqsəd nəzərdə tutulur:

- tətbiqi məsələnin (problemin) dərk olunması;
- kompüterdə realizasiya üçün əsasın qoyulması.

Obyektlərə misal olaraq “İmperial” bankı, Turqut İsmayılzadə, 5 sayılı iş, əmanət kitabçası və s. göstərmək olar. Obyekt modelinin işlənməsində məqsəd - obyekt, bütövlükdə layihələndirilən sistemin tərkib hissəsini yazmaq, hətta obyektlər arasında müxtəlif asılılıqları aşkarlamaq və göstərməkdir. Problemin obyektlər üzrə dekompozisiyası, yaradıcı, pis formalizə edilən prosesdir. Bütün obyektlər bir birindən fərqlənə bilər, məsələn, iki alma bir - birindən rənginə, formasına, çəkisinə, dadına görə fərqlənə bilər. Obyektlər arasında eynilik münasibətini ödəyənlərdə eynilik münasibəti qoymaq olar. Alma misalında alma obyektinin iki nüsxəsi haqqında danışılar. Hesab edəcəyik ki, obyekt və obyektin nüsxəsi eynidir. Əvvəlki misalda iki alma eyni sinif obyektlərə məxsusdur (məhz eynilik bununla əlaqəlidir). Almanın rəngi, forması, çəkisi və dadı onun atributudur və onların qiymətləri (məsələn, qırmızı, oval, yüzqramlıq, turşaşirin) obyektə xarakterizə edir. Eyni sinfin bütün obyektləri atributların eyni yığımı ilə xarakterizə olunur. Lakin obyektlərin sinifdə birləşməsi atributlar yığımı ilə deyil, semantika ilə təyin edilir. Məs, at saxlanılan yer və at eyni atributlara malik ola bilər: qiymət və yaş. Əgər məsələdə sadəcə mal kimi baxılırsa, onlar eyni sinifə aid ola bilər və ya təbiidir ki, müxtəlif sinifə aid ola bilər. Obyektlərin sinifdə birləşməsi məsələyə mücərrədlik daxil etməyə və ona daha ümumi qoyuluşda baxmağa imkan verir. Sinif (məsələn at), bu sinfin bütün obyektlərinə aid ada malikdir. Bundan əlavə sinifə obyektlər üçün təyin olunan atributların adı daxil edilir. Bu mənada sinfin yazılışı strukturun tipinin yazılışına analojidir. Bu zaman hər bir obyekt strukturun nüsxəsi eyni məna daşıyır (uyğun tip dəyişən və sabit). Atribut öz sinfində obyektə xarakterizə edən qiymətdir. Atributa misal olaraq kateqoriya, balans, kredit (hesab sinfinin obyektlərinin atributlarıdır), ad, yaş, çəki (insan

sinfinin obyektlərinin atributlarıdır) və s. göstərmək olar. Atributlar arasında daimi (sabit) və dəyişən atributları fərqləndirirlər. Daimi atributlar öz sinfində obyektə xarakterizə edir (məsələn, hesab nömrəsi, kateqoriya, insanın adı və s.). Dəyişən atributların cari qiyməti obyektin cari vəziyyətini xarakterizə edir (məsələn, hesab balans, adamın yaşı və s.). Bu atributların qiymətini dəyişməklə obyektin vəziyyətini dəyişirik. Bəzən atributların tipi göstərilir (hər bir atribut müəyyən qiymətdir) və dəyişən atributların başlanğıc qiyməti (bu atributların başlanğıc qiyməti) obyektin başlanğıc vəziyyətini verir. Qeyd etmək lazımdır ki, obyektlər və onların sinifləri haqqında danışarkən heç bir obyekt yönümlü proqramlaşdırma dilini nəzərdə tutmuruq. Xüsusi halda bu onunla ifadə olunur ki, proqram sisteminin işlənməsinin bu mərhələsində yalnız elə atributlara baxmaq lazımdır ki, reallıqda məna kəsb etmiş olsun (hesab sinfinin obyektlərinin bütün atributları bu xassələrə malikdir). Atributlar ümumi realizasiyaların xüsusiyyətlərinə malikdir. Son illər obyekt yönümlü modelləşdirməyə maraq xeyli artmışdır. Bu isə obyekt yönümlü proqramlaşdırmaya diqqətin artmasının nəticəsidir. Faktiki olaraq obyekt yönümlü modelləşdirmə və proqramlaşdırma öz başlanğıcını 1960-cı ildə meydana çıxmış SIMULA obyekt yönümlü dildən götürmüşdür. Obyekt yönümlü modelləşdirmədə modelləşdirilən sistem modelləşdirmənin yerinə yetirmə ölçüsü üzrə bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə olan obyektədən (məsələn, qurğu) formalaşdırılır. Obyektlər verilənlərə malikdir və üsullarla təmin edilmişdir.

Verilənlər müəyyən zaman anında obyektin vəziyyətini, üsullar isə obyektin yerinə yetirəcəyi hərəkəti yazır. Obyektin müəyyən nüsxəsinin verilənlərini yalnız onun xüsusi üsulları ilə dəyişmək olar. Digər obyektlər isə yalnız bu nüsxənin verilənlərinə baxa bilər. Bu imkan **inkapsulyasiya** adlanır. Obyekt yönümlü modelləşdirmə paketlərinə misal olaraq

MODSIM III və SIMPLE++ paketlərini göstərmək olar. Simulyasiya modelləşdirməsinin belə paketlərinin əsas fərqləndirici xüsusiyyətləri **varislik, polimorfizm və inkapsulyasiya**dır. Əgər yeni tip obyekt (varis) artıq mövcud olan tip (valideyn) obyektin əsasında təyin edilərsə, bu **varislik** adlanır. Varisin müəyyən xarakteristikalarını istək əsasında yenidən dəyişmək və ya yeniyə əlavə etmək olar. **Polimorfizm** bir mənşədə birləşmiş müxtəlif tip obyektlər eyni adlı üsullara malik ola bilər. Lakin onlar aktivləşdikdə müxtəlif obyektlərin davranışı fərqlənəcəkdir.

Obyekt yönümlü proqramlaşdırma üçün daha bir xarakterik xassə ierarxiyadır. Bir sıra istehsalçılar təsdiq edirlər ki, onların simulyasiya modellərinin proqram təminatı obyekt yönümlüdür. Lakin çox zaman belə proqram vasitələri varisliyi, polimorfizmi və ya inkapsulyasiyanı təmin etmir. Bundan əlavə sadalanan bəzi xassələr (ierarxiya kimi) müxtəlif cür təyin edilə bilər.

Obyekt yönümlü modelləşdirmə aşağıdakı üstünlüklərə malikdir:

- obyektlərdən təkrar istifadə imkanını və onların rahat qayda ilə dəyişdirilməsini təmin edir;

- mürəkkəb sistemləri müxtəlif obyektlərə bölməklə onlarla işləməyə kömək edir;

- modellərdə dəyişiklikləri sadələşdirir, belə ki, valideyn obyektəki dəyişikliklər vərəsə obyektə əks olunur;

- müxtəlif proqramçılara bir böyük layihə üzərində işləməyə imkan verir.

Obyekt yönümlü modelləşdirmə aşağıdakı çatışmazlıqlara malikdir:

- bəzi paketlər öyrənmək üçün çox çətindir;

- modelləşdirmə üçün müxtəlif obyektlərdən çoxsaylı istifadə etməklə layihələr çoxluğunu yerinə yetirmək lazımdır.

2.3.2. Predmet yönümlü modelləşdirmə

Predmet yönümlü dillərin əsas ideyası və tarixi proqramlaşdırmada (Domain-Specific Languages, DSL) keçən əsrin 60-cı illərindən müxtəlif adlarla (application-oriented, special purpose, specialized, task specific) məlumdur. Predmet yönümlü dillərin əsas ideyası ona əsaslanır ki, böyük olmayan predmet oblastı üçün proqram təminatının realizasiyasında uduş verən maksimal effektiv mücərrədlik təklif edilsin. Bu zaman belə dillər üçün dəstəkləyici proqram vasitəsinin realizasiyası məsələsi meydana çıxır (kompilyatorun işlənməsi, işləmə mühiti və s.). Beləliklə son dövrlərdə predmet yönümlü proqramlaşdırma dilləri aktiv olaraq inkişaf edir.

İşləmə metodologiyası əsasında modeldən istifadə etməklə ümumi layihələndirmənin (modelləşdirmənin) mərhələlərə bölünməsi və konkret proqram platformasında əlavənin sonrakı realizasiyası prinsipi dayanır. Başqa sözlə, əvvəlcə realizasiya qaydasından asılı olmayaraq ümumi və asılı olmayan model əlavə yaradılır. Sonra isə model əsasında hər hansı işləmə mühitində proqramın realizasiyası baş verir. Bu zaman işləmə prosesi tamamilə proqramlaşdırma üçün zəruri informasiyanı saxlayan modelə əsaslanır. Aydın üstünlük belə yanaşma verir:

- modelin işləmə vasitəsindən qeyri- asılılığı istənilən proqram platformasında realizasiya imkanı təmin edir;

- bu prinsiplə reallaşdırılan əlavə bir əməliyyat sistemindən digərinə asanlıqla keçirilə bilər;

- eyni zamanda bir neçə proqram platforması üçün əlavənin realizasiyası zamanı ehtiyatlara əhəmiyyətli dərəcədə qənaət;

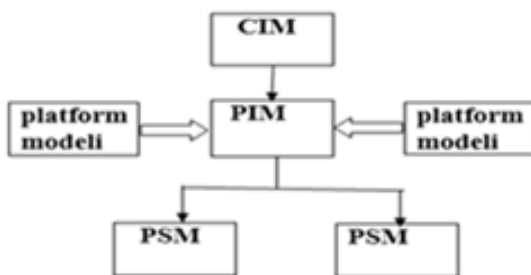
- arxitektura proqramlaşdırma prosesini məlum dərəcəyə qədər avtomatlaşdırmağa imkan verir. Əhatəli modelin varlığı əlavənin tipik hissələrinin avtomatik yaradılmasını təmin edir.

məsələn, istifadəçi interfeysinin yaradılması, tipik əməliyyatların proqramlaşdırılması, verilənlər bazasının yaradılması;

-model işlənərkən məsələnin qoyuluşunda tətbiq edilən predmet sahəsinin terminalığıyından istifadə mümkün olur.

Beləliklə model anlayışı bu işləmə metodikası əsasında dayanır. Model - bir neçə məqsəd üçün yaradılmış sistemin və onun əhatəsinin yazılışı və ya spesifikasiyasıdır. Adətən model mətn və qrafik informasiyanın kombinasiyasından ibarət olur. Mətn xüsusi və ya təbii dildə yazıla bilər. Platforma - realizasiyanın detallarını dəqiqləşdirmədən istənilən əlavədə istifadə edilən funksionallığın vahid yığımını təqdim edən alt sistem və texnologiyalar yığımıdır. Modelin çevrilməsi - sistemin bir modelinin həmin sistemin digər modelinə çevrilməsi prosesidir. İşləmə prosesi – sistemin bir modelindən digərinə ardıcıl (mərhələ üzrə) hərəkətidir. Bu zaman hər sonrakı model əvvəlkindən çevrilir və yeni detallarla tamamlanır. Modellər əsasında işləmə sxemi şəkl. 2.6.- da göstərilmişdir.

Hesablayıcı-asılı olmayan model (Computation Independent Model - CIM) sistemə ümumi tələbləri, istifadə edilən anlayışlar lüğətini, onun fəaliyyət şəraitini (əhatəsini) yazır.



Şəkl.2.6 Modellər əsasında işləmə sxemi

Model texniki xarakterli strukturun yazılışı və sistemin funksionalı kimi heç bir məlumatı saxlamır. CIM – maksimal

ümumi və sistem realizasiyasından asılı olmayan modeldir. İstifadə edilən anlayışlar lüğəti predmet oblastının terminləri ilə əməliyyat aparır. Böyük olmayan proqram sistemini yaratdıqda CIM modelini texniki tapşırıq hesab etmək olar.

Platformalı-asılı olmayan model (Platform Independent Model - PIM) sistemin tərkibi, strukturu və funksionalını yazır. Model kifayət qədər əhatəli məlumatlara malik olmalıdır. Lakin konkret platformalarda sistemin realizasiyaları məsələlərinə aid olmamalıdır. PIM modeli CIM əsasında yaradılır. Modellər yaradılarkən misal olaraq UML universal modelləşdirmə dilindən istifadə edilə bilər.

Platformalı-asılı model (Platform Specific Model - PSM) konkret platformada sistemin realizasiya məsələlərinin tətbiqində sistemin strukturu, tərkibi, funksionalını yazır. Təyinatından asılı olaraq az-çox detallı olmalıdır. Bu model iki model əsasında yaradılır - PIM və platforma modeli. PIM modeli PSM modelinin əsasını təşkil edir.

Platforma modeli platformanın tələblərinə uyğun olaraq PSM - in tamamlaması üçün istifadə edilir.

III Fəsil. Kütləvi xidmət sistemlərinin analitik modelləri

3.1. Kütləvi xidmət sistemləri. Əsas anlayışlar

Xidmət hər hansı tələbatın ödənilməsi prosesidir, məsələn, sərnişinə aviabiletin satışı, sərnişinin qeydiyyatı, yükün daşınması, yanacağıın doldurulması, yükləmə, boşalma, saxlanma və s. Bilavasitə xidmət funksiyasını reallaşdıran qurğu (texniki vasitə, sistemlər, avadanlıq, xidmət personalı) **xidmət qurğusu** (məsələn, kassa, qeydiyyat sütunu, benzin kalonu, dayanacaq yeri, saxlama yeri və ya oyuğu, liman və s.) adlanır. Xidmət qurğusu (XQ) xidmət kanalını təşkil edir. Kütləvi xidmət sistemləri (KXS) xidmət kanallarının sayına görə çox və ya bir kanallı olur. İctimai tələbat xidmətə tələb şəklində ifadə olunur. Zamana görə ardıcıl daxil olan tələblər giriş axını adlanan tələb axınıni təşkil edir. Məsələn, sərnişin axını, hava limanına gələn təyyarə axını, malların, konteynerlərin axını və s. Xidmət qaydası - daxil olan tələblərə xidmət düzümüdür. Tələblərin sistemə daxil olması üzrə xidmət prioritetləşdirilməmiş xidmət adlanır. Daxil olan tələbə tezliklə xidmət olunur və ya o növbədə gözləyir. Xidmətin başlanğıcını gözləyən tələblərin olduğu yer yaddaş (sərnişinlər üçün zal, avtomobil yolunun hissəsi, ambar, kompüter yaddaşı və s.) adlanır. Əgər tələb KXS-ni xidmət almadan (və ya gözləmədən) tərək edirsə, onda deyirlər ki, tələb xidmətdən imtina almışdır. Sistemi tərək edən tələblər **ÇIXIŞ AXINI** adlanır. ÇIXIŞ AXINI imtina və xidmət alan tələblərin axınından ibarətdir. Ümumi məqsədə nail olmaq üçün öz aralarında əlaqələndirilmiş və birgə fəaliyyət göstərən elementlərin məcmusu **sistem** adlanır. KXS - elementləri - giriş və ÇIXIŞ AXINI, xidmət qurğusu, növbə, yaddaş, xidmət qaydası olan sistemdir. KXS - in məqsədi tələb axınına ən yaxşı keyfiyyətlə, effektivliklə xidmət etməkdir. Xidmət keyfiyyətinin kəmiyyət göstəriciləri

effektivlik kriteriləri adlanır. Bu kriterilər xidmətdən imtina ehtimalıdır. Xidmət xərci, gəlir, xidmətdə gözləmə, onların ehtimal xarakteristikaları - riyazi gözləmə, dispersiya və s. xidmət sistemlərinin qurulmasında xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Kütləvi xidmət sistemlərində xidmət qurğularının əsas xarakteristikası xidmət vaxtıdır. Xidmət vaxtı bir tələbə xidmət müddəti - γ xidmət vaxtı adlanır. Xidmət vaxtı - təsadüfi kəmiyyətdir. Onun tam xarakteristikası $f(x)$ paylanma sıxlığıdır. Xidmət vaxtını yazmaq üçün daha geniş yayılmış qanun üstlü qanundur: $f(x) = \beta e^{-\beta x}$, $x \geq 0$, harada ki, $\beta > 0$ - paylanma funksiyasının parametridir. Orta xidmət vaxtı xidmət vaxtının riyazi gözləməsidir və belə ifadə olunur $M\gamma = 1/\beta$. Xidmət intensivliyi μ - vahid zamanda bir xidmət qurğusunda xidmət alan tələblərin orta sayıdır. Xidmət intensivliyi orta xidmət vaxtının tərs qiymətini göstərən kəmiyyətdir $\mu = 1/M\gamma = \beta$. Beləliklə, β parametri paylanma sıxlığının ifadəsində xidmət intensivliyinə bərabərdir.

Kütləvi xidmət nəzəriyyəsində tələblərin giriş axını daxil olmalar arasında intervallar terminində yazılır $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_k$, harada ki, τ_k - ardıcıl tələblər arasındakı zaman parçası (məsələn, sərnişinlərin, təyyarələrin minik üçün hava limanına gəlməsi). $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_k$ - təsadüfi kəmiyyətlərdir. Əgər bütün τ_k - kəmiyyətləri öz aralarında asılı deyilsə, tələb axını məhdud fəsadlı axın adlanır. Əgər paylanma qanunu τ_k - üstlü

$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$, $x \geq 0$ paylanma sıxlığına malikdirsə, axın sadə (və ya Puasson) axın adlanır,

harada ki, $\lambda > 0$ - axın intensivliyinin parametridir.

Burada λ kəmiyyəti vahid zamanda gələn tələblərin (sərnişinlərin, təyyarələrin) orta sayına bərabərdir. Giriş axınının intensivliyi xidmət intensivliyi kimi, tələblərin

gəlməsi arasındakı intervalların orta qiymətinin tərs qiymətinə $\lambda = 1/M\tau$ bərabərdir.

Təsadüfi proseslər nəzəriyyəsində göstərilir ki, sadə axın üçün $[t, t + \Delta t]$ parçasında daxil olan tələblərin paylanma qanunu $a = \lambda \Delta t$ parametrlı Puasson qanununa tabedir, b.s. k sayda tələbin gəlməsinin ehtimalı belə hesablanır:

$$P_k = \frac{a^k}{k!} e^{-a}; k = 0, 1, \dots$$

Məsələn, tutaq ki, uçuş üçün hava limanına gələn sərnişin trafikini $\lambda = 2$ (dəq/sərnışin) intensivliyinə malik sadə axın yaradır. Burada $\Delta t = 10$ dəqiqə intervalında heç bir sərnışinin gəlməyəcəyi ehtimalının və hava limanının 1 saat fəaliyyəti müddətində gələn sərnışinlərin orta sayının tapılması tələb olunur.

Məsələnin həllində sadə axının xassəsinə görə, hava limanına gələn sərnışinlərin sayı $a = \lambda \Delta t$ parametrinə malik Puasson paylanma qanununa malikdir və parametrin qiyməti $a = 2 \text{ sər/dəq} * 10 \text{ dəq} = 20 \text{ sər}$. 10-dəq aralıqda sərnışinlərin gəlməməsi ehtimalı:

$$P_k = \frac{a^k}{k!} e^{-a}; k = 0, 1, \dots$$

$$P_0 = e^{-a} = e^{-20}$$

Sərnışinlərin orta sayı:

$$a = \lambda \Delta t = 2 \text{ sər / dəq} * 60 \text{ dəq} = 120 \text{ sər}$$

Trafik stasionar adlanır, əgər $[t, t + \Delta t]$ aralığında daxil olan tələblərin (məsələn təyyarələrin) paylanma qanunu t anından asılı olmasın. Əgər Puasson trafikindən tək nömrəli tələbləri atıb yalnız cüt nömrəliləri saxlasaq, onda yeni trafik alarıq. Bu trafik $m = 2$ tərtibli Erlanq trafikini adlanır. Əgər nömrələri $m = 3$ qatlı olan tələbləri saxlasaq, üç tərtibli Erlanq trafikini alarıq. Ümumiyyətlə m -tərtibli Erlanq trafikini

isə nömrələri m -ə tam olaraq bölünməyən tələbləri atdıqda alınır. Beləliklə, Erlanq trafiki iki parametrlə λ və m -lə xarakterizə olunur. Puasson trafikinə Erlanq trafikinin $m = 1$ olduqda xüsusi halı kimi baxmaq olar.

Kütləvi xidmət nəzəriyyəsində modellər real xidmət sistemlərini daha əlverişli vəziyyətə gətirmək üçün istifadə olunur və onların tətbiqi riyazi cəhətdən təhlil oluna bilər. Bu modellər aşağıdakı keyfiyyət göstəricilərinin təyininə də istifadə olunur:

-sistemdə və ya növbədə olan tələblərin orta sayı;

-sistemdə və ya növbədə tələblərin orta gözləmə müddəti;

-həmin sayların və ya vaxtların statistik paylanmaları;

-növbənin boş, dolu olması ehtimalı və sistemin hər hansı vəziyyətinin tapılması ehtimalı.

Bu keyfiyyət göstəriciləri növbə olan sistemlərdə meydana çıxan problemlərin və ya xidmət zamanı istifadəçinin narazılığının və ya iqtisadiyyatda böhranların meydana çıxması səbəblərinin aradan qaldırılması üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu modellər ümumilikdə xidmət sistemlərinin tarazlıq vəziyyətlərinin alınması üçün istifadə olunur. Nəticə etibarilə, bunlar xidmət sistemlərinin xüsusi konfigurasiyada olan vəziyyətini göstərən stoxastik modellərdir. Belə xidmət modellərinin hazırlanması və təhlili üçün ümumi prosedür sistemin parametrlərini, yəni daxilolma tezliyini, xidmət müddətini, növbənin həcmi və s. təyin etməkdən ibarətdir [1,10,11].

Sistemin vəziyyətlərinin təyininə sistemin vəziyyəti ümumi olaraq tələbləri, işi, adamları və s. bildirir və məhdud və ya qeyri-məhdud ola bilər. Sistemin vəziyyətləri arasında keçidləri göstərən diaqram onun mümkün vəziyyətlərini və hər bir vəziyyətə daxilolma və çıxma tezliklərini göstərir. Bu diaqram Markov zəncirini təsvir edir. Bu diaqram sistemin vəziyyətləri arasında balanslaşmış axını göstərir. Boş olan vəziyyətin ehtimalını tapmaq üçün onların ehtimallarının

cəminin vahidə bərabər olması faktından istifadə etmək lazımdır. Sonlu sayda vəziyyətləri olan modellərdə ortaya çıxan problemləri aradan qaldırmaq üçün ədədi analiz üsullarından istifadə oluna bilər. Kütləvi xidmət nəzəriyyəsi xidmət sistemlərinə daxil olan tələblərin növbədə və xidmət olunmaq kimi proseslərin öyrənilməsi əsasında yaranmış və formalaşmışdır. Zaman keçdikcə bu sistem və nəzəriyyə ilə bağlı bir sıra işlər meydana gəlməyə başlamış və bu nəzəriyyə inkişaf etmişdir. Bu nəzəriyyə formalaşmamışdan qabaq bir sıra tədqiqatçıların - Eylər, Qauss, Puasson və başqalarının işlərində onun müəyyən problemləri tədqiq olunmuşdur. Ancaq nəzəriyyə baxımından onun telekommunikasiyaya sistemətik tətbiqi 20-ci əsrdə böyük danimarkalı alim Agner Erlanqin işlərindən sonra başlanmışdır.

Kütləvi xidmət nəzəriyyəsi növbələrdə gözləmə prosesini riyazi cəhətdən tədqiq edir. Belə ki, bu nəzəriyyə keyfiyyət göstəricilərini hesablamağa, sistemdə (yaxud növbədə) orta gözləmə vaxtının təyin olunması, xidmət olunanların orta sayını, sistemin müəyyən vəziyyətdə olması ehtimalını (boş, məşğul, xidmət olunduğunu və ya xidmət üçün gözlədiyini) təyin etməyə imkan verir. Qeyd etmək lazımdır ki, kütləvi xidmət nəzəriyyəsi əməliyyatların tədqiqi nəzəriyyəsinin bir hissəsi kimi də tədqiq olunur. Nəzəriyyənin tətbiq sahələri çox genişdir. Belə ki, bu nəzəriyyə sənayedə, texniki sistemlərdə, aviasiyada, səhiyyədə, iqtisadi məsələlərdə və digər sahələrdə çox geniş tətbiq olunur. Bu nəzəriyyə daha çox nəqliyyat və telekommunikasiya sistemlərində tətbiq olunur. Bu nəzəriyyənin bilavasitə tətbiq olunduğu sahələr intellektual nəqliyyat sistemləri, sorğu mərkəzləri şəbəkələri, telekommunikasiya terminalları və trafik axınlarıdır. Hal-hazırda kütləvi xidmət nəzəriyyəsinin üsul və modelləri mürəkkəb texniki sistemlərdə sorğuların emalı proseslərinin analizi zamanı meydana çıxan riyazi məsələlərin həll olunmasına geniş tətbiq olunur.

Kütləvi xidmət modelləri əsasən iki yolla xarakterizə edilə bilər:

1. Praktiki problemlərin araşdırılması və bu zaman meydana çıxan təsadüfi proseslərin öyrənilməsində;

2. Kütləvi xidmət modelləri bircins əməliyyatlardan ibarət olan hər hansı təsadüfi faktorlar olan praktiki məsələlərə tətbiq olunmasında.

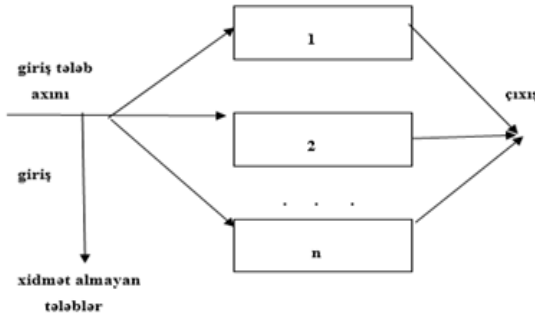
Qeyd etmək lazımdır ki, kütləvi xidmət sistemləri mahiyyətinə görə xidmət prosesi olan sistemlərin fəaliyyət proseslərini formalaşdırmaq üçün istifadə edilir. Xidmət prosesi kimi öz fiziki təbiətinə görə müxtəlif iqtisadi, istehsal, texniki və digər sistemlərin fəaliyyət proseslərini göstərmək olar. Bu zaman qeyd olunan obyektlər üçün xidmətə qəbul olunan tələblərin (sifarişlərin, sorğuların) təsadüfi olaraq daxil olması və onların xidmət alması, xidmətin başa çatması təsadüfi zaman anlarında olması ilə xarakterikdir (yəni onların emalı zamanlarının uzunluğu da təsadüfidir). Başqa sözlə onların fəaliyyət prosesi stoxastik xarakter daşıyır. Kütləvi xidmət sistemlərində tədqiq olunan modellərin xarakteristik xüsusiyyətlərini bilmək, bu modelləri digərlərindən fərqləndirən cəhətlərin hansılar olduğunu öyrənmək vacibdir.

Göstərilən sualların cavablarını müəyyən qədər də olsa nəzəriyyənin öz adından əldə etmək mümkündür. Burada bəzi obyektlərin xidmət proseslərinin təsviri zamanı istifadə olunan kifayət qədər abstrakt modellər riyazi analiz və araşdırmaya ehtiyac duyulduğunu göstərir.

Əgər araşdırılan məfhumlar abstrakt modellərdirsə, onda bu obyektlərin təbiətləri və fiziki xassələri əhəmiyyət kəsb etmir. Maraqlıdır ki, araşdırılan modellərin təkamülü müəyyən vaxtdan sonra daxil olan axından asılı olur. Buradan alınan ilkin nəticə ondan ibarətdir ki, kütləvi xidmət sistemlərinin vacib xüsusiyyətlərindən biri burada hər hansı **bircins obyektlər axınının** olmasıdır. Kütləvi xidmət sistemlərini tədqiq etməyə imkan verən bu nəzəriyyənin adından da

göründüyü kimi xidmət etmə prosesi ön plandadır. Təbii olaraq abstrakt modellərdə xidmət prosesinin fiziki tərəfinə xüsusi diqqət ayrılmır. Bundan başqa, prosesin təsvirində qaydaların və xidmət nizamının təsvirinə ehtiyac vardır. Deməli, sistemdə mövcud olan ikinci əsas xüsusiyyət **xidmət nizamının** olmasıdır.

Kütləvi xidmət modellərinin riyazi təsviri üçün onların əsas xüsusiyyətləri - bircins axın, baxılan sistemin strukturu, xidmət prosesinin nizamı və xarakteristikası göstərilməlidir. Bir fazlı kütləvi xidmət sisteminin strukturu şək. 3.1-də göstərilmişdir:



Şək. 3.1. Kütləvi xidmət sisteminin ümumi modeli

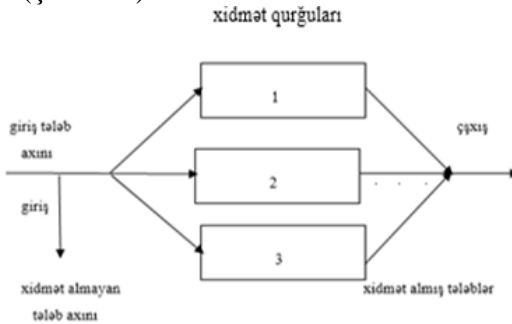
Tələb axını ya sonlu (qapalı sistemlər), ya da sonsuz (açıq sistemlər) ola bilər. Sonsuz tələblər (zənglər) nəzəri model olaraq real praktikada böyük sayda istehlakçılar kimi də anlaşıla bilər. Sonlu tələblərə misal olaraq proqramçı tərəfindən proqramlaşdırılmış müəyyən sayda kompüterləri göstərmək olar. Bunun üçün tələb (zəng, sorğu) anlayışı ümumi mənada götürülür. Tələb zəng, insanlar toplusu, müxtəlif tipli maşınlar, kompüter prosesləri, paketlər, telefon zəngləri və s. götürülə bilər. Daxil olanlar hissəsində sistmə daxil olan tələblərin yolu göstərilir. Əksərən daxil olan tələblər arasındakı zaman təsadüfi olur. Səciyyəvi olaraq daxil olanlar

intervalların təsadüfi paylanması ilə təsvir olunur və buna görə gələn nümunə adlanır.

Növbə və ya bufer xidmət olunmaq üçün gözlənilən müəyyən sayda tələbi saxlamaq üçün istifadə edilir (bufer olmaya da bilər). Server tərəfindən xidmət olunan tələbin növbədə olmaması hesab olunur.

B ilə buferdə olan tələblərin «ölçüsünü» işarə edək. Bu zaman üç hal mövcuddur:

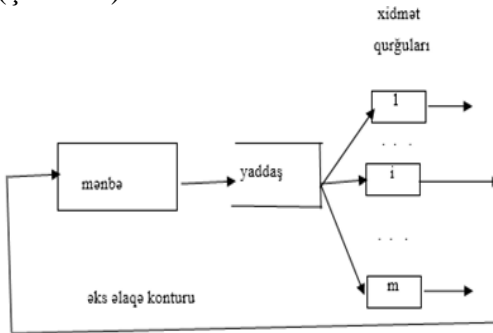
- $B = 0$ (Şək. 3.2).



Şək. 3.2. Növbəsiz kütləvi xidmət sistemi modeli

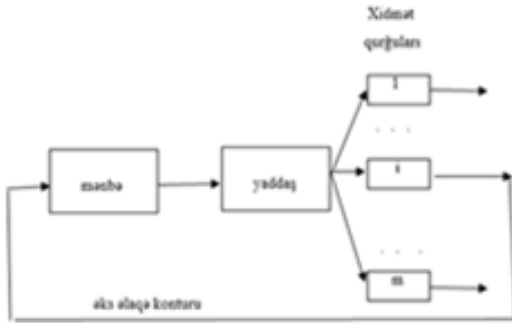
Bu halda daxil olan axından kanalların sayı qədər olanına xidmət olunacaq, digərləri isə itəcək.

- $B = \infty$ (Şək. 3.3).



Şək. 3.3. Buferin ölçüsünün sonsuz olduğu Q-sxem modeli

Bu halda heç bir tələb itmir.
 $0 < B < \infty$ (Şək.3.3).



Şək.3.4 Buferin ölçüsünün sonlu olduğu Q-sxem modeli

Daxil olan tələblərin bufer və kanalların birlikdə götürülmüş sayından çox olanı itəcək. Növbənin iki mühüm xassəsi var: maksimal uzunluğu və növbə nizamı. Növbənin maksimal ölçüsü (həmçinin sistemin həcmi adlanır) buferdə gözləyən tələblərin sayı və xidmət olunanların birlikdə cəmidir. Növbə həmişə sonludur, ancaq bəzi nəzəri modellər onu sonsuz ölçüdə qəbul edir. Əgər növbə sonlu olarsa, xidmət olunmayan tələblər olacaq. Növbə nizamı buferdə olan tələblərin hansı qayda ilə xidmət alacağına, buferə giriş və çıxış yollarını təyin edir. Məlum olan qaydalar bunlardır:

- **FIFO** (First In First Out) həmçinin **FGFS** (First Come First Serve) adlanır - birinci daxil olub, birinci xidmət olunmaq;

- **LIFO** (Last In First Out) həmçinin **LGFS** (Last Come First Serve) adlanır - sonuncu daxil olub, birinci xidmət olunmaq;

- **SIRO** (Serve In Random Order) - təsadüfi qaydada xidmət olunmaq;

- Priority queues – prioritetə görə növbə.

Parametrlərdən asılı olan keyfiyyət göstəriciləri (buferin orta uzunluğu, sistemdə keçirilən orta zaman müddəti) növbənin nizamından asılı deyil. Buna görə modellərin çoxu xüsusi növbə nizamı qəbul etmir, və ya adi *FIFO* nizamını seçir. Aydın ki, növbənin nizamından yalnız gözləmə müddətinin variasiyası (standart meyletmə) asılıdır. Bu mühüm qayda simulyasiya təcrübəsinin nəticələrini yoxlamaqdan ötrü lazım ola bilər. Buferdə orta gözləmə vaxtının variasiyasının minimum qiyməti *FIFO* nizamında, maksimum qiyməti isə *LIFO* nizamında alınır.

Klassik kütləvi xidmət sistemlərində yalnız bir növbə nəzərdə tutulur. Çoxlu buferləri olan modellərdə tələb tərəfindən adətən ən qısa uzunluqlu bufer seçilir. Əlbəttə, nəzərdə tutulur ki, tələb xidmət olunduqdan sonra sistemi tərk edəcək. Bir dəfədən çox xidmət olunmaq imkanı olan sistemlərə **kütləvi xidmət şəbəkələri** deyilir [10,11].

Ümumi olaraq, xidmət tələblərin gözlədiyi və vaxt tələb edən müəyyən işlər ardıcılığıdır. Bu şəxslər və ya maşın tərəfindən reallaşdırılan, ya da telefon zəngi üçün yaradılan əlaqə, yaxud da düşmən təyyarəsinin vurulması kimi prosesin həyata keçirilməsi ola bilər. Adətən xidmət zamanı təsadüfi olur. Nəzəri modellər xidmət zamanının təsadüfi paylanması əsasında qurulur və xidmət nümunəsi adlanır. Digər parametrlər isə serverlərin (kanalların, xətlərin) sayıdır.

Bir serveri olan sistemlərə bir kanallı sistem, birdən artıq serveri olan sistemlərə çox kanallı sistem deyilir. Çıxış tələblərin sistemi tərk etmə yolunu göstərir. Sistemin bu hissəsi nəzəri modellər tərəfindən diqqətə alınmasa da, sistemdən çıxan tələblər növbəyə yenidən qoşula bilər (buna vaxt bölgülü sistemlər də deyilir). Beləliklə, belə nəticəyə gələ bilərik ki, kütləvi xidmət nəzəriyyəsi daxil olma parametrləri kimi yuxarıdakı elementləri və sistemin keyfiyyət göstəricilərini təsvir edən parametrləri özündə cəmləşdirən müxtəlif Q-sxemlərin modellərinin toplusudur. Kompüter sis-

temləri də kütləvi xidmət sistemlərinə bir misaldır. Ümumiyyətlə, Q -sxemlər mürəkkəb daxilolma prosesləri, xidmət zamanının paylanması və növbə nizamı ilə xarakterizə olunurlar. Praktikada belə proseslərin analizi çətinliklər yaradır. Ancaq bunları sadə modellərin köməyi ilə həll etmək olar. Modellərin sadələşdirilməsi şəbəkələrdə paketlərin ötürülməsi prinsipinə əsaslanır ki, bu mexanizm üzrə İnternetin işləmə prinsipi qurulmuşdur. Paketlər routerdə (marşrutlayıcı) toplandıqdan sonra lazımı ünvanlara ötürülür. Ən vacib sistemlərdən biri bir serverli xidmət sistemləridir. Burada əsas məqsədlərdən biri keyfiyyət göstəricilərinə təsirlərin araşdırılmasıdır. Bu paketlərin tələblər olduğunu nəzərə alsaq, routerlərin və kompüterlərin müxtəlif şəbəkə elementləri vasitəsilə əlaqələndirildiyini və hər bir paketə şəbəkə elementləri ilə xidmət olunduğunu təsəvvür etsək, xidmət olunmaq üçün gələn tələblərin növbə yaratdığı meydana çıxır. Q - sxemlərin şəbəkələri iki qrupla - açıq kütləvi xidmət şəbəkələri və qapalı kütləvi xidmət şəbəkələri kimi təsnif olunur. Əgər potensial tələblərin sayı sonlu olarsa, bu tip şəbəkələr qapalı kütləvi xidmət şəbəkələri adlanır. Bu şəbəkələrdə şəbəkə daxilində eyni tələblər qalır. Şəbəkəyə heç bir yeni tələb qoşulmur və ya şəbəkəni tərk etmir. Bir sistemdə işini tamamlayan tələb digərinə keçir və şəbəkə daxilində qalır. Əgər tələblərin sayı sonsuz olarsa, bu tip şəbəkələr açıq kütləvi xidmət şəbəkələri adlanır. Bu şəbəkələrə yeni tələblər daxil olur və şəbəkəni tərk edə bilər. Əgər şəbəkə daxilində sonlu və sonsuz mənbələr olarsa, onda bu tip şəbəkələr qarışıq şəbəkələr adlanır. Sistemlərin əksəriyyəti elə şəkildə modelləşdirilmişdir ki, daxil olan tələb qonşu sistemlərə keçə bilsin. Hər bir sistemdə xidmət tələbi bir-birindən fərqlidir. Kütləvi xidmət şəbəkəsi tərkibindəki hər bir Q - sxemi qovşaq (düyün) adlanır. Bu şəbəkələrə misal olaraq telekommunikasiya sistemlərini, kompüter sistemlərini, paket şəbəkələrini, *FMS* (Flexible Manufacturing Systems) misal göstərmək olar. Şəbəkələrdə qovşaqlarda olan növbənin

uzunluğu oradakı tələblərin sayı və xidmət olunmuş tələblərlə birlikdə təyin olunur.

Kütləvi xidmət sistemlərinin təsnifatı üçün Kendal işarələmələr sisteminin bir neçə forması vardır. Onlardan ən çox istifadə olunanı özündə 5 simvol cəmləşdirir. Bu xidmət sistemlərinin təsnifatı üçün qəbul olunmuş standart işarələmələrdir ki, ilk dəfə Kendal tərəfindən yaradılmış və G.P. Başarin tərəfindən təkmilləşdirilmişdir. $A/B/C/D/E$, burada. A - daxil olan tələblər arasındakı zaman paylanması. B - xidmət zamanının paylanması. C - serverlərin sayı. D - sistemdə olan tələblərin maksimum sayı. E - tələblərin ölçüsü. Əgər $D=0$ olarsa, bufersiz sistem alınır, yəni tam itki olan sistem. Əgər $D=\infty$ olarsa, sonsuz ölçülü buferli xidmət sistemi alınır. Əgər D sonlu olarsa, sonlu ölçülü buferli xidmət sistemi alınır. A - gələn nümunə və B - xidmət nümunəsi aşağıdakı paylanma tiplərindən birini ala bilər. M - eksponensial paylanma (Markovian). D - determinik paylanma. E_k - Erlanq paylanması. G - ümumi paylanma (istənilən paylanma). GI - asılı olmayan təsadüfi kəmiyyətlərlə olan istənilən paylanma. Əgər G hərfi A -nın yerində istifadə olunarsa, onda bəzən GI şəklində yazılır. Adətən G ya I , yaxud da dəyişən kimi götürülə bilər. D isə E kimi ya sonsuz olur, ya da dəyişən kimi götürülə bilər. Əgər D və ya E modelləşdirmə məqsədləri üçün sonsuz götürülərsə, onda onlar işarələmələrdən atıla bilər. Əgər $B=M$ olarsa, bu xidmət zamanının eksponensial paylanma ilə paylandığını göstərir.

Məlumdur ki, trafik mühəndisliyi – trafik mühəndisliyi nəzəriyyəsinin telekommunikasiyaya tətbiqi əsasında qurulmuşdur. Teletrafik mühəndisləri Q -sxemləri özündə saxlayan statistika haqqında, trafiklərin təbiətləri, onların praktiki modelləri, ölçüləri və simulyasiya haqqında olan əsas biliklərini telefon şəbəkəsi və İnternet kimi telekommunikasiya şəbəkələrinin yaradılmasında və planlaşdırıl-

masında istifadə edir. Bu alətlər və biliklər lazımlı xidmətin daha ucuz başa gəlməsinə səbəb olur. Bu sahə A.K.Erlanq tərəfindən yaradılmışdır.

Kütləvi xidmət sisteminin xərcləri istehlakçıların sayından asılı olan xərclərə və sistemdəki trafikəin kəmiyyətindən asılı olan xərclərə bölünə bilər. Onda telekommunikasiya sistemini planlaşdırən zaman istehlakçının tələblərini ödəyəcək qədər zəruri təchizatla kifayətlənib onun qurulması xərclərini minimuma endirmək lazımdır. Belə ki, təchizatdan mümkün qədər effektiv istifadə olunmalıdır. Teletrafik mühəndisliyində əsas məsələlərdən biri şəbəkənin strukturunun optimallaşdırılması və trafikəin kəmiyyətindən asılı olaraq təchizatın həcmənin azaldılmasıdır.

Teletrafik nəzəriyyədə işlənən trafik sözü trafik intensivliyi, yəni vahid zamanda mövcud olan trafikəi göstərir. Bu termin italyan sözü olub, mənası biznes deməkdir. Resurslar külliyyatında ani trafik intensivliyi verilmiş zaman anında məşğul olan resurların sayına bərabərdir. Resurslar külliyyatı serverlər qrupu, uzun cərgələr və s. ola bilər. Trafik intensivliyinin statistik anları T zaman periodu vasitəsilə hesablanə bilər. Orta trafik intensivliyi belə tapılır:

$$Y(T) = \frac{1}{T} \int_0^T n(t) dt$$

burada $n(t)$ - t anında tutulmuş təchizatın sayını göstərir. Əldə olunan trafik T zaman intervalında bir qrup server tərəfindən əldə olunan trafikdir. Tətbiq sahələrində trafik intensivliyi dedikdə adətən orta trafik intensivliyi nəzərdə tutulur. Trafik intensivliyi üçün adətən istifadə olunan vahid Erlanq ilə işarə olunur (Erl). Bu vahid 1946-cı ildə trafik nəzəriyyənin banisi olan A.K. Erlanqın şəərəfinə verilmişdir. Bu kəmiyyət ölçüsüdür. T zaman periodunda əldə olunmuş bütün trafikə trafik həcmi deyilir və Erlanq-saatlarla ölçülür (Eh). Bu zaman periodunda gözləmə vaxtlarının cəminə bərabərdir. İSO standartlarına görə standartlaşdırılmış vahid

Erlanq-saniyələr olsa da, Erlanq-saatlar daha təbii ölçüyə sahibdir.

Əldə olunmuş trafik heç vaxt kanalların sayını aşma bilməz. Hər bir kanal ən çox bir Erlanq tuta bilər. Gələcək tələblər adətən əldə olunmuş trafikə mütənəssib olur.

Nəzəri modellərdə təklif olunan trafik anlayışından istifadə olunur. Bu halda heç bir tələbin (zəngin) itmədiyini trafik nəzərdə tutulur, yəni serverlərin sayı məhdud deyil. Təklif olunan trafik nəzəri qiymətdir və ölçülür. Nəzəri olaraq iki parametrlə işləyirlər:

1. Tələb intensivliyi λ -vahid zamanda sistemə daxil olan tələblərin orta sayıdır.

2. Orta xidmət müddəti S .

Təklif olunan trafik $A = \lambda s$ kimi hesablanır. Bu bərabərlikdən də görüldüyü kimi trafik vahidinin ölçüsü yoxdur. Burada da serverlərin sayının qeyri-məhdud olduğu nəzərdə saxlanmalıdır. Əgər bu tərifi məhdud həcmli sistemlərə tətbiq etsək, bu zaman sistemin həcmi də nəzərə alınmalıdır. Sonuncu tərifi uzun illər istifadə olunsa da, müvafiq deyil, çünki təklif olunan trafik sistemdən asılı olmalı deyil. Təklif olunmuş trafiklə əldə olunmuş trafik arasındakı fərqə itmiş trafik deyilir. Bu parametrlərin qiyməti sistemin həcmi böyütməklə azala bilər. Təklif olunan trafik nəzəri formullarda istifadə olunan nəzəri parametrdir. Belə ki, real sistemlərdə ölçülən parametr yalnız sistemin vəziyyətindən asılı olan əldə olunan trafikdir.

İnformasiya ötürücü sistemlərdə xidmət vaxtı haqqında yox, ötürülən tələblər haqqında bəhs olunur. Məsələn tələb məlumat paketli s vahiddən (məs. bitlər və ya baytlar) ibarət ola bilər. Sistemin həcmi φ , və siqnalın ötürmə sürəti saniyədəki vahidlərlə ifadə olunur (məs: bit/san). Onda belə tələb üçün xidmət vaxtı və ya ötürmə zamanı $\frac{S}{\varphi}$ zaman

vahidləri ilə (məs. saniyələrlə) ifadə olunur, yəni φ - dən asılıdır. Əgər vahid zamanda λ sayda tələblərə xidmət

olunubsa, onda sistemin utilizasiya əmsalı $\chi = \lambda \frac{s}{\varphi}$ olacaq.

Utilizasiya əmsalı həmişə $0 \leq \chi \leq 1$ intervalı daxilində olacaq. Əgər bir kanaldan çoxunu tutan tələblər olsa və i tipli tələblər (zənglər) d_i sayda kanalı tutarsa, onda təklif olunan trafik məşğul kanalların sayından asılı olaraq belə ifadə olunur:

$$A = \sum_{i=0}^N \lambda_i s_i d_i$$

burada N - trafik tiplərinin sayı, λ_i və s_i uyğun olaraq i tipli tələbin (zəngin) daxilolma intensivliyini və orta gözləmə zamanını ifadə edir. Əldə olunmuş trafiki kanalların sayı ilə ifadə etmək daha məqsəduyğundur. Tələblərdə və planlaşdırılan modellərdə potensial trafik terminindən istifadə olunur. Bu anlayış telekommunikasiyada heç bir məhdudiyətin olmaması zamanı təklif olunan trafikə bərabərdir.

3.2. Erlanq modeli

İndi isə tam imtinalı və gözləməsi olan Erlanq modelindən əvvəl bəzi anlayışlar üzərində dayanaq. Qeyd edək ki, tələblərin sistemə daxil olduğu proseslər riyazi olaraq stoxastik nöqtəvi proseslər şəklində ifadə olunur. Onların başlıca xassələri stasionarlıq, requlyarlıq və asılı olmazlılıqdır.

Praktiki cəhətdən əhəmiyyətli olan növbəti prosesə baxaq. Puasson prosesi stoxastik proses olub verilmiş zaman intervalında baş verən hadisələrin sayını bildirir. Hər bir qonşu hadisə arasındakı zaman λ parametri ilə eksponensial paylanmışdır və hər birinin digərlərindən asılı olmaması nəzərdə tutulur. Bu proses böyük fransız riyaziyyatçısı Si-méon-Denis Puassonun şərəfinə adlandırılmış və radioaktiv parçalanmanın, telefon zənglərinin və web serverdə sənəd

tələbi modellərinin araşdırılması və s. hallarda tətbiq olunur. Puasson prosesi ən vacib nöqtəvi proseslərdən biridir. Digər proseslərlə müqayisədə fundamental rol oynayır. Mərkəzi limit teoremi vasitəsilə stoxastik dəyişənlərin artırılması ilə normal paylanmanı aldığımız kimi stoxastik dəyişənlərin hasili ilə eksponensial paylanma alınır. Hətta digər tətbiqi nöqtəvi proseslər Puasson prosesinin ümumiləşməsi və ya modifikasiyasıdır. Bu proses təəccüblü dərəcədə real həyat proseslərini düzgün təsvir edir. Praktikadakı böyük əhəmiyyətinə görə Puasson prosesi ən kiçik detalına qədər öyrənilir. Puasson prosesinin istənilən modifikasiyası yenidən Puasson prosesi olacaq və hər bir Puasson olmayan proseslər üzərindəki əməliyyatların nəticələri Puasson prosesinə yığılır. Puasson prosesinin təyini üçün kafi olan xassələr vardır. Onların arasında iki ən vacibi bunlardır:

-say göstəricisi kimi verilmiş uzunluqlu zaman intervalında hadisələrin sayı Puasson paylanması ilə paylanmışdır. Bunun üçün proses Puasson prosesi adlanır;

-interval göstəricisi kimi iki qonşu hadisə arasındakı zaman X_i eksponensial paylanmışdır $X_i = T_i - T_{i-1}$ $i = 1, 2, \dots$. Puasson prosesini dinamik və fiziki yolla araşdırmaq olar.

Fiziki model aşağıdakı kimidir. Tələblər ədəd oxunda təsadüfi qaydada elə yerləşdirilmişdir ki, bir-birilərindən asılı deyillər. Onda tələbləri ədəd oxunda bir-birindən asılı olmadan və müntəzəm yerləşdiririk. Orta sıxlığı λ - vahid zamanda tələblərin sayı götürürük. Əgər ədəd oxunu zaman oxu təsəvvür etsək, onda orta qiymət olaraq vahid zamanda λ tələb olacaq. Hadisənin baş verməsi ehtimalı onun zaman oxundakı yerindən asılı deyil. Bu iki fərziyə bir-birinə ekvivalentdir. Əgər daxil olan tələblər Puasson qanununa tabedirsə, onda onlar arasındakı zaman eksponensial paylanmışdır.

Fərz edək ki, hadisələr vaxt intervalında müntəzəm olaraq paylanmışdır. Qeyd edək ki, ümumi sayı $N(t)$ olan hadisələr

$(0, t]$ intervalında Puasson paylanması ilə paylanmışdır. Belə hər bir hadisə $t-(a, b]$ - də müntəzəm paylanmışdır. Bircins Puasson prosesi λ intensivlik parametri ilə xarakterizə olunur. Belə ki, $(t, t + \tau]$ intervalında Puasson paylanmasına malik hadisələr $\lambda \tau$ parametri ilə ifadə olunur. Bu münasibət aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$P[(N(t + \tau) - N(t)) = k] = \frac{e^{-\lambda \tau} (\lambda \tau)^k}{k!} \quad k = 0, 1, \dots,$$

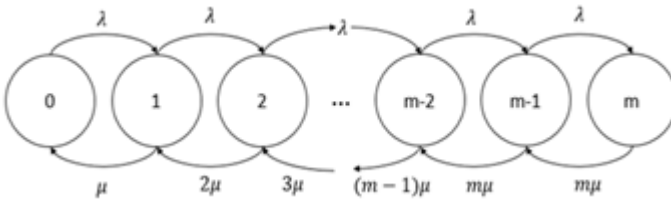
burada $N(t + \tau) - N(t) = k$ $(t, t + \tau]$ intervalında olan hadisələrin sayını göstərir. Aydındır ki, Puasson təsadüfi kəmiyyəti λ skalyar kəmiyyəti ilə xarakterizə olunur. Bircins Puasson prosesi vahid zamanda baş verən hadisələri və ya zəngləri xarakterizə edən λ intensivlik parametri ilə ifadə olunur. $N(t)$ - bircins Puasson prosesidir. Ümumiyyətlə, tezlik parametri zamandan asılı olaraq dəyişə bilər. Belə proses qeyri--bircins Puasson prosesi adlanır. Bu halda ümumiləşmiş tezlik funksiyası $\lambda(t)$ şəklində verilir və a və b anları arasındakı hadisələrin orta sayına bərabərdir:

$$\lambda_{a,b} = \int_a^b \lambda(t) dt$$

Beləliklə, $(a, b]$ intervalında tələblərin sayı $N(b) - N(a)$ şəklində verilir. Burada $\lambda(t) = \lambda$ sabit tezlik olarsa, bircins Puasson prosesi alınır. Puasson prosesi əsasında modelləşdirilən sistemlər real həyat hadisələrini kifayət qədər dəqiqliklə analitik təbiiqlərlə ifadə edə bilər. Puasson prosesi və eksponensial paylanma ilə paylanmış modellər adətən iki tələblə qarşılaşırlar. Puasson prosesi modellərində hadisələr (zəngin gəlişi, web serverin aktivləşməsi üçün olan tələb və s.) yaddaşsızlıq xassəsinə təbədir. Belə ki, baş verən hadisənin zaman intervalının uzunluğu gələcək hadisənin və baş vermiş hadisənin zamanından asılı deyil. Puasson ehtimalı ilə

paylanmada müşahidəçi verilmiş vaxt uzunluqlu hadisələri qeyd edir. Eksponensial paylanmada bu hadisələr arasındakı vaxt qeyd olunur. Hər ikisində fiziki proses yaddaşsızlıq xassəsinə malikdir.

Tutaq ki, çox kanallı (m) KXS-nə λ intensivliyinə malik puasson (sadə) tələb axını daxil olur. Hər bir kanalda xidmət axını da μ intensivliyinə malik sadə axındır. Bundan əlavə aşağıdakı şərtin ödənilməsi tələb olunur: əgər tələb sistemdə olan bütün m kanalı məşğul görürsə, imtina alaraq xidmət almadan sistemi tərk edir, yəni belə KXS-də növbə yoxdur. Əgər tələb sistemə daxil olduqda heç olmasa, bir boş kanal görürsə, onda o istənilən boş kanal tərəfindən xidmətə götrülür. Belə KXS-nə klassik misal olaraq istənilən yaşayış məntəqələrində olan avtomatlaşdırılmış telefon staniyasını göstərmək olar. Tarixilik baxımından bu tip KXS modelləri ilə 1910-cu ildən başlayaraq ümumi kütləvi xidmət nəzəriyyəsi yaranmağa başlanmışdır. M.Kendal işarələmələri çərçivəsində belə kütləvi xidmət sistemi $M/M/m/0$ kimi göstərilə bilər. Burada sonuncu simvol susmaya görə sonsuzluğa bərabər olan növbə uzunluğunun limit qiymətidir. Bəzən bu kəmiyyəti yaddaşın həcmi də adlandırırlar. Qeyd edək ki, M.Kendal işarələməsində dördüncü və sonrakı simvollar vacib deyildir. Belə sistemin vəziyyətlər qrafı aşağıdakı kimidir.



Şək.3.5. KXS-nin vəziyyətlər qrafı

Vəziyyətlər qrafından görüldüyü kimi bu qraf $k \geq m$ vəziyyətini çıxarmaqla dəqiqliklə $M/M/m$ və ya çoxkanallı

sistemin vəziyyətlər qrafı ilə üst üstə düşür. Bunun nəticəsi kimi p_k cari ehtimallarının formullarını yazmaq olar:

$$p_k = \begin{cases} p_0 \rho^k \frac{1}{k!}, & k \leq m \\ 0, & k > m \end{cases}, \quad p_0 = \left[\sum_{k=0}^m \rho^k \frac{1}{k!} \right]^{-1} \quad (3.2.1)$$

Bu formullar kütləvi xidmət nəzəriyyəsinin əsasını qoymuş, uzun illər Kopenhagen telefon kompaniyası ilə əməkdaşlıq etmiş, 1909-cu ildə dünyada ilk dəfə kütləvi xidmət nəzəriyyəsi üzrə “Ehtimal nəzəriyyəsi və telefon danışqları” (The Theoru of Probabilities and Telephone Conversations) mövzusu üzrə elmi iş dərc etdirmiş Aqner Krarup Erlanq tərəfindən 1917-ci ildə ilk dəfə olaraq alınmış və onun şərəfinə A.Erlanqın itki formulu formulu adlanır. Adətən bu formulu A. Erlanqın B formulu adlandırırlar və $B(m, \rho)$, bəzən isə $E_{1,m}(\rho)$ kimi işarə edirlər. Aydındır ki, belə KXS-lərində sistemdəki tələb axınının gətirilmiş $\rho = \lambda / \mu$ intensivliyinin istənilən qiymətlərində qərarlaşmış rejim mövcuddur. Kütləvi xidmət sistemlərinin bu xüsusi halı telefoniya üçün o dərəcədə böyük əhəmiyyət kəsb edir ki, vaxtı ilə telefoniya üzrə bir sıra kitablarda və xüsusi sorğu kitablarında (3.2.1) Erlanq ədədi adlanan kəmiyyətlərin mükəmməl cədvəlləri hətta qrafikləri dərc edilmişdir. Xüsusi halda p_m ehtimalı bütün qurğular məşğul olduqda zaman payını yazır.

$$p_m = \frac{\rho^m / m!}{\sum_{k=0}^m \rho^k / k!}$$

Sistemdə qərarlaşmış rejimin ədədi karakteristikalarını təyin etmək məqsədilə bəzi anlayışları verək. Əgər tələb sistemə daxil olduğu anda bütün m kanallar məşğuldursa, tələbə imtina ehtimalı

$$p_{imt} = p_m = \frac{\rho^m}{m!} p_0 \quad (3.2.2)$$

Aydındır ki, p_{imt} sistemə daxil olan bütün tələblər arasında xidmət olunmayan tələblərin orta payıdır. Bu zaman növbəti tələbin xidmətə götrüləcəyi ehtimalı $q = 1 - p_{imt}$ kimidir. Sistemə daxil olan bütün tələblər arasında xidmət alan tələblərin orta payını göstərən sonuncu kəmiyyət sistemin nisbi buraxılış qabiliyyəti adlanır. Bu halda mütləq buraxılış qabiliyyəti, b.s. vahid vaxt ərzində xidmət alan tələblərin orta sayı $A = \lambda q$ kimidir.

Beləliklə bu halda sistemdə tələblərə xidmət ehtimalı p_{xid} onun buraxılış qabiliyyəti q ilə üst-üstə düşür (ümumi halda belə deyil). Məşğul kanalların orta sayı və ya xidmətdə

olan tələblərin orta sayı $\bar{m} = \rho(1 - p_{imt})$ və ya

$$\bar{m} = \rho(1 - p_{imt}).$$

Çoxkanallı KXS-nin yüklənmə əmsalı

$$k_{ye} = \frac{\rho}{m} \left(1 - \frac{\rho^m}{m!} p_0\right)$$

boşdayanma əmsalı isə

$$k_{bde} = 1 - \frac{\rho}{m} (1 - p_{imt})$$

Məşğul kanallarının sayının dispersiyası

$$\sigma_m^2 = \bar{m} - \rho(m - \bar{m})p_{imt}$$

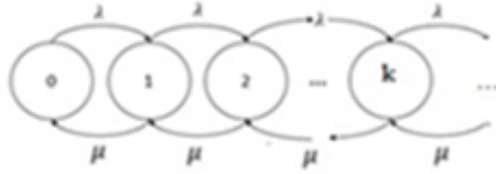
Aydındır ki, bu modeldə

$$t_{xid} = 1/\mu \quad \text{və} \quad \sigma_{xid}^2 = 1/\mu^2$$

3.3. Növbələri olan kütləvi xidmət sistemi modelləri

Növbələri olan KXS-nin keyfiyyət göstəriciləri mütləq və nisbi buraxılış qabiliyyəti, imtina ehtimalı, məşğul kanalların orta sayı (çoxkanallı sistemlər üçün) kimi göstəricilərdən əlavə sistemdə tələblərin sayı (L_s), tələblərin sistemə orta gəlmə vaxtı (τ_s), növbədə tələblərin orta sayı (növbə uzunluğu) (L_q), tələblərin növbəyə orta gəlmə vaxtı (τ_q), kanalın məşğul olma ehtimalı (p_{mes}) (kanalın məşğulluq dərəcəsi) kimi göstəriciləri də söyləmək olar.

- ▼ Praktikada adətən qeyri - məhdud növbəli bir kanallı KXS-ləri $M/M/1/\infty$ sonsuz gözləmə yerinə və sabit intensivliyə malik giriş axınlı sistemlərlə qarşılaşırıq. Buna misal olaraq bir qurğudan ibarət xidmət obyektlərini göstərmək olar məs. telefon - avtomat, bankomat və s. Belə bir məsələyə baxaq. Heç bir məhdudluğu olmayan (növbə uzunluğuna, növbədə gözləmə vaxtına) bir kanallı növbəsi olan KXS-i vardır. KXS-inə daxil olan tələb axını λ intensivliyinə, xidmət axını isə μ intensivliyinə malikdir. Vəziyyətlərin limit ehtimallarını və KXS-nin effektivlik göstəricilərini tapmaq zəruridir. Sistem KXS-də olan tələblərin sayı üzrə $0, 1, 2, \dots, k$ vəziyyətlərindən birində ola bilər: **0** - kanal boşdur; **1** - kanal məşğuldur (tələbə xidmət edir), növbə yoxdur; **2** - kanal məşğuldur, bir tələb növbədədir; ..., **k** - kanal məşğuldur, $(k-1)$ sayda tələb növbədədir və s. KXS-nin vəziyyətlər qrafı şəkl. 3.6 - da göstərilmişdir.



Şək.3.6 KXS-nin vəziyyətlər qrafı

Bu proses tələb axınının intensivliyi λ , xidmət axınının intensivliyi isə μ -yə bərabər sonsuz vəziyyətə malik doğum və ölüm prosesidir. Vəziyyətlərin limit ehtimallarını yazmaqdan qabaq onların varlığına əminlik lazımdır. Zaman $t \rightarrow \infty$ olduqda növbə qeyri- məhdud arta bilər. Əgər $\rho < 1$, b.s. gələn tələblərin orta sayı (vahid zamanda) xidmət alan tələblərin orta sayından kiçikdirsə, limit ehtimalları mövcuddur. Əgər $\rho \geq 1$ olarsa, növbə sonsuz arta bilər. Vəziyyətlərin limit ehtimalları [1]:

$$p_0 = 1 - \rho, p_1 = \rho(1 - \rho), p_2 = \rho^2(1 - \rho), \dots,$$

$$p_k = \rho^k(1 - \rho), \dots$$

Bu onu göstərir ki, əgər KXS ($\rho < 1$ olduqda) tələb axınının öhdəsindən gəliyərsə, böyük ehtimalla sistemdə tələb yoxdur. Sistemdəki tələblərin orta sayı:

$$L_S = \rho / (1 - \rho)$$

Növbədə tələblərin orta sayı:

$$L_q = \rho^2 / (1 - \rho)$$

Tələblərin növbəyə orta gəlmə vaxtı:

$$\tau_q = \frac{\rho^2}{\lambda(1 - \rho)}$$

Tələblərin sistemə orta gəlmə vaxtı:

$$\tau_s = \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)}$$

Misal, Portda gəmilərin boşaldılması üçün bir liman vardır. Gəmi axınının intensivliyi 0,4 (gündə gəmi). Bir gəminin orta boşaldılma vaxtı 2 gündür. Fərz edilir ki, növbə qeyri- məhdud uzunluğa malik ola bilər. Limanın işinin effektivlik göstəricisini və hətta 2 gəmidən artıq gəminin boşalma üçün gözləməsi ehtimalını tapmalı.

Məsələnin həlli üçün $\lambda = 0.4$, $1/\mu = 2$, $\rho = 0.8$ Belə ki, $\rho = 0.8 < 1$, onda boşalma üçün növbə sonsuz arta bilməz və limit ehtimalları:

-limanın boş olma ehtimalı $\rho = 0.8$,

$$p_0 = 1 - 0.8 = 0.2 ;$$

-məşğul olma ehtimalı $P_{ms} = 1 - 0.2 = 0.8$;

-limanda 1, 2, 3 gəminin olma ehtimalı (b.s. 0, 1, 2 gəmi boşalma gözləyir)

$$p_1 = 0.16, p_2 = 0.128, p_3 = 0$$

2 - dən çox gəminin boşalma gözləməsi ehtimalı

$$P = p_1 + p_2 + p_3 = 0.16 + 0.128 + 0.1024 = 0.3904$$

boşalma gözləyən gəmilərin orta sayı

$$L_q = 3.2$$

boşalmanı gözləməyin orta vaxtı

$$\tau_q = 0.16 \text{ (gün) .}$$

limanda olan gəmilərin orta sayı

$$L_s = 4$$

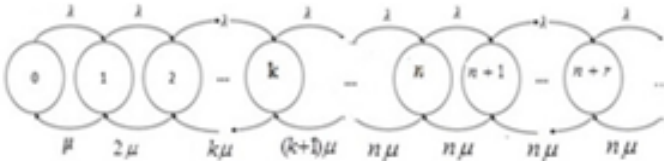
gəminin limana gəlməsinin orta vaxtı

$$\tau_s = 5 \text{ gün}$$

Aşkındır ki, gəmilərin boşalma effektivliyi yüksək deyildir. Onu yüksəltməkdən ötrü gəminin boşalmasının orta vaxtını t_{xid} azaltmaq və ya n limanın sayını artırmaq lazımdır.

Belə bir məsələyə baxaq. n -kanallı qeyri - məhdud növbəli KXS vardır. KXS-nə daxil olan tələb axını λ , xidmət axını isə μ intensivliyinə malikdir. KXS-in vəziyyətlərinin

limit ehtimallarını və effektivlik göstəricilərini tapmaq tələb edilir. Sistem $0, 1, 2, \dots, k, \dots, n, \dots$ KXS-də olan tələblərin sayı üzrə nömrələnmiş vəziyyətlərdən birində ola bilər: 0 - sistemdə tələb yoxdur (bütün kanallar boşdur); 1 - bir kanal məşğuldur, digər kanallar boşdur; 2 - iki kanal məşğuldur, digər kanallar boşdur; ... k , k - kanal məşğuldur, digər kanallar boşdur; ... n bütün n - kanal məşğuldur (növbə yoxdur); $n+1$ - bütün n kanal məşğuldur, növbədə bir tələb var; ... $n+1$ - bütün n kanal məşğuldur, növbədə r tələb var və s. Sistemin vəziyyət qrafı şəkil 3.7 - da göstərilmişdir. Əvvəlki KXS-dən fərqli olaraq xidmət axınının intensivliyi (sistemi bir vəziyyətdən digər vəziyyətə sağdan sola çevirən) sabit qalmır, KXS-də tələblərin sayının 0 -dan n - ə artması ilə μ -dan $n\mu$ -ə qədər artır, belə ki, uyğun olaraq xidmət kanallarının sayı da artır. KXS-də n - dən çox tələb olduqda xidmət axınının intensivliyi $n\mu$ -ya bərabər saxlanır. Göstərmək olar ki, $\rho / n < 1$ olduqda limit ehtimalları vardır. Əgər $\rho / n \geq 1$, isə növbə sonsuz artır.



Şək.3.7. Sistemin vəziyyətlər qrafı

Doğum və ölüm prosesi üçün sonsuz növbəli n - kanallı KXS-nin vəziyyətlərinin limit ehtimalları:

$$p_0 = \left(1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)}\right)^{-1}, \quad p_1 = \frac{\rho^1}{1!} p_0, \quad \dots,$$

$$p_k = \frac{\rho^k}{k!} p_0, \dots, p_n = \frac{\rho^n}{n!} p_0$$

$$p_{n+1} = \frac{\rho^{n+1}}{n!} p_0, \dots, p_{n+r} = \frac{\rho^{n+r}}{n^r n!} p_0, \dots$$

Tələbin növbəyə gəlmə ehtimalı $P_{nb} = \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)} P_0$

Sonsuz növbəli n kanallı KXS-i üçün əvvəlki üsuldən istifadə edərək, tapmaq olar:

- məşğul kanalların orta sayı $\bar{k} = \lambda / \mu = \rho$

- növbədə tələblərin orta sayı $L_q = \frac{\rho^{n+1} P_0}{n!n} (1 - \rho/n)^{-2}$

- sistemdə tələblərin orta sayı $L_s = L_q + \rho$

Tələblərin növbəyə və sistemə gəlməsinin orta vaxtı əvvəldə olduğu kimi Littl formulları vasitəsi ilə tapılır. Qeyri- məhdud növbəli KXS-ləri üçün $\rho < 1$ olduqda sistemə gələn istənilən tələbə xidmət olunacaq, b.s. imtina ehtimalı $P_{imt} = 0$, nisbi buraxılış qabiliyyəti $Q = 1$, mütləq buraxılış qabiliyyəti giriş axınının intensivliyinə bərabərdir, b.s. $A = \lambda$.

Belə bir məsələyə baxaq. Aeroportun kassasına alıcılar $\lambda = 81$ adam.saat intensivliyi ilə yaxınlaşır. Kassirin bir alıcıya orta xidmət müddəti $t_x = 2$ dəqiqədir.

Aşağıdakıları təyin etmək tələb olunur:

1. Növbənin sonsuz artmaması üçün kassirlərin minimal sayı n_{\min} və $n = n_{\min}$ olduqda xidmətin uyğun xarakteristikalarının tapılması.

2. Kassirlərin optimal sayı n_{opt} , belə ki, xidmət kanalının saxlanması xərci və alıcıların növbəyə gəlməsi ilə əlaqəli nisbi itkinin qiyməti, məsələn $C_{nisbi} = n / \lambda + 3\tau_q$ ilə verilmiş minimum olacaqdır. $n = n_{\min}$ və $n = n_{opt}$ olduqda xidmət xarakteristikalarını müqayisə etməli.

3. Növbədə üç alıcıdan çox alıcının olmaması ehtimalının tapılması tələb olunur.

Məsələnin həllində $\lambda = 81$
(1/saat) = $81 / 60 = 1.35$

(1/dəq) şərti üzrə. $\rho = \lambda / \mu = \lambda t_x = 2.7$ formulu üzrə.
Növbə $\rho / n < 1$ şərti ilə sonsuz artmayacaq, b.s. $n > \rho = 2.7$
olduqda. Beləliklə kassirlərin minimal sayı $n_{\min} = 3$.
 $n = 3$ olduqda KXS-in xarakteristikalarını tapmaq. Kassada
alıcının olmaması ehtimalı

$$p_0 = (1 + 2.7 + \frac{2.7^2}{2!} + \frac{2.7^3}{3!} + \frac{2.7^4}{3!(3-2.7)})^{-1} = 0.025$$

b.s. ortalama vaxtın 2,5%-ni kassirlər boş
dayanacaqdır. Kassada növbə olacağı ehtimalı

$$P_{nb} = \frac{2.7^4}{3!(3-2.7)} 0.025 = 0.735$$

növbədə olan alıcıların orta sayı

$$L_q = \frac{2.7^4}{3!3(1-2.7/3)^2} 0.025 = 7.35$$

növbədə orta gözləmə vaxtı

$$\tau_q = \frac{7.35}{1.35} = 5.44 \text{ (dəq).}$$

kassada alıcıların orta sayı

$$L_s = 7.35 + 2.7 = 10.05$$

kassada alıcılıarın orta olma vaxtı

$$\tau_s = \frac{10.05}{1.35} \approx 7.44 \text{ (dəq).}$$

alıcılara xidmətlə məşğul olan kassirlərin orta sayı

$$\bar{k} = 2.7$$

Xidmətlə məşğul olan kassirlərin əmsalları (payı)

$$\bar{k}_{nisbi} = \rho / n = 0.9$$

Kassanın mütləq buraxılış qabiliyyəti

$A = 1.35$ (1/dəq), və ya 81 (1/saat), b.s. 81 alıcı saat.

Xidmət xarakteristikalarının təhlili üç kassir olduqda kassaların əhəmiyyətli dərəcədə yükləndiyini göstərir.

2. $n = 3$ olduqda itkinin nisbi qiyməti

$$C_{nisbi} = n / \lambda + 3\tau_q = 5.44$$

n - in digər qiymətlərində itkinin nisbi qiymətlərini hesablayaq (Cədvəl. 1.1). Cədvəl 1.1-dən görünür ki, minimal itki nəzarətçi kassirlər $n = n_{opt} = 5$ olduqda alınır. Bu halda qovşağın xidmət xarakteristikaları:

$$P_{nb} = 0.091, \quad L_{nb} = 0.198, \quad \tau_q = 0.146, \\ \tau_s = 2.15, \quad \bar{k} = 2.7, \quad k_3 = 0.54$$

Buradan görünür ki, $n=5$ olduqda $n=3$ ilə müqayisədə növbənin meydana çıxma ehtimalı P_{nb} , növbə uzunluğu L_q və növbəyə orta gəlmə vaxtı L_q , və uyğun olaraq alıcıların orta sayı L_s və kassada orta olma vaxtı τ_s , və hətta xidmətlə məşğul kassirlərin payı k_3 əhəmiyyətli dərəcədə azalır.

Cədvəl. 1.1

Xidmətin xarakteristikası	Nəzarətçi kassirlərin sayı				
	3	4	5	6	7
Nəzarətçi kassirlərin boşdayanma ehtimalı p_0	0.025	0.057	0.065	0.067	0.067
Alıcıların növbədə orta sayı L_q	5.44	0.60	0.15	0.03	0.01
Nisbi itki kəmiyyəti C_n	18.54	4.77	4.14	4.53	5.22

Lakin $n = 5$ olduqda xidmətlə məşğul kassirlərin orta sayı \bar{k} və kassaların mütləq buraxılış qabiliyyəti A təbiidir ki, dəyişmir.

3. Növbədə alıcıların sayının 3-dən çox olmaması ehtimalı belə təyin edilir.

$$P = \{r \leq 3\} = p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_{5+1} + p_{5+2} + p_{5+3} =$$

$$= 1 - P_{nb} + p_{5+1} + p_{5+2} + p_{5+3}$$

hər bir toplananı tapırıq, $n = 5$ olduqda alırıq

$$P = \{r \leq 3\} = 1 - \frac{2.7^6}{5!(5-2.3)} \cdot 0.065 + \frac{2.7^6}{5!5} \cdot 0.065 + \frac{2.7^7}{5!5^2} \cdot 0.065 + \frac{2.7^8}{5!5^3} \cdot 0.065 = 0.986$$

(nəzarətçi-kassirlər $n = 3$ olduqda həmin ehtimal əhəmiyyətli dərəcədə kiçik olur: $P = \{r \leq 3\} = 0.464$. Praktikada tez-tez "hövsələsiz" tələbləri olan KXS-ləri ilə qarşılaşırıq. Belə tələblər gözləmə vaxtı müəyyən qiyməti aşdıqda növbədən çıxırlar. Xüsusi halda, belə tələblər müxtəlif texnoloji sistemlərdə meydana çıxır və xidmətin başlamasında operativ idarəetmə sistemlərində ləngiməyə, məhsulun keyfiyyətinin itirilməsinə gətirib çıxara bilər. Belə ki, bu təcili tələblər müəyyən zaman müddətində xidmət almasa dəyərini (hətta mahiyyətini) itirir. Belə sistemlərin sadə riyazi modellərində fərz edilir ki, tələb növbədə müəyyən ν parametrinə malik üstlü qanun üzrə paylanmış təsadüfi zaman müddətində olur, b.s. şərti olaraq hesab etmək olar ki, növbədə xidmətə dayanan hər bir tələb sistemi ν intensivliyi ilə tərk edə bilər. Məhdud vaxtlı KXS-nin uyğun effektivlik göstəriciləri doğum və ölüm prosesləri üçün alınmış nəticələr əsasında alınır. Qeyd edək ki, praktikada tez-tez giriş axını KXS-in öz vəziyyətindən əhəmiyyətli dərəcədə asılı olan qapalı KXS-nə rast gəlinir [10,11]. Misal olaraq təmir bazasına istismar yerindən bir neçə maşının daxil olma situasiyasını göstərmək olar.

Aydınır ki, təmirdə nə qədər çox maşın olsa, bir o qədər onların istismarı az davam edəcək və yenidən təmirə dayanacaq maşınların intensivliyi az olacaq. Qapalı KXS-ləri üçün tələblər mənbəyinin sayının məhdud olması xarakterikdir. Belə ki, hər bir mənbə tələbin xidmət vaxtına "blokirə edilir" (b.s. o yeni

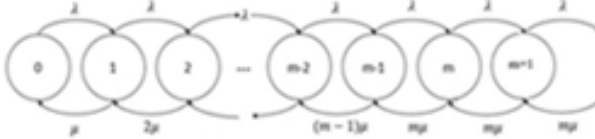
tələb vermir). Oxşar sistemlərdə KXS-in n sayda vəziyyətlərində limit ehtimalları tələb və xidmət axınının intensivliklərinin istənilən qiymətlərində mövcud olacaqdır. Onları doğum və ölüm proseslərinə müraciət etməklə hesablamaq olar.

İndi isə sonsuz gözləmə yerinə və sabit intensivliyə malik giriş axınlı $M/M/m/\infty$ kimi işarə edilən sistemə baxaq. Sistemdə maksimum m xidmət qurğusu vardır. Bu şərti doğum və ölüm prosesinin köməyi ilə aşağıdakı şəkildə formalizə etmək olar:

$$\lambda_k = \lambda, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

$$\mu_k = \min(k\mu, m\mu) = \begin{cases} k\mu, & 0 \leq k \leq m; \\ m\mu, & m \leq k. \end{cases}$$

Bu halda erqoduklik şərti $\lambda/\mu < 1$ kimidir. Baxılan prosesin intensivlik diaqramı aşağıdakı kimidir (şək.3.8).



Şək.3.8 KXS-nin vəziyyətlər qrafı

Burada p_k üçün həllə keçsək, bu həll iki hissəyə bölünəcəkdir. Belə ki, μ_k -nin da k -dan asılılığı iki hissədən ibarətdir. $k \leq m$ olduqda

$$p_k = \frac{\rho^k}{k!} p_0$$

Analoji olaraq $k \geq m$ olduqda

$$p_k = \frac{\rho^k}{m! m^{k-m}} p_0$$

Bu iki nəticəni birləşdirsək

$$p_k = \begin{cases} p_0 \frac{(m\rho)^k}{k!}, & k \leq m \\ p_0 \frac{(\rho)^k m^m}{m!}, & k \geq m \end{cases}$$

burada $\rho = \frac{\lambda}{m\mu} < 1$

p_0 üçün həll aşağıdakı kimidir.

$$p_0 = \left[\sum_{k=0}^{m-1} \frac{(m\rho)^k}{k!} + \left(\frac{(m\rho)^k}{m!} \right) \left(\frac{1}{1-\rho} \right) \right]^{-1}$$

Daxil olan tələblərin növbədə olma ehtimalı isə aşağıdakı kimidir

$$P_{gzl} = \sum_{k=m}^{\infty} p_0 \frac{(m\rho)^k}{m!} \frac{1}{m^{k-m}}$$

Bu formul telefoniyada geniş istifadə edilir. Bu isə m dəstdən ibarət tələbin sistemə daxil olarkən heç bir boş kanal tapa bilməməsi ehtimalını təyin edir və Erlanqın C formulu

adlanır, $C(m, \frac{\lambda}{\mu})$ kimi

işarə edilir. Erlanq (işarələməsi erl) - yüklənmə intensivliyinin ölçüsüz vahidi (öncə telefon yüklənməsi) və ya yüklənmə vahidi, yüklənmə kəmiyyətinin ifadəsi üçün istifadə edilir. Müəyyən zaman periodunda bir qurğunun məşğulluğunu dəstəkləmək üçün tələb edilir. 1 erlanq (1 erl) -1 saat müddətində bir səs kanalının kəsilməz istifadəsinə uyğundur. Başqa sözlə əgər abonent bir saat müddətində digər abonentlə danışarsa, onda telekommunikasiya təchizatında 1erl yüklənmə yaranmışdır. Telekommunikasiya trafikinin erlanqla qiymətləndirilməsi konkret zonada zəruri kanalların sayının hesablanmasına imkan verir. Erlanq rabitə operatorları tərəfindən trafikın tranzitində buraxılış qabiliyyətinin ucotu üçün istifadə edilir. Belə ki, telefon yüklənməsi - təsadüfi

kəmiyyətdir və vahid vaxt ərzində daxil olan tələblərin sayı və onlara xidmət vaxtı ilə müəyyən olunur. Yüklənmə intensivliyi vahid vaxt ərzində gələn tələblərin sayının riyazi gözləməsinin tələblərə orta xidmət vaxtına hasilidir və bu intensivlik Erlanqla ölçülür. Bu vahid telefon yüklənməsinin uçuotu üçün riyazi analiz təklif etmiş Erlanqın şərafinə adlandırılmışdır. 1909-cu ildə Erlanq bir kəndin yerli telefon stansiyasının işinin təhlilini aparmışdır və digər yaşayış məntəqələrinin abonentləri ilə birləşdirilməsinə cəhd etmişdir.

3.4. Enqset modeli

İndi isə xidmət qovşağı sistemdə dövr edən sonlu sayda (adətən sabit) tələblərə xidmət edən $M / M / 1 / N$, $N < \infty$ hala baxacağıq. Bu halda tələbə xidmət qurtardıqdan sonra o geriye - mənbəyə qaydır. Bu tip məsələlərə adətən maşın və mexanizmlərin istismarı zamanı (onlar sıradan çıxıb bilər, lakin təmirdən sonra bərpa edilir) tez-tez rast gəlinir.

Sistemi tərk edən tələb mənbəyə qaydır və müəyyən təsadüfi zaman aralığında bura gəlir, sonra isə yenidən sistemə daxil olur. Belə sistemlər qapalı KXS-ləri adlanır. Belə sistemlərə kütləvi xidmət şəbəkələrini də misal göstərmək olar. Burada şəbəkənin mənbəyinə şəbəkənin çıxışı ilə yüklənən sistem kimi baxılır. Ümumi halda tələb ardıcıl olaraq bir neçə sistemdən keçir və biz strukturu müxtəlif KXS-də dövr etmə qaydası üzrə müəyyən edilən şəbəkəyə malik oluruq (belə şəbəkə qapalı, açıq ola bilər).

Bəliqlə biz elə hala baxırıq ki, sistemə daxil olan Puasson tələb axını onun tələblərindən ibarət sonlu qrup kimi yaradılır. Sistem bir xidmət qurğusuna olan növbədən ibarətdir. Tutaq ki, sistemin strukturunda sistemdə dövr edən $N > 1$ tələb vardır. Lakin hər bir tələb real olaraq sistemdə (növbədə və ya xidmətdə), ya da sistemdən kənar ola bilər ki, bir müddətdən sonra ora qayıtsın. Bütün tələblər sistemə daxil olur və bir-

birindən asılı olmayaraq qurğuda xidmət olunur. Əgər sistemdə k sayda tələb varsa (növbə üstəgəl xidmət qurğusu), onda sistemə daxil olan tələblərin sayı (mənbədə) $N - k$ olacaqdır.

Tutaq ki, hər bir tələbin xidmət aldıqdan və mənbəyə təkrar gəlmədən sonra sistemə daxil olma zaman intervalı müəyyən təsadüfi kəmiyyətdir. Hesab edəcəyik ki, bu təsadüfi kəmiyyət

üstlü (eksponensial) qanunla paylanmışdır, orta qiyməti \bar{t}_{or} -

yə bərabərdir. Burada \bar{t}_{or} xidmət qurtardıqdan və əksinə sistemə qayıtmağa qədər tələbin mənbədə olmasının orta

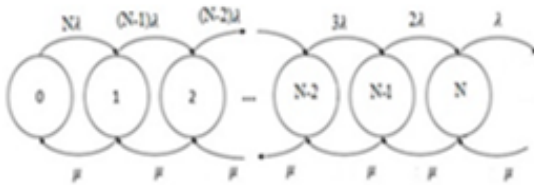
vaxtıdır. Bu halda $\lambda = 1/\bar{t}_{or}$ intensivliyinin fiziki mənası vahid

zamanda bir tələbin xidmətdən sonra sistemə geriye qayıtmasının orta sayıdır (qayıtma tezliyi). Sistemə daxil olan

tələblərin ümumi intensivliyi $\lambda(N - k)$ -ya bərabərdir, burada

k - sistemin vəziyyətinin nömrəsidir, b.s. real olaraq orada

(növbədə və xidmətdə) olan tələblərin sayıdır. Belə sistemin qrafı aşağıdakı kimidir (şək.3.9).



Şək.3.9 KXS-nin vəziyyətlər qrafı

M. Kendal işarələmələri çərçivəsində belə KXS $M/M/1//N$ kimi göstərilir. Burada sonuncu simvol sistemdə olan tələblərin tam (limit) sayını göstərir. Qeyd edək ki, ciddi mənada qapalı KXS-i öz-özünü tənzimləyəndir. Əgər bu sistem həddən artıq yüklənmişsə, nəticə olaraq xidmət

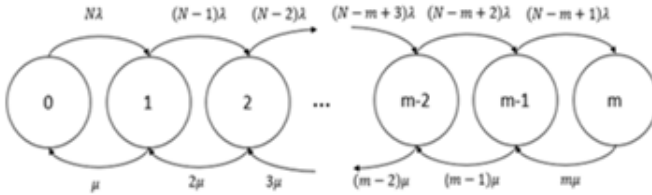
gözləyən tələblərin böyük növbəsi yaranmış olur. Onda sistemə daxil olan əlavə tələb axınının intensivliyi azalırki, bu da sistemin sonrakı yüklənməsinin qarşısını alır. Deməli KXS əks əlaqəli KXS-dir. Şək.3.6-da doğum və ölüm prosesi üçün göstərilmiş vəziyyətlər qrafı stasionar vəziyyət ehtimalları üçün hesabət düsturlarından istifadə etsək

$$p_1 = \frac{N!}{(N-1)!} \rho p_0, p_2 = \frac{N!}{(N-2)!} \rho^2 p_0, \dots, p_k = \frac{N!}{(N-k)!} \rho^k p_0$$

burada $p_0 = 1 / \sum_{k=0}^N \frac{N!}{(N-k)!} \rho^k$

Baxılan sistemin qərarlaşmış rejimdə ədədi xarakteristikalarını hesablanması məsələsi sadəlik naminə burada baxılmamışdır. Bu hesablama poseduru [11] - də verilmişdir.

Təqdim ediləcək kütləvi xidmət modeli məşhur Norveç riyaziyyatçısı Tori Enqset tərəfindən işlənmişdir. Bu modeli A.Erlanq modelinin qapalı versiyası da adlandırmaq olar. Onun uyğun vəziyyətlər qrafı aşağıdakı kimidir: Burada $N \geq m$ fərz edilir və bu halda sistemə daxil olan tələb orada m sayda tələb olduqda itir və tezliklə geriyyə, mənbəyə qaydır, b.s. qrup kimi daxil olamaya sanki tam xidmət olunur və nəticədə növbə olmur. M.Kendal simvolikasında bu KXS-in aşkar işarəsi $M/M/m/0/N$ kimidir. Aydın ki, bu model üçün $p_{gez} = 0$. Onun uyğun vəziyyətlər qrafı şək.3.10-dakı kimidir.



Şək.3.10 Sistemin vəziyyətlər qrafı

Bu halda A.N. Kolmoqorov tənliyinin həlli bu şəkildədir

$$p_k = C_N^k \rho^k p_0, \quad p_0 = 1 / \sum_{k=0}^m \frac{N^{[k]} \rho^k}{k!}$$

Bu isə Tori Enqset paylanmasıdır.

$$p_{imt} = \frac{N-m}{N-m} \frac{N^{[m]} \rho^m}{m!} p_0$$

Qərarlaşmış rejimin ədədi xarakteristikalarına baxaq.
Xidmət ehtimalı

$$p_{xid} = \frac{\bar{m}}{\rho(N-m)}$$

Nisbi buraxılış qabiliyyəti

$$q = 1 - p_{imt}$$

Mütləq buraxılış qabiliyyəti

$$A = \lambda [N - \bar{m} - (N - m) p_m] \quad (3.4.1)$$

Qeyd edək ki, itkili açıq kütləvi xidmət sistemi üçün
 $\lambda = \lambda_k = const$ olduqda

$$A = \lambda(1 - p_{imt})$$

Eyni vaxtda xidmətdə olan tələblərin orta sayı və ya məşğul kanalların orta sayı

$$\bar{m} = N - (N - m) p_m - \frac{\bar{m}}{\rho}$$

Bu nəticəni (3.4.1) formulundan da bilavasitə almaq olar.

$$\bar{m} = \rho [N - \bar{m} - (N - m) p_m]$$

$$\text{Buradan} \quad \bar{m} = \frac{\rho N}{1 + \rho} \left(1 - \frac{N - m}{N} p_m\right) \quad (3.4.2)$$

Xidmət və imtina ehtimalı isə

$$p_{xid} = \frac{\bar{m}}{m + \rho(\bar{N} - m)\rho_m}$$

$$p_{imt} = \frac{\rho(N - m)}{m + \rho(\bar{N} - m)\rho_m} p_m$$

düsturlarının vasitəsilə hesablanır.

$$m = N \quad \text{olduqda} \quad (3.4.2) \quad \text{münasibəti} \quad \bar{m} = \frac{\rho N}{1 + \rho}$$

münasibətinə keçir, (3.4.1) münasibəti isə

$$A = \frac{\lambda N}{1 + \rho} . m = N \quad \text{olduqda} \quad p_{imt} = 0 , p_{xid} = 1 . \text{ Bu münasibətlər}$$

əsasında yoxlamaq olar ki,

$$p_{imt} + p_{xid} = 1 .$$

Bir qayda olaraq Enqset modeli az sayda informasiya mənbəyi olduqda itkinin hesablanması üçün istifadə edilir və aşağıdakı fərziyyələr daxilində doğrudur:

- sistemin girişinə daxil olan tələblər sadə axın təşkil edir. Ona görə də sistemin müəyyən sayda kanalı məşğul olduğu anda axın parametri boş tələb mənbələrinin sayı ilə mütənasibdir;

- məşğulluq müddəti μ parametrli eksponensial paylanma qanununa tabedir, axının azad olma parametri $\mu_k = k\mu$;

- daxil olma anında xidmətə götrülməyən tələb sonrakı tələblərin daxil olma anına təsir etmədən itir;

- N çıxışlar dəstindən istəniləni boşdursa, onda istənilən daxil olan tələb üçün o yetərlidir;

- sistem stasionar rejimdə olur.

Enqset formulu vasitəsi ilə alınmış tələbərin itki ehtimalı uyğun olaraq Erlanq formulu vasitəsi ilə alınmış tələbərin itki ehtimalının qiymətindən kiçikdir.

Beləliklə Tori Enqset modeli çox da böyük olmayan tələb mənbəsi olan hallarda itki ehtimalını hesablamaq üçün istifadə edilir. Bu hallarda xidmət almış giriş axınının mənbənin istisna edilməsi hesabına intensivliyinin azaldılması çox əhəmiyyətlidir.

Mənbələrin sayı çox olduqda onların hər birindən olan giriş axınının intensivliyinin payı ümumi intensivliklə müqayisədə əhəmiyyətsizdir. Bu hallarda Erlanq və Enqset formulları üzrə hesabların nəticələri tamamilə yaxındır.

3.5. Kütləvi xidmət şəbəkələri. Cekson modelləri

İndiyə qədər biz Markov sistemlərinə - yəni birfazlı sistemlərə baxırdıq. Belə ki, hər bir tələb bir xidmət əməliyyatı keçirdi.

İndi isə Markov kütləvi xidmət şəbəkələrinə - tələblərin birdən çox qurğuda (qovşaqda) xidmət aldığı çoxfazlı xidmət sistemə baxaq. Beləliklə, qovşaqlar şəbəkəsinə baxacağıq ki, hər biri növbəni formalaşdıran yaddaşdan ibarət bir KXS-dir. Müəyyən qovşaqları bir neçə xidmət qurğusundan ibarət ola bilər. Tələblər sistemə müxtəlif nöqtələrdən daxil olur, xidmət növbəsində dayanır, bir qovşağı tərk edərək sonrakı xidmət üçün digər qovşaqlara daxil olurlar. İki qovşaqdan ibarət aşağıdakı ardıcıl sadə sistemə baxaq.

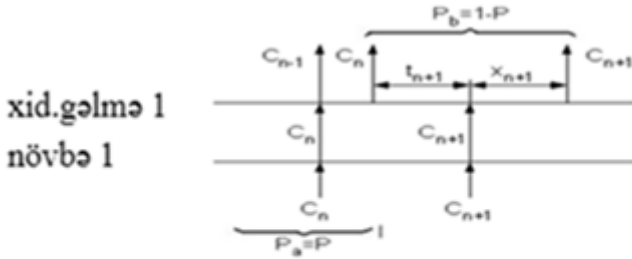


Şək.3.11 İki qovşaqlı KXS

Göründüyü kimi burada hər bir qovşaq növbəsi və xidmət qurğusu olan bir kütləvi xidmət sistemini əks etdirir. Tutaq ki, giriş axını λ intensivliyinə malik Puasson axınıdır.

Hər bir tələb əvvəlcə birinci qovşağa daxil olur və tutaq ki, bu qovşaq yeganə xidmət qurğusuna malikdir. Xidmət vaxtı isə μ intensivliyinə malikdir və üstlü paylanma qanununa tabedir. Burada əsas məsələ ikinci qovşağa daxil olan ardıcıl tələblər arasındakı zaman aralıqlarının paylanmasının hesablanmasıdır. Bu isə birinci qovşaqdan çıxan ardıcıl tələblər arasındakı zaman aralıqlarının paylanmasının hesablanmasına ekvivalentdir.

Hər biri M/ M/1 tipli KXS- ni təqdim edən iki qovşaqly ardıcıl sadə sistemdə bu şəbəkənin zaman diaqramının fraqmenti aşağıdakı kimidir.



Şək.3.12 Sadə tandemli şəbəkənin zaman diaqramının fraqmenti

Tutaq ki, $d(t)$ çıxışda ardıcıl tələblər arasındakı zaman parçalarının ehtimal paylanma sıxlığı, $D^*(s)$ isə $d(t)$ - nin Laplas çevirməsidir. Tələb birinci qovşağı tərk etdikdə iki hadisədən birinin baş verməsi mümkündür:

-Növbədə heç olmasa bir tələb vardır (birinci qovşaq boş deyil) $P_a = P$;

-Növbədə tələb yoxdur (birinci qovşaq boşdur) (b) $P_b = 1 - P$.

Birinci halda - növbəti tələbin birinci sistemi tərk etdiyi zaman parçası xidmət vaxtı kimi paylanmışdır:

İkinci halda - növbəti tələbin sistemi tərk etdiyi zaman parçası t_{n+1} - növbəti tələbin daxil olmasına qədər olan zamanla x_{n+1} - növbəti tələbə xidmət vaxtının cəminə bərabərdir. Belə ki, hər iki zaman parçası asılı olmadan paylanmışdır, onda onların cəminin ehtimal paylanma sıxlığı cəmlənən kəmiyyətlərin paylanma sıxlığının örtüyünə bərabərdir. Paylanma sıxlığının uyğun Laplas çevirməsi

$$D^*(s)I_b = A^*(s)B^*(s) - \text{dir.}$$

Belə ki, daxil olan tələblər arasında zaman intervalı üstlü paylanma funksiyasına malik təsadüfi kəmiyyətdir, onda $A^*(s) = (\lambda)/(s + \lambda)$.

Bundan əlavə, tələbin sistemi boş tərk etmə ehtimalının daxil olan tələbin sistemin boş olma ehtimalına və $1 - \rho$ -ə bərabər olduğunu nəzərə alsaq, onda çıxan tələblər arasındakı zaman parçalarının paylanma sıxlığını yazmaq olar.

Nəzərə alsaq ki, xidmət vaxtı - üstlü paylanmaya malik təsadüfi kəmiyyətdir, onda $B^*(s) = (\mu)/(\mu + s)$ yazmaq olar və nəticədə:

$D^*(s) = (\lambda)/(s + \lambda) = A^*(s)$ və uyğun olaraq çıxan tələblər arasındakı zaman parçalarının paylanması və həmçinin daxil olan tələblər arasındakı zaman parçalarının paylanması eyni parametərə malik üstlü qanunla paylanmışdır. 1956-cı ildə Börke tərəfindən alınmış bu nəticə M/M/m tipli KXS- i üçün də doğrudur. Yəni baxılan halda belə bir nəticə əldə edilmişdir ki, çıxan tələblər arasındakı zaman aralıqları daxil olan tələblər arasındakı zaman aralıqları kimi eyni parametərə malik üstlü qanunla paylanmışdır. Başqa sözlə (stasionar KXS-i halında) daxil olan puasson axını xidmət vaxtı üstlü paylanmaya malik xidmət qurğusundan keçərək puasson çıxış axını yaradır. Bu əsaslı nəticəni Börke teoremi (Burke) adlandırırlar. Digər müəlliflər də (məs. Saati T.L.) bu məsələni tədqiq etmişlər. Faktiki olaraq Börke teoremi daha çox şey deyir. Belə ki,

λ parametrli puasson giriş axınına, hər biri m qurğudan ibarət, xidmət vaxtı üstlü paylanmaya malik μ parametrli $M/M/m$ tipli stasionar KXS-dən çıxan axın həmin λ parametrli puasson axınıdır. Bөрke göstərmişdir ki, çıxış prosesi sistemdə digər proseslərdən asılı deyildir. İsbat olunmuşdur ki, daxil olma qaydası ilə xidmət edən $M/M/m$ sistemi, bu xassəyə malik yeganə sistemdir. Şək.3.8-ə qayıtsaq 2-ci qovşağa asılı olmayan puasson axını daxil olur və nəticədə bu qovşağ $M/M/m$ sistemini göstərir. Bu da ona birinci qovşaqdan asılı olmayan sistem kimi baxmağa imkan verir. Bөрke teoremi çöstərir ki, hər bir qurğusunun xidmət vaxtı üstlü paylanmaya malik çoxkanallı KXS-dən ibarət bir neçə qovşağı ardıcıl birləşdirmək olar.

Bu zaman da qeyd edilmiş xassə saxlanacaqdır. Bu məsələni istənilən xidmət şəbəkəsi üçün Cekson (Jackson) tədqiq etmişdir. O N qovşaqdan ibarət şəbəkəyə baxmışdır. Belə ki, hər bir i -ci qovşağ μ_i parametrli üstlü xidmət vaxtına malik m_i sayda xidmət qurğusundan ibarətdir. Hər bir i -ci qovşağa kənardan γ_i intensivlikli puasson axını daxil olur. Beləliklə $N=1$ olduqda adi $M/M/m$ sistemini alırıq. Tələb i -ci qovşağı tərək edərək r_{ij} ehtimalı ilə j -cu qovşağa daxil olur. Məsələnin formalizə edilməsində $r_{ij} \geq 0$ fərz edilir. Digər tərəfdən tələbin i -ci qovşağda xidmət aldıqdan sonra şəbəkəni tərək etməsi (heş zaman geri qayıtmaması) ehtimalı $1 - \sum_{j=1}^N r_{ij}$ - ə bərabərdir. Verilmiş qovşağda tələb axınının tam intensivliyini hesablamaq tələb olunur. Bunun üçün kənardan daxil olan axınları (puasson) və digər şəbəkələrdən daxil olan axınlarını (vacib deyil ki, puasson) cəmləmək lazımdır. Burada i -ci qovşağa daxil olan axının tam intensivliyini λ_i ilə işarə etsək, parametrlər çoxluğu

$$\lambda_i = \gamma_i + \sum_{j=1}^N \lambda_j r_{ji}, \quad i=1,2,\dots,N$$

Tənliklər sistemini ödəməlidir. Şəbəkənin bütün qovşaqlarının erqodik Markov zənciri ilə yazılması üçün (bütün i –lər üçün) $\lambda_i < m_i \mu_i$ tələbi ödənməlidir.

Cekson isbat etmişdir ki, şəbəkədə hər bir qovşaq (məsələn i -ci qovşaq) özünü λ_i parametrlı puasson giriş axınına malik asılı olmayan $M/M/m$ sistemi kimi aparır. Ümumi halda tam giriş axını puasson axını deyil. Baxılan N qovşaqlardan ibarət sistemin vəziyyəti $(k_1 k_2 \dots k_N)$ vektoru ilə yazılır. Burada k_i i –ci qovşaqlıqda tələblərin sayıdır (xidmət alan tələblər daxil olmaqla). $p(k_1 k_2 \dots k_N)$ ilə bu vəziyyətin stasionar ehtimalını işarə edək. Analoji olaraq $p_i(k_i)$ ilə tarazlıq halında i –ci qovşaqlıqda k_i tələbin olması ehtimalının marginal paylanması işarə edək. Cekson isbat etmişdir ki, bütün qovşaqlar üzrə paylanmalar marginal paylanmaların hasilinə ayrılır, b.s.

$$p(k_1 k_2 \dots k_N) = p_1(k_1) p_2(k_2) \dots p_N(k_N)$$

Burada $p_i(k_i)$ klassik $M/M/m$ sistemi üçün stasionar ehtimallardır. Bu son nəticəni adətən Cekson teoremi adlandırırlar.

Cekson (Jackson) teoremi. Börke teoremindən çıxır ki, istənilən üstlü paylanmaya malik atsiklik xidmət şəbəkəsi (belə şəbəkədə şəbəkə tələblərinin təkrar gəlişi istisna olunur) asılı olmayan puasson tələb mənbəyinə xidmət etməklə, hər bir qovşaq üçün asılı olmayan puasson axını generasiya edir. Ümumi şəkilli şəbəkə üçün (belə şəbəkədə cəftə mümkündür) Cekson teoremi təsdiq edir ki, hər bir qovşağın girişinə puasson axını daxil olursa, o özünü belə aparır. Əgər, xüsusi

halda i -ci qovşağda k_i tələbin olmasının stasionar ehtimalını $p(k_1 k_2 \dots k_n)$ ilə işarə etsək, Cekson teoreminə görə

$$p(k_1 k_2 \dots k_n) = \prod_{i=1}^N p_i(k_i)$$

ρ_i / m_i , olduqda: , burada: N - şəbəkədə qovşaqların sayı;

$M / M / m$ sistemində k_i tələbin olmasının stasionar ehtimalı

$$p_i(k_i) = \begin{cases} p_i(0) \rho_i^{k_i} / k_i!, & k_i < m_i \\ p_i(0) \rho_i^{k_i} / (m_i! m_i^{k_i - m_i}), & k_i = m_i + n \end{cases}$$

Açıq Cekson şəbəkəsi. Qovşaqlarının sayı N olan şəbəkəyə baxaq, i -ci qovşağda bir növbəsi və m_i qurğusu olan KXS-i vardır, xidmət vaxtı hər birində μ_i^{-1} orta qiymətinə malik üstlü paylanma qanunu üzrə paylanmışdır. i -ci qovşağa xaricdən γ_i intensivlikli asılı olmayan puasson mənbəyindən tələb axını (trafik) daxil olur. i -ci qovşağda xidmətdən sonra tələb bu ehtimalla j - cu qovşağa keçir $\theta_i = 1 - \sum_{j=1}^N r_{ij} \cdot \Lambda = \Lambda R$

i -ci qovşağda tam trafik intensivliyi:

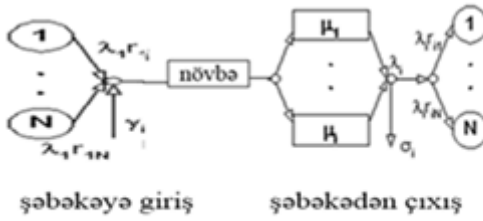
$$\lambda_i = \gamma_i + \sum_{j=1}^N \lambda_j r_{ji}$$

İşarələmədən istifadə edərək

$$R = \|r_{ij}\|, \Lambda = (\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_N) \text{ və } \Gamma = (\gamma_1 \gamma_2 \dots \gamma_N)$$

Vektor tənliyini yazmaq olar: $\Lambda = \Gamma + \Lambda R$.

Qovşağın struktur sxemi aşağıdakı kimi olar.



Şək.3.13 Qovşağın struktur sxemi

Burada r_{ij} - i -ci qovşaqda xidmətdən sonra tələbin j -cu qovşağa daxil olma ehtimalı; γ_i - xarici tələb axınının intensivliyi; λ_i - i -ci qovşaqda tələb axınının tam intensivliyidir.

1967-ci ildə Qordon və Nyuell (Gordon W.J. Newell G. F.) istənilən qapalı Markov şəbəkəsinin modelinin yazılışını dərc etdirdilər. Faktiki olaraq bu Ceksonun 1963-cü ildə baxdığı şəbəkənin xüsusi halının inkişafı idi. Bu modeldə k tələb vardır və xaricdən daxil olma və tərkətməyə icazə verilmir (b.s. $\sum_{j=1}^N r_{ij} = 1$ bütün i -lər üçün). Belə ki, $\gamma_i = 0$ vektor

tənliyi $\Lambda = \Lambda R$ doğrudur. Bu isə λ_i -ni yeganə şəkildə təyin etmir, λ_i komponentinin nisbi qiymətini təyin etməklə (b.s. sabit vuruqlara qədər dəqiqliyə imkan verir). 1971- ci ildə Mur (Moore F. R.) hər bir ehtiyatı şəbəkə qovşağında model-ləşdirilən çox ehtiyatlara malik hesablama sistemlərinin işinin modelləşdirməsi üçün qapalı Markov şəbəkəsindən istifadəni təklif etmişdir. Bu modeldə ardıcıl olaraq tələb xidmət almaq üçün hesablama sistemində bir ehtiyatdan digərinə keçir. Əgər bir neçə tapşırıq bir ehtiyatdan xidmət tələb edirsə, onda bu konflikt növbənin təşkli ilə həll edilir.

IV Fəsil. Kütləvi xidmət sistemlərinin simulyasiya modelləri

4.1. Məsələnin qoyuluşu

Qeyd etmək lazımdır ki, kütləvi xidmət sistemlərinin qurulması üçün istifadə edilən GPSS öyrənmək baxımından kifayət qədər sadə, istifadədə universal sistemdir. Sistemdən effektiv istifadədə müəyyən mərhələlər icra edilir. Bu mərhələlərə məsələnin qoyuluşu, əsas xüsusiyyətlərin aşkarlanması, prosesin simulyasiya modelinin qurulması, GPSS sistemində simulyasiya modelinin təqdimatı və sistemin modelləşdirməsi daxildir. Məsələnin qoyuluşu modelləşdirmə prosesinin məzmununun yazılış prosesidir. Ən müxtəlif sistem və proseslərin simulyasiya modelləşdirməsi sistemdə baş verən hadisələrin müəyyənləşdirilməsinə əsaslanır. Bu təyinatın asanlaşdırılması üçün əvvəlcə sistemin fəaliyyət prosesini qrafik təsvir etmək və orada xarakterik hadisəni ayırmaq lazımdır.

Modelləşdirilən sistemdə tələbin davranışı qeyri- asılı deyildir. Simulyasiya prosesinin özü real prosesdəki hadisələrin ardıcıl xronologiyasını əks etdirməlidir. GPSS modelləşdirmə sisteminin əsas elementləri real sistem və proseslərin standart komponentləridir: xidmət kanalları (qurğular), növbələr, yaddaşlar, çeviricilər, tələb və s. Oxşar komponentlərin kifayət qədər yığını və onların fəaliyyətinin proqram realizasiyası ən müxtəlif sistem və prosesləri modelləşdirməyə imkan verir. Sistemin elementlərindən istifadə sabit, dəyişən, funksiya, saxlanılan kəmiyyət şəkilli miqdarı parametrlər sistemin böyük çoxçalarlıqlarını tədqiq etməyə imkan verir.

Əsas xüsusiyyətlərin aşkarlanması mərhələsində aşağıdakılar müəyyənləşdirilir.

-sistemin fəaliyyət xarakteri (kəsilməz və ya diskret sistem);

-sistemə tələblərin giriş axını (müntəzəm, təsadüfi və ya qarışıq);

-eyni anda daxil olan tələblərin sayı (ordinar və ya qeyri-ordinar axın);

-axında qarışıq tələblərin qarşılıqlı hərəkətinin xarakteri (sonrakı təsirlidir ya yox);

-xidmət almaq üçün sistemə daxil olan tələblərin davranış xarakteri (imtinalı, məhdud və ya qeyri- məhdud gözləməyə malik);

-xidmətə tələblərin seçilmə qaydası (prioritetli, daxil olma qaydası üzrə, təsadüfi, sonuncuya birinci xidmət olunur). Bu halda xidmət qaydası haqqında danışılır;

-tələblərə xidmət vaxtı determinik və ya təsadüfidir;

-xidmət kanallarının sayı (bir kanallı və ya çox kanallı sistem);

-xidmət fazlarının sayı (bir fazlı və ya çox fazlı);

-xidmətə daxil olan tələblərin bircinsliyi (bircins və ya qeyri- bircins);

-çıxış və giriş axınının əlaqəsi (qapalı və ya açıq sistem).

Bu mərhələdə sistemin modelləşdirmə ardıcılığını təyin etmək, bu və ya digər verilənlərin təqdimat qaydasını seçmək lazımdır. Burada mürəkkəb modelləşdirilən prosesin bir sıra sadə seqmentlərə dekompozisiyası aparılır ki, onun yazılışı kifayət qədər sadə və nəzərə çarpan olsun. Bu zaman sistemdə olan quraşdırılmış prosedurdan maksimal istifadə etmək lazımdır. Bu isə əhəmiyyətli dərəcədə modelin qurulması və tədqiqi prosesini sadələşdirir.

Bütün bu deyilənləri nəzərə alaraq kütləvi xidmət sistemlərinin simulyasiya modelinin tədqiqi üçün aşağıdakı məsələlərə baxmaq olar.

1. Tutaq ki, bir sexin fəaliyyətini tədqiq etmək lazımdır. Bu sexə təmir üçün bu və ya digər məmumat 29 ± 3 zaman

intervalında müntəzəm paylanma qanunu üzrə daxil olur. Sistemə daxil olan məmulatın təmir müddəti [21–33] zaman intervalında müntəzəm paylanma qanununa tabedir. Sistemin fəaliyyət parametrlərinin təyini tələb edilir.

2. Dəzqaha 10 ± 6 dəq intervalında emal üçün detallar daxil olur. Detalın dəzqahda emal vaxtı 9 ± 2 dəq intervalında baş verir. Emal gözləyən detallar müvəqqəti rəflərdə saxlanılır. Sistemdə 1000 detalın emalı zamanı dəzqahın boş dayanma müddət faizinin və rəflərin zəruri həcmnin tapılması tələb olunur.

3. Bir kreslodan ibarət bərbərxanaya müştərilərin gəlməsi 18 ± 6 dəq. intervalında müntəzəm paylanmaya malikdir. Xidmət vaxtı isə 16 ± 4 dəq. intervalında müntəzəm paylanma qanununa malikdir. Müştərilərə bərbərxanada «birinci gəlib - birinci xidmət alır» qaydası üzrə xidmət olunur. Nəticədə bərbərxanada 8 saatlıq işdə növbə haqqında statistik göstəricilərin alınması tələb edilir. Model vaxtının vahidi 1 dəqiqədir.

4. Fabrikin anbarında işləyən şəxs dəzqahlara xidmət edən və xarab olmuş dəzqalara ehtiyat hissələrini qoyan mexaniklərə ehtiyat hissələri verir. Ehtiyat hissələri kifayət qədər bahadır. Bundan əlavə hər bir mexanikin öz yeşiyində bütün ehtiyat hissəsinin olması üçün onların assortimenti həddən artıq böyükdür. Sorgunun yerinə yetirilməsi üçün zəruri vaxt ehtiyat hissəsinin tipindən asılıdır. Anbarda işləyən şəxsin birinci kateqoriya sorğu üzrə mexaniklərə yalnız növbədə ikinci kateqoriya üzrə heç bir sorğu olmadıqda xidmət olunur. Bir kateqoriya daxilində «birinci gəlib - birinci xidmət alır» qaydası üzrə xidmət edilir. Anbarın işinin 8 saatlıq iş günü üzrə modelləşdirmə alqoritminin yazılması tələb olunur. İki kateqoriya üzrə «birinci gəlib – birinci xidmət alır» qaydası üzrə xidmət alır. Modeldə bir qurğuya xidmət almaq üçün daxil olmaq istəyən iki müxtəlif tələb vardır. Bu tələblər gəlmə və xidmət intervallarının paylanması ilə fərqlənirlər. Burada

çətinlik bir kateqoriyanın digər kateqoriyadan üstün olması ilə bağlıdır.

5. Müəyyən görünüşlü detalların hazırlanması uzun yığım prosesidir və qısa periodda peçdə yandırmaqla qurtarır. Peçin istismarı baha başa gəlir, bir neçə yığıcı bir peçdən istifadə edir. Peçdə eyni vaxtda yalnız bir detal yandırmaq olar. Yığıcı əvvəlki detalı peçdən çıxarmadan yeni yığmağa başlamaq olmaz.

4.2. Kütləvi xidmət sisteminin simulyasiya alqoritmləri

Kütləvi xidmət sisteminin zamana görə simulyasiya prosesinin alqoritmı addımlar üzrə taymerə sıfır başlanğıc qiyməti qoymaqla (model vaxtı sayğacı) və generasiya edici blokda tranzaktların generasiyası (doğuluşu) (tranzaktın standart ədədi atributuna qiymətlərin mənimsədilməsi bu blokun yazılışına uyğun olaraq avtomatik yerinə yetrilir) yerinə yetrilir. Hər bir addımda eyni minimal model vaxtına (modeli icraya buraxdıqda-başlanğıc anda sıfıra bərabər, və ya modelləşdirmə prosesində - cari model vaxtına bərabər minimal vaxt) malik tranzaktlar cari hadisələr siyahısında, minimal model vaxtından böyük vaxta malik tranzaktlar isə gələcək hadisələr siyahısında yerləşdirilir. Bütün siyahılarda tranzaktlar birincisi zamana görə artma üzrə, ikincisi zamana görə bərabər qiymətlərdə (cari hadisələr siyahılı tranzaktlar həmişə eyni zamana malikdir) tranzaktın prioritetinin azalması üzrə nizamlanır. Sonra isə cari hadisələr siyahısına baxış keçirilir, nəticədə isə minimal vaxta və maksimal prioritetə malik bir tranzakt seçilir. Bu tranzakt aktivləşir (cari tranzaktla) və modelləşdirmə alqoritmı “çalışır” ki, onu modelin növbəti blokuna yerləşdirsin. Əgər tranzakt növbəti bloka keçə bilsə, bu bloka uyğun proqram icra edilir. Əgər tranzaktın sonrakı

hərəkəti mümkün deyilsə, onun aktivliyi aşağıdakı səbəblərdən kəsilə bilər:

-xidmətdə ləngiməyə görə, onda tranzakt gələcək hadisələr siyahısına yenidən yazılır;

-qurğu və şərti keçiddə blokirəyə görə, onda tranzakt cari hadisələr siyahısında qalır, lakin blokirəyə görə blokirə şərti götürülənə qədər passiv vəziyyətə keçir;

-sinxronlaşdırma şərti ödənilmədikdə, onda tranzakt sinxronlaşdırma siyahısına yenidən yazılır və sinxronlaşdırma şərti ödənildikdə cari hadisələr siyahısına qaydır.

Bu o vaxta qədər davam edir ki, cari hadisələr siyahısından hər hansı bir tranzaktı aktivləşdirmək və onu model üzrə hərəkət etdirmək mümkündür. Əgər tranzaktların sonrakı hərəkəti ya blokirəyə görə, ya da cari hadisələr siyahısında tranzaktların olmamasına görə mümkün deyilsə, modelləşdirmə alqoritmi növbəti addıma keçir. Sonra isə modelləşdirmənin hər bir addımında gələcək hadisələr siyahısında cari hadisələr siyahısına minimal zaman gecikməsinə malik tranzaktlar köçürülür. Beləliklə gələcək indi olur. Sistemdə hadisələrin baş vermə anları, beləliklə hər bir addımda modelləşdirmə vaxtının genişlənməsi təsadüfi kəmiyyətdir. Zamana görə belə modelləşdirmə prinsipi hadisələr üzrə modelləşdirmə adlanır. Hadisəli modelləşdirmə prinsipindən fərqli olaraq zaman intervalı üzrə modelləşdirmə mövcuddur. Burada hər bir addımda zaman modelləşdirilən prosesin detallama dərəcəsiindən asılı seçilən bir minimal model vaxtı vahidi adlanan eyni sabit qədər dəyişir. Zaman intervalı üzrə modelləşdirmə prinsipinin üstünlüyü - realizasiya sadəliyi və modelləşdirmə alqoritminin işinin nəzərəçarpanlığı - yalnız tədris məsələlərində aşkar olunur. Burada modelləşdirilən sistem çox da böyük sayda olmayan xidmət qurğularını hesaba alır və belə sistemin vəziyyətinin dəyişməsi nisbətən tez-tez baş verir. Bu halda hadisəli modelləşdirmə alqoritmində növbəti hadisənin axtarılmasına sərf olunan itki

zamana görə zaman intervalı üzrə modelləşdirmə alqoritmində icra edilən addımların ixtisarı hesabına alınan əhəmiyyətli uduş verə bilər.

GPSS-də əksər modelləşdirmə sistemlərində olduğu kimi hadisəli modelləşdirmə prinsipi reallaşdırılır. Burada kompüter (və ya prosessor) vaxtının ixtisarı təmin edilir. Simulyasiya prosesinə modelləşdirilən sistemin işinin yalnız hadisələr baş verən zaman anları daxildir. Cari model vaxtının dəyişməsindən sonra aktiv tranzaktın seçilməsi proseduru və onun model blokları üzrə yerləşdirilməsi davam edir.

Beləliklə, mahiyyətə modelləşdirmə alqoritmi siyahıların məzmununa baxışdan, bu siyahılarda nizamlamalardan, tranzaktların bir siyahıdan digərinə köçürülməsindən, tranzaktların cari hadisələr siyahısından modelin blokları üzrə yerləşdirilməsindən ibarətdir.

Modelləşdirmə alqoritmi üçün vacib olan modelləşdirmə prosesinin dayandırılması əlamətinin və kriterisinin formalaşdırılmasıdır. Qəza dayanmasına gətirən situasiyalar birincisi “modeldə heç bir tranzakt yoxdur” və ya ikincisi “cari hadisələr siyahısı boşdur, digər tranzaktlar digər siyahılarda blokirə edilmişdir, b.s. model bloklar üzrə yerləşə bilmir ”və ya“ tranzaktların sayı modeldə mümkün qiyməti aşır” situasiyalardan biri baş verərsə, modelləşdirmə sistemi işi dayandırır.

Birinci və ikinci situasiyalar modeldə məntiqi səhvlər olduqda meydana çıxır. Üçüncü situasiya modeldə tranzaktların giriş axını və xidmət intensivliklərinin düzgün olmayan münasibəti zamanı tez-tez meydana çıxır. Ona görə də kompüterdə modelləşdirməyə qədər modelləşdirilən sistemin təchizatının yüklənməsini təxmini qiymətləndirmək rekomendasiya olunur və giriş axınının intensivliyinin xidmət intensivliyinə nisbətini 0.95-dən böyük olmamaqla seçmək lazımdır.

Modelin işinin normal tamamlaması-sıfır qiymətini və ya sıfırdan kiçik qiyməti qəbul edən idarəedici operatorun uyğun

sahəsində verilən tamamlama sayğacına verilən ədədi qiymət vasitəsi ilə baş verir. Modelləşdirmə prosesinin normal tamamlaması iki dayanma kriterisi-model vaxtına (tamamlama sayğacının qiymətinin sıfırlanması) və xidmət alacaq tranzaktların sayına görə (xidmət almış tranzaktların sayı start zamanı göstərilən tranzaktların sayına bərabər olduqda) baş verə bilər.

Kütləvi xidmət sisteminin simulyasiya alqoritmlərinin qurulması üzrə aşağıdakı məsələyə baxaq. Dəzgaha 10 ± 6 dəq intervalında emal üçün detallar daxil olur. Detalın dəzqahda emal vaxtı 9 ± 2 dəq intervalında baş verir. Emal gözləyən detallar müvəqqəti rəflərdə saxlanılır. Sistemdə 1000 detalın emalı zamanı dəzqahın boş dayanma müddət faizinin və rəflərin zəruri həcmnin tapılması tələb olunur. Baxılan model üç əsas elementdən təşkil olunmuşdur.

1. Tranzaktların (detalların) 10 ± 6 dəq intervalla modelə daxil edilməsi.

2. Növbə (stellaj). Tranzaktlar əgər qurğu boşdursa, növbədən xidmətə keçirlər. Əgər qurğu məşğuldursa, o boşalana qədər tranzakt növbədə gözləyir.

3. Qurğu (dəzqah). Tranzakt qurğuya daxil olduqda o (9 ± 2 dəq) zaman müddətində məşğul olur (dəzqah detalı emal edir). Bu zaman qurtardıqda tranzakt qurğunu tərk edir və qurğu digər tranzakta xidmətə başlayır.

Dəzqahın fəaliyyətinin modelləşdirməsi alqoritmi aşağıdakı kimidir:

- detalın emal olunmaq üçün daxil olması modelləşdirilir;
- detalların rəflərdə yerləşdirilməsi modelləşdirilir;
- detalların dəzqahda emalının başlanması modelləşdirilir;
- detalların emal vaxtı modelləşdirilir;
- detalların dəzqahda emalının qurtarması modelləşdirilir;
- emal olunmuş detalın modeldən çıxışı təmin edilir;
- modelin nəticələri çıxışa verilir.

Digər bir məsələyə baxaq. Bir kreslodan ibarət bərbərخانaya müştərilərin gəlməsi 18 ± 6 dəq. intervalında müntəzəm paylanmaya malikdir. Xidmət vaxtı isə 16 ± 4 dəq. intervalında müntəzəm paylanma qanununa malikdir. Müştərilərə bərbərخانada «birinci gəlib - birinci xidmət alır» qaydası üzrə xidmət olunur. Nəticədə bərbərخانada 8 saatlıq işdə növbə haqqında statistik göstəricilərin alınması tələb edilir. Model vaxtının vahidi 1 dəqiqədir.

Model alqoritminin addımları real sistemdə müştərinin hərəkətinə uyğun olaraq aşağıdakı kimidir:

- müştərinin gəlməsi;
- müştəri əgər zərurdirsə, öz növbəsini gözləyir;
- müştəri bərbər kreslosunda oturur;
- bərbər müştəriyə xidmət edir;
- müştəri bərbərخانadan çıxır.

Baxılan məsələnin digər bir variantına baxaq. Tutaq ki, bir kreslolu bərbərخانaya iki tip müştəri gəlir. Birinci tip müştərilər yalnız baş qırxdırmaq istəyirlər. Onların gəlişi 35 ± 10 dəq. intervalında baş verir. İkinci tip müştərilər isə həm baş qırxdırmaq və üz tərəş etdirmək istəyirlər. Onların gəlişi isə 60 ± 20 dəq. intervalında baş verir. Bərbər müştərilərə «birinci gəlib - birinci xidmət alır» qaydası üzrə xidmət edir. Baş qırımına 18 ± 6 dəq, üz tərəşinə isə 10 ± 2 dəq. zaman sərf olunur. Bərbərخانanın simulyasiya modelinin alqoritmini tərtib etmək tələb olunur. Xidmətdə hər iki tip müştərinin fərqliliyini reallaşdırmaq zəruridir. Belə sistemi iki seqmentdə reallaşdırmaq mümkündür. Birinci seqmentdə yalnız baş qırxdıran, ikinci seqmentdə isə baş qırxdıran və üz tərəş etdirən müştərilərə xidmət olunur. Bərbərخانanın simulyasiya modelinin alqoritmı aşağıdakı addımlardan ibarətdir:

Model vaxtının vahidi 1 dəqiqədir.

*başın qırılması

- yalnız baş qırxdıran müştərilərin gəlişi;
- növbəyə qoşulma;
- bərbər kreslosuna keçid;
- növbədən çıxış;
- bərbərə baş qırxdırma;
- bərbərin azad olması;
- bərbərxdan çıxış;

*başın qırılması və üzün tərəşi

- baş qırxdıran və üz tərəş etdirən müştərilərin gəlişi;
- növbəyə qoşulma;
- bərbər kreslosuna keçid;
- növbədən çıxış;
- bərbərə üz tərəşi;
- bərbərə baş qırxdırma;
- bərbərin azad olması;
- bərbərxdan çıxış;

* taymer seqmenti

tranzakt - taymer anının gəlişi

İcranın tamamlanması.

Dördüncü məsələyə baxaq. Fabrikin anbarında işləyən şəxs dəzgahlara xidmət edən və xarab olmuş dəzgalara ehtiyat hissələrini qoyan mexaniklərə ehtiyat hissələri verir. Ehtiyat hissələri kifayət qədər bahadır. Bundan əlavə hər bir mexanikin öz yeşiyində bütün ehtiyat hissəsinin olması üçün onların assortimenti həddən artıq böyükdür. Sorğunun yerinə yetrilməsi üçün zəruri vaxt ehtiyat hissəsinin tipindən asılıdır. Sorğular iki kateqoriya olur. Uyğun verilənlər aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 4.1

Sorğunun kateqoriyası	Mexaniklərin gəlmə zamanının intervalı	Xidmət vaxtı
1	420±360	300±90
2	360±240	100±30

Anbarda işləyən şəxsin birinci kateqoriya sorğu üzrə mexaniklərə yalnız növbədə ikinci kateqoriya üzrə heç bir sərğu olmadıqda xidmət olunur. Bir kateqoriya daxilində «birinci gəlib - birinci xidmət alır» qaydası üzrə xidmət edilir. Anbarın işinin 8 saatlıq iş günü üzrə modelləşdirmə alqoritminin yazılması tələb olunur. İki kateqoriya üzrə «birinci gəlib - birinci xidmət alır» qaydası üzrə xidmət sistemini sxematik olaraq aşağıdakı kmi göstərmək olar.



Şək.4.1. Xidmət sisteminin sxemi

Modeldə bir qurğuya xidmət almaq üçün daxil olmaq istəyən iki müxtəlif tələb vardır. Bu tələblər gəlmə və xidmət intervallarının paylanması ilə fərqlənilir. Burada çətinlik bir kateqoriyanın digər kateqoriyadan üstün olması ilə bağlıdır. Birinci kateqoriya üzrə sorğular bir seqmentdə, ikinci kateqoriya üzrə sorğular digər seqmentdə modelləşdirilir.

Model vaxtının vahidi 1san.

* Birinci tip mexaniklər

- Birinci kateqoriya mexaniklərin gəlməsi;
- Birinci kateqoriyalı növbəyə qoşulma;
- Anbar işçisinin məşğul olması;
- Növbədən çıxış;
- Anbar işçisinin xidmət etməsi;
- Anbar işçisinin azad olması;
- Anbardan çıxış;

* İkinci tip mexaniklər

- İkinci kateqoriya mexaniklərin gəlməsi;
- İkinci kateqoriyalı növbəyə qoşulma;
- Anbar işçisinin məşğul olması;
- Növbədən çıxış;
- Anbar işçisinin xidmət etməsi;
- Anbar işçisinin azad olması;
- Anbardan çıxış;

* Taymer seqmenti

Tranzakt-taymerin gəlişi;
İcranın tamamlanması;

Misal 4. -ə baxaq. Müəyyən görünüşlü detalların hazırlanması uzun yığım prosesidir və qısa periodda peçdə yandırmaqla qurtarır. Peçin istismarı baha başa gəlir, bir neçə yığıcı bir peçdən istifadə edir. Peçdə eyni vaxtda yalnız bir detal yandırmaq olar. Yığıcı əvvəlki detalı peçdən çıxarmadan yeni yığmağa başlamaq olmaz.

Beləliklə yığıcı belə bir rejimdə işləyir:

- 1) növbəti detalı yığır;
- 2) FIFO prinsipi üzrə peçdən istifadə imkanını gözləyir ;
- 3) peçdən istifadə edir;
- 4) 1-ci addıma qayıdır.

Müxtəlif əməliyyatların yerinə yetirilməsi üçün zəruri vaxtlar aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 4.2

Əməliyyat	Zəruri vaxt, dəq
yığım	30±5
yandırma	8±2

Yazılmış prosesin GPSS-də modelini qurmaq tələb olunur. Bir peçdən istifadə edən yığıcıların optimal sayını tapmaq tələb olunur, b.s. 40 saatlıq model vaxtı müddətində daha çox gəlir gətirən sayı tapmaq lazımdır. Fərz edilir ki, iş günü müddətində fasilə yoxdur və bütün günlər iş günüdür (istirahət günü yoxdur). Bu halda sistemin buraxılış qabiliyyətinə təsir edən iki məhdudiyyət şərti vardır: bir peç və sistemdə işləyən bir neçə qeyd olunmuş sayda yığıcının olması. Təbiidir ki, peçi modelləşdirmək üçün «qurğu» anlayışından istifadə edilir, yığıcılar isə tranzaktlarla eyniləşdirmək lazımdır. Onda hesab etmək olar ki, yığıcılar periodik olaraq yığım və yandırmanı icra edərək sistemdə «dövr edir». Analoji olaraq tranzaktlar sistemin GPSS-modelində dövr etməlidir. Məsələnin qoyuluşundan görüldüyü kimi model bir xidmət qurğusu olan qapalı kütləvi xidmət sistemini təqdim edir. Real sistemdə yığıcı peçdən yanmış detalı çıxardıqdan sonra o geri qayıdır və yığımın yeni mərhələsi başlayır. Modeldə tranzakt qurğudan istifadəni bitirdikdən sonra o növbəti yığım qayıtmalıdır. Modeldə dövr edən tranzaktların ümumi sayının məhdudlaşdırılması generasiya zamanı həll edilməlidir. Verilmiş sayda yığıcılar üçün gəliri hesablamaqdan ötrü modelləşdirmə dövrü müddətində onların nə qədər detal hazırladıqlarını bilmək lazımdır. Bu qiymət peçdən çıxışların sayını verir, b.s.modelləşdirmə prosesində bizi maraqlandıran məhz bu kəmiyyətdir. Model vaxtı vahidi 1 dəq götürülməklə məsələnin həll alqoritmi aşağıdakı addımlardan ibarətdir:

- yığıcı sayının müəyyənləşdirilməsi;
- növbəti detalın yığılması;
- peçin tutulması;
- peçdən istifadə edilməsi;
- peçin boşalması;
- növbəti detalın yığılmasına keçid;
- 5 iş gününün modelləşdirilməsi;
- anbardan çıxış;
- modelin icrasına başlamaq;

4.3. Kütləvi xidmət sisteminin simulyasiya modelinin qurulması qaydaları

Məlumdur ki, simulyasiya modelləşdirməsi fəaliyyəti diskret xarakterli olan mürəkkəb sistemlərin o cümlədən kütləvi xidmət sistemlərinin tədqiqi zamanı daha geniş tətbiq olunur. Belə sistemlərin fəaliyyət prosesinin yazılışı üçün adətən zaman diaqramlarından istifadə olunur. Zaman diaqramı sistemdə baş verən hadisələr ardıcılığının qrafik təsviridir. Zaman diaqramını qurmaq üçün sistem daxilində hadisələrin qarşılıqlı əlaqəsini kifayət qədər dəqiq təqdim etmək zəruridir. Diaqramları tərtib edərkən detalizasiya dərəcəsi modelləşdirilən sistemin xassəsindən və modelləşdirmənin məqsədindən asılıdır. Belə ki, istənilən sistemin fəaliyyəti kifayət qədər tam olaraq zaman diaqramı şəklində əks olunur. Simulyasiya modelləşdirməsinə tədqiq olunan sistemin ayrı-ayrı elementlərinin və onların qarşılıqlı əlaqəsi əsasında fəaliyyət diaqramının realizasiyası prosesi kimi baxmaq olar. Simulyasiya modelləşdirməsi verilmiş konkret məntiqi - alqoritmik yazılışı reallaşdıran proqrama uyğun şəkildə kompüterdə yerinə yetrilir. Tədqiq olunan real sistemin müəyyən vaxtda (bir günlük, həftəlik, aylıq və s.) iş fəaliyyəti bir neçə dəqiqəyə kompüterdə modelləşdirilə bilər. Əksər hallarda model sistemin dəqiq analoqu yox, onun simvolik əksi olur. Lakin belə model hər hansı digər qayda ilə

aparıla bilməyən ölçməni aparmağa imkan verir. Simulyasiya modelləşdirməsi tədqiq olunan sistemlə, ona heç bir bilavasitə təsir etmədən sınaq, eksperimentlərin aparılması və qiymətləndirilməsi imkanını təmin edir. İstənilən konkret sistemin təhlilində ilk addım elementlərin ayrılması, bu elementlərin qarşılıqlı hərəkətini idarə edən məntiqi qaydaların fomaləşdirilməsidir. Nəticədə alınmış bu yazılış sistemin modeli adlanır. Adətən model sistemin maraq kəsb edən və ya tədqiqə ehtiyacı olan aspektlərini özündə əks etdirir. Belə ki, istənilən modelin qurulmasının məqsədi modelləşdirilən sistemin xarakteristikalarının tədqiqidir. Simulyasiya modelinə bütün maraq kəsb edən xarakteristikalar üzrə riyazi statistikanın üsullarına əsaslanan statistik informasiyanın yığılması və emalı vasitələri daxil olmalıdır. Simulyasiya modelləşdirməsi kompüterin köməyi ilə xarici mühitlə qarşılıqlı hərəkətini nəzərə almaqla sistemin fəaliyyət prosesinin zamana görə əks olunmasına əsaslanır [4,5,7].

İstənilən simulyasiya modelinin əsasını aşağıdakılar təşkil edir:

-tədqiq olunan sistemin öz qarşılıqlı hərəkətləri ilə vahid tamda birləşmiş xüsusi alt sistem modelləri (modulları) əsasında modelinin işlənməsi;

-obyektin informativ (integrativ) xarakteristikalarının seçilməsi, onların alınması qaydaları və təhlili;

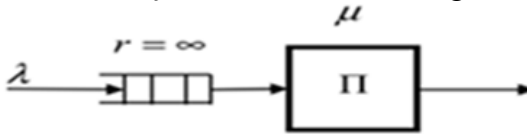
-xarici təsir faktorlarının simulyasiya modellərinin məcmusu şəklində sistemə xarici mühitin təsir modelinin qurulması;

-simulyasiya eksperimentlərinin planlaşdırılması üsullarına uyğun olaraq simulyasiya modelinin tədqiq qaydalarının seçilməsi.

Şərti olaraq simulyasiya modelini proqram (və ya aparatla) reallaşdırılan bloklar şəklində təqdim etmək olar. Belə ki, burada xarici təsirlərin simulyasiya bloku obyektə xarici təsirləri simulyasiya edən təsadüfi və ya determinik prosesləri

reallaşdırır. Nəticələri emal edən blok tədqiq olunan obyektin informativ xarakteristikalarını almaq məqsədi ilə təşkil olunur. İndi isə kütləvi xidmət sisteminin simulyasiya modelinin qurulması prinsipinə bircins tələb axınına malik bir kanallı kütləvi xidmət sistemi şəklində sadə baza modeli misalında baxaq.

Sistemə qonşu tələblər arasındakı intervalı $A(\tau)$ qanunu üzrə paylanmış təsadüfi tələb axını daxil olur. Qurğuda tələblərin xidmət vaxtı $B(\tau)$ qanunu üzrə paylanmışdır. Belə sistemin fəaliyyət prosesi zaman diaqramı şəklində təqdim edilə bilər ki, onun da əsasında tələblərə xidmətin xarakteristikaları ölçülə və hesablanıla bilər. Sistemdə tələblərin daxil olması və xidmət prosesi təsadüfi xarakter daşdığından, diaqram qurmaq üçün təsadüfi ədədlər generatoruna malik olmaq lazımdır. Fərz edək ki, $A(\tau)$ və $B(\tau)$ paylanma qanunları ilə verilmiş təsadüfi kəmiyyətlərin uyğun qiymətlərini formalaşdıran təsadüfi ədədlər generatoru vardır.

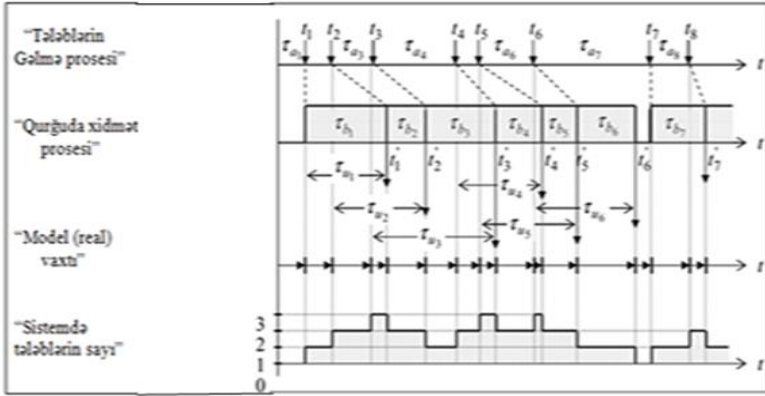


Şək.4.2 Qeyri məhdud yaddaşlı KXS

Onda baxılan sistemin fəaliyyət prosesini əks etdirən zaman diaqramını qurmaq mümkündür. Aşağıdakı şəkildə dörd diaqram qurulmuşdur.

Bu diaqramlar aşağıdakıları əks etdirir:

1. "Tələblərin sistemə daxil olması" prosesini t_i anları şəklində $t_i = t_{i-1} + \tau_{a_i}$ ($t_0 = 0$), harada ki, τ_{a_i} ($i = 1, 2, \dots$) - sistemə daxil olan tələblər arasındakı intervallardır (qiymətləri $A(\tau)$ təsadüfi ədədlər generatoru ilə alınır).



Şək.4.3.Sistemin fəaliyyət prosesini əks etdirən zaman diaqramı

2. Xidmət müddəti şəklində təqdim edilən t_b qiymətləri $B(\tau)$ təsadüfi ədədlər generatoru ilə alınan və tələblərə xidmətin tamamlaması anları t_i aşağıdakı qayda ilə təyin edilən "Qurğuda xidmət prosesi":

-əgər i - ci tələbin daxil olduğu anda xidmət qurğusu boşdursa $t'_i = t_i + \tau_b$;

-əgər i - ci tələbin daxil olduğu anda xidmət qurğusu əvvəlki tələbə xidmətlə məşğuldursa $t'_i = t'_{i-1} + \tau_b$, ($i = 1, 2, \dots; t'_i = 0$).

3. Hər bir anı aşağıdakı hadisələrdən birinə uyğun gələn real sistemdə diskret (pilləvari) dəyişməni göstərən "model və ya real vaxt"; tələbin sistemə daxil olması və ya qurğuda xidmət vaxtının tamamlaması; qeyd edək ki, bütün bu zaman anlarında vəziyyəti sistemdə olan tələblərin sayı ilə yazılan sistemin vəziyyətinin dəyişməsi baş verir.

4. Diskret sistemin vəziyyətini yazan tələb sistemə daxil olduğu anda bir vahid artan, tələbə xidmət tamamlandığı anda bir vahid azalan qayda ilə dəyişən "sistemdə tələblərin sayı".

Seçilmiş zaman masştabına riayət edərəkən təqdim edilən diaqramlar ölçmə yolu ilə modelləşdirilən sistemin fəaliyyətinin ehtimal-zaman xarakteristikalarının qiymətini təyin etməyə imkan verir, xüsusi halda ikinci diaqramda göstərilədiyi kimi, hər bir tələbin sistemə gəlmə vaxtı τ_{u_i} ($i = 1, 2, \dots$).

Məlumdur ki, tələbin sistemə gəlmə vaxtı təsadüfi kəmiyyətdir. Sadə halda riyazi statistika üsullarından istifadə edərək gəlmə vaxtının paylanmasının iki birinci momentini hesablamaq olar:

- riyazi gözləmə:

$$u = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i ;$$

- birinci başlanğıc moment:

$$u^{(2)} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \tau_{u_i}^2 .$$

Burada N - diaqramda alınmış tələblərin gəlmə vaxtının qiymətlərinin sayıdır, b.s. sistemdən keçən və onu tərk edən, diaqramda əks olunan tələblərin sayıdır. Buradan tələblərin sistemə gəlmə vaxtının dispersiyasının, orta kvadratik meylinin və variasiya əmsalının qiymətini almaq olar. Sistemə gəlmə vaxtlarının zaman diaqramının köməyilə alınmış qiymətləri əsasında funksiyanın histoqramını və ya gəlmə vaxtının paylanma sıxlığını qurmaq olar. Alınmış ədədi momentlərin paylanma dəqiqliyi və histoqramın keyfiyyəti onun əsasında hesablanan tələblərin gəlmə zamanının qiymətlərinin sayından N əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. N - in qiyməti nə qədər böyükdürsə, hesabın nəticəsi bir o qədər dəqiqdir. N - in qiyməti bir neçə mindən on milyonlara qədərdir. N - in konkret qiyməti nəticələrin həqiqi qiymətinə yığılma sürətinə təsir edən çox faktorlardan asılıdır. Onların sırasında kütləvi xidmət sistem və şəbəkələrinin modelləşdirilməsi zamanı daxil olan tələblər arasındakı intervalların paylanma qanunu, xidmət müddəti, sistemin yükü, modelin mürəkkəbliyi, tələblər sinfinin sayı və s. vardır.

Aydındır ki, əl ilə belə zaman diaqramlarının minlərlə və daha çox tələbin keçdiyi bir sistem üçün qurulması real deyildir. Eyni zamanda zaman diaqramlarının realizasiyası üçün kompüterdən istifadə əhəmiyyətli dərəcədə modelləşdirməni sürətləndirməyə və nəticələrin alınmasına imkan verir. Ona görə də deyildi kimi simulyasiya modelləşdirilməsinə tədqiq edilən sistemin fəaliyyət diaqramının realizasiyası prosesi kimi baxmaq olar.

Beləliklə, simulyasiya modeli tədqiq olunan sistemin fəaliyyətinin zaman diaqramının realizasiya alqoritmini təqdim edir. Əksər alqoritmik dillərdə quraşdırılmış təsadüfi ədədlər generatorunun olması kompüterdə simulyasiya prosesinin realizasiyasını əhəmiyyətli dərəcədə sadələşdirir. Lakin bu zaman həllini gözləyən bir sıra problemlər qalır. Onlardan biri zaman diaqramının realizasiyasına əsaslanan simulyasiya modelində zaman xidmətinin təşkili problemidir. Sadə halda zaman diaqramı aşağıdakı kimi reallaşdırıla bilər:

-sistemə daxil olan bütün tələblərin daxil olma anları formaləşdirilir;

-hər bir tələb üçün xidmət vaxtı müəyyənəşdirilir;

-xidmətin tamamlaması vaxtı formaləşdirilir (tələblərin sistemdən çıxışı).

Aydındır ki, belə yanaşma qəbuləilməzdir. Belə ki, hətta bizim ən sadə sistem üçün kompüterin yaddaşında eyni zamanda daxil olan bütün tələblərin daxil olma anları, xidmətin tamamlaması vaxtı hətta digər dəyişənlər üçün milyonlarla qiyməti saxlamaq lazım gələcəkdir. Tələblər sinfinin miqdarı və xidmət qurğularının sayı artdıqca bu say çoxqat artacaqdır.

Zaman diaqramının realizasiyası üçün İkinci yanaşma kimi – diaqramın addımlarla qurulmasıdır. Bunun üçün model vaxtı dəyişəni formaləşdirmə və onun dəyişmə addımını Δt seçmək lazımdır. Hər belə zaman anında yoxlamaq lazımdır ki, əvvəlki Δt intervalında sistemdə hansı hadisə (daxiləolma anları və ya xidmətin tamamlaması) baş vermişdir.

Bu yanaşma yaddaşa olan tələbi əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Belə ki, bu halda hər bir zaman anında yalnız o anda sistemdə olan tələblərin parametrlərinin qiymətlərini (daxilolma anları və ya xidmətin tamamlaması) kompüterin yaddaşında saxlamaq zəruridir.

Bu yanaşmanın çatışmayan cəhəti, birincisi, Δt intervalının seçilməsinin problemlidir. Bir tərəfdən Δt intervalı modelləşdirmənin metodik xətasının azaldılması üçün mümkün qədər kiçik olmalıdır. Digər tərəfdən Δt intervalı modeləşdirmə vaxtının azaldılması üçün mümkün qədər böyük olmalıdır.

Daha effektiv yanaşma kimi tanınan - model vaxtının dəyişən addımla hərəkət-“yaxın hadisəyə qədər” prinsipinə uyğun reallaşdırılır. “yaxın hadisəyə qədər model vaxtının hərəkəti” prinsipi aşağıdakılara əsaslanır:

-tədqiq olunan sistemdə paralel axan bütün proseslər üzrə hər bir zaman anında “gələcəkdə yaxın hadisənin” baş vermə anı formalaşdırılır;

-sonra isə bütün mümkün hadisələrdən ən yaxınının baş verməsi anına qədər model vaxtı hərəkət etdirilir. Hansı hadisənin yaxın olmasından asılı olaraq bu və ya digər hərəkət icra edilir;

-əgər yaxın hadisə tələbin sistemə daxil olmasındansa, onda qurğu boşdursa, onun tutulması, məşğuldursa, tələbin növbəyə yerləşdirilməsi ilə bağlı hərəkət icra edilir;

-əgər yaxın hadisə qurğuda xidmət vaxtının tamamlamasındansa, əgər sonuncu boş deyilsə, onda qurğunun azad olması və növbədən yeni tələbin xidmətə seçilməsi ilə bağlı hərəkət icra olunur;

-sonra isə bu hadisənin baş verməsinin yeni anı formalaşdırılır.

Zaman diaqramı üzrə üçüncü diaqramda “Model (real vaxtı)” bu prinsipə uyğun zamanın hərəkətləri oxlarla göstərilmişdir.

Simulyasiya modelində hadisələrin düzgün zaman ardıcılığını təmin etmək üçün cari model vaxtının qiymətini saxlayan sistem saatından istifadə edilir. Model vaxtının qiymətinin dəyişməsi “yaxın hadisəyə qədərki zamanın yenidən hesablanması” prinsipinə uyğun yerinə yetrilir. Məsələn, əgər model vaxtının cari qiyməti 25-ə bərabədirsə, növbəti hadisələr 31, 44, 56 zaman anlarında baş verirsə, onda model vaxtının qiyməti 6 vahid artırılır 31 qiymətinə qədər “hərəkət etdirilir”. Qeyd edək ki, modeldə zaman vahidi hökmən deyil ki, saniyə və saat kimi zaman vahidi olsun. Modeldə əsas zaman vahidi olaraq modeləmənin zəruri dəqiqliyini almağa imkan verən istənilən vahidi seçmək olar. Yada salmaq vacibdir ki, zaman vahidi istifadəçinin modelləşdirmənin dəqiqliyinə qoyduğu tələbdən irəli gələrək seçilir. Hansı vahidin seçilməsindən asılı olmayaraq, məs. milli saniyə və ya saatin onda biri o dəyişməz olaraq bütün model üçün istifadə edilməlidir. Simulyasiya modelində baxılan zaman xidmətindən əlavə tələb axınının formalaşdırılması, xidmətin simulyasiyası, tələblərin növbəsinin təşkili, modelləşdirmənin nəticələrinin statistik yığımı və emalı ilə əlaqədar prosedurların reallaşdırılması zəruridir. Beləliklə, kütləvi xidmət sistem və şəbəkələri kimi stoxastik fəaliyyət xarakterli diskret sistemlərin simulyasiya modelləşdirməsi uyğun simulyasiya modellərinin realizasiyasını təmin edən bir sıra tipik prosedurlardan istifadəni nəzərdə tutur. İlk növbədə belə prosedurlar aşağıdakılardır:

1. Təsadüfi kəmiyyətlərin alınması (generasiyası):
 - müntəzəm paylanmış;
 - verilmiş paylanma qanunu ilə.
2. tələb axınının formalaşdırılması və xidmətin simulyasiyası.
3. tələblərin növbəsinin təşkili.
4. zaman xidmətinin təşkili.
5. modelləşdirmənin nəticələrinin statistik yığımı və emalı.

V Fəsil. GPSS modelləşdirmə sistemi

5.1. GPSS modelləşdirmə dilinin əsas qaydaları və operatorları

GPSS modelləşdirmə sisteminin köməyi ilə mürəkkəb sistemin simulyasiya modelinin qurulma prinsiplərilə tanış olacağıq. GPSS modelləşdirmə sistemi IBM firmasının elmi-tədqiqat mərkəzində işlənmişdir və geniş yayılmış və praktikada çox istifadə edilən simulyasiya sistemləri sırasına daxildir. Bu modelləşdirmə sisteminin müxtəlif versiyaları vardır. Onların müqayisəli təhlili ədəbiyyatlarda verilmişdir [2,3,6].

Modeli yazmağa imkan verən proqramlaşdırma dilləri simulyasiya modelləri sistemlərdən az fərqlənirlər. GPSS simulyasiya sisteminin obyektləri vardır. GPSS dilinin əsasını tranzaktlı simulyasiya qaydası təşkil edir. Bu işə KXS-ləri kimi təqdim edilən mürəkkəb sistemlərin modelləşdirilməsinə tətbiqində prosesli simulyasiya qaydasının inkişafıdır. Beləliklə fərz edilir ki, modelləşdirmə obyektini (mürəkkəb sistem) qismində KXS-i kimi təqdim edilən müxtəlif sistem və proseslər çıxış edə bilər. Bu sistem və proseslərə misal olaraq hesablama sistemləri və şəbəkələrini, istehsal və texnoloji prosesləri, çevik avtomatlaşdırılmış istehsal və robototexniki kompleksləri, informasiyanın emalı və ötürülməsi sistemləri, xidmət sferası müəssisələri, nəqliyyat və komutasiya sistemlərini və s. göstərmək olar. Göstərilən mürəkkəb sistem sinifləri üçün mürəkkəb sistemin real elementlərinin yazılışına xidmət edən abstrakt elementlərin sonlu çoxluğu (məsələn, xidmət kanalına, yaddaşa və s. xidmətə yönəlik tələb mənbəyi) və elementlər arasında əlaqəni yazan standart əməliyyatların sonlu çoxluğu ayrılır. Ayrılmış əməliyyatlar və elementlər çoxluğu GPSS dilinin obyektlər çoxluğuna uyğun qoyulur.

Mürəkkəb sistemin GPSS-də modeli obyektlərin müəyyən qeyd olunmuş məntiqi strukturunda birləşdirilməsi yolu ilə qurulur. GPSS obyektləri 7 kateqoriyaya və 14 tipə bölünür. Bu cədvəl 5.1 - də göstərilmişdir.

Cədvəl 5.1

kateqoriya № -si	obyektlərin kateqoriyası	tipin № -si	obyektlərin tipi	mnemonik işarəsi
1	dinamik	1	tranzaktlar	-
2	əməliyyat	2	bloklar	-
3	aparatlı	3	qurğu	F
		4	yaddaşlar	S
		5	məntiqi açarlar	L
4	hesablayıcı	6	hesabi	V
		7	dəyişənlər	BV
		8	bul dəyişəni funksiyalar	FN
5	statistik	9	növbələr	Q
		10	cədvəllər	T
6	yaddasaxlayıcı	11	oyuqlar	X
		12	oyuq matrisləri	M
7	qruplaşdırıcı	13	istifadəçi siyahıları	C
		14	qruplar	G

Hər bir obyektə cari model vaxtında obyektin vəziyyətini yazan hesabi və ya məntiqi atributlar uyğun gəlir. Bu atributların çoxu proqramçı üçün əlçatan deyil. Simulyasiya modelində müraciət edilən atributlar standart ədədi atributlar (SƏA) adlanır. GPSS-in əsas obyektləri tranzaktlar və bloklardır. Tranzaktlar (tələblər) tədqiq edilən axın (xidmətə gələn tələblər) vahidini yazır. Məsələn, hesablama sistemlərində istifadəçi tapşırığı, çevik istehsal sistemlərində emal edilən detallar, yanacaq doldurma məntəqələrində növbədə dayanan avtomobillər, limanlarda boşalan gəmilər və s.

Bloklar mürəkkəb sistemin simulyasiya modelinin fəaliyyət məntiqini verir və aparat kateqoriyaları arasında tranzaktların hərəkət yolunu müəyyənləşdirir. Praktiki olaraq mürəkkəb sistemin simulyasiya modelinin vəziyyətinin bütün dəyişmələri (hadisə) tranzaktların bloklara daxil olması və blokların öz funksiyalarını yerinə yetirməsi nəticəsində baş

verir. Blokların əsas funksiyaları aşağıdakılardır:

- tranzaktların yaradılması (generasiyası) və məhv edilməsi;
- obyektlərin SƏA-nın dəyişməsi;
- müəyyən zaman intervalında tranzaktın ləngiməsi;
- tranzaktın hərəkət marşrutunun dəyişməsi.

Sadə misalda bu funksiyaları təsvir edək. Modeldə tranzaktları “yaradan” blok tələblərin KXS - nə daxil olmasını müəyyən zaman intervalı vasitəsilə təmin edir. Tələbin xidmət kanalını (yaddaşda yeri) məşğul etməsi və buraxması kanalın (yaddaşın) vəziyyətinin dəyişməsinə gətirir. Modeldə bu GPSS obyektlərinin xidmət kanalının (yaddaşın) vəziyyətini yazan SƏA-ın dəyişdirilməsi ilə yerinə yetrilir. KXS-in xidmət kanallarından birinin məşğul olduğu halda tələb digər kanallardan birinə istiqamətlənə bilər. Bunun üçün modeldə tranzaktların hərəkət marşrutlarını dəyişən blokdan istifadə olunur. Tranzaktın ləngiməsini təmin edən blok müəyyən zaman müddətində tələbə xidmət prosesini simulyasiya edir. Modeldə xidmət olunan (və ya hər hansı səbəbdən itirilən) tələbin KXS-dən çıxarılması tranzaktların məhv edilməsi bloklarının köməyi ilə simulyasiya edilir.

Aparat kateqoriyalı obyektlər mürəkkəb sistemin təchizat vahidinin yazılmasına xidmət edir. Tranzaktlar bu obyektlərə təsir edərək, onların vəziyyətini dəyişə bilər və digər tranzaktların hərəkətinə təsir edə bilər.

Qurğu istənilən zaman anında bir tranzaktla məşğul ola bilən təchizatı yazır (bir kanallı KXS): emal mərkəzi, terminal, mərkəzi prosessor, kassir və s., hətta bir tələbə xidmət edən təchizatın işi digər tələbin gəlişilə kəsilə bilər (məsələn, yüksək prioritetli tələb).

Yaddaşlar (çox kanallı qurğu) eyni zamanda bir neçə tranzaktın istifadə edə biləcəyi təchizatı (çoxkanallı KXS) yazır: kompüterin operativ yaddaşı, çevik istehsal sistemlərində bunker-yaddaş, avtomobil dayanacaqları və s.

Məntiqi açarlar simulyasiya modelində əvvəl baş verən hadisələrdən asılı olaraq tranzaktların hərəkətini blokirə etmək və ya dəyişmək üçün istifadə edilir.

Hesablama kateqoriyalı obyektlər analitik və ya məntiqi münasibətlərin köməyi ilə verilmiş mürəkkəb sistemin elementləri arasındakı əlaqəni yazır. Onlar simulyasiya modelində təsadüfi kəmiyyətlərin ehtimal paylanma qanunlarını verməyə xidmət edə bilər (tranzaktların hərəkətini təyin edən şərtlərin ədədi və məntiqi yazılışı üçün).

Statistik obyektlər mürəkkəb sistemlərin fəaliyyətinin effektivlik göstəriciləri üçün orta qiymətin, standart meylin, empirik funksiyanın paylanmasının və s. hesablanması və standart şəkildə təqdim edilməsini təmin edir.

Yaddaş obyektləri alınması GPSS-in standart vasitələri ilə baxılmayan modelləşdirmə şərtinin verilməsi, informasiyanın yığılması və emalı, saxlanması üçün xidmət edir.

Qruplaşdırıcı kateqoriya obyektləri modeldə olan tranzaktlar haqqında informasiyanı saxlayır. Xidmətə gələn tələbləri simulyasiya edən tranzaktlar modeldə hərəkət edərək, tələblərin KXS-nə daxil olması, yaddaşda yerin tutulması (azad olunması), xidmət kanalının tutulması (azad olunması), aşağı prioritetli tələbə xidmətin kəsilməsi, sinxronlaşdırıcı adlanan iki və daha çox tranzaktın müəyyən ədədi atributlarının qiymətlərinin üst - üstə düşməsi və s. kimi hadisələrin baş verməsinə gətirib çıxara bilər. Bu zaman uyğun tranzaktlar cari hadisələr (baş vermə vaxtı cari model vaxtından kiçik və ya ona bərabər), gələcək hadisələr siyahısı (baş vermə vaxtı cari model vaxtından böyük), kəsilmələr siyahısı (xidmət kəsilmiş tranzaktlar), sinxronlaşdırıcı tranzaktlar siyahısı (müqayisə vəziyyətində olan), istifadəçi siyahısı (cari hadisələr siyahısından proqramçı tərəfindən çıxarılmış tranzaktlar) kimi beş siyahıdan birinə yerləşdirilir. GPSS proqramında obyektləri yazmaq üçün operator və yazılış kartlarından istifadə edilir.” Yazılış kartı” ənənəvi olaraq GPSS-də icra edilməyən

operatoru işarə etmək üçün istifadə edilir. Modelin məntiqi strukturunun işlənməsi mərhələsində obyektlərin qrafik işarələməsindən istifadə etmək olar. Bu zaman model tam olaraq blok-diaqram şəklində təqdim edilir. Burada həcm məhdudluğu səbəbindən bunun üzərində dayanırıq. GPSS-in əsası onun obyektlərini yazmağa imkan verən assemblerdə yazılmış proqram və "simulyator" idarəedici proqramıdır və:

- proqramçının verdiyi marşrut üzrə tranzaktların hərəkətini və tranzaktların siyahıya yerləşdirilməsini təmin edir;

- modeldə hadisənin baş vermə anını verilmiş paylanma qanununa uyğun simulyasiya edir və xronoloji ardıcılıqla hadisələrin emalını yerinə yetirir;

- model vaxtının dəyişməsinə təşkil edir;

- standart şəkildə yığıcı, emalı və simulyasiya eksperimentinin nəticələrinin verilməsini təmin edir.

Universal proqramlaşdırma dillərinin köməyi ilə mürəkkəb sistemin simulyasiya modelini işləyərkən GPSS-in bütün avtomalaşdırılmış hərəkətləri modeldə proqramçı tərəfindən yerinə yetirilməlidir. Bu işə simulyasiya modelini çətinləşdirir və onun işlənmə müddətinin artmasına gətirib çıxarır.

Dilin xüsusiyyəti. GPSS kompilyatoru interpretasiyalı tip kompilyatordur. GPSS dilində modelləşdirici proqram operator yazılışları kompilyatorla əvvəlcə assemblerə sonra işə yükləyici koda çevrilir. Bu zaman operatorlar və GPSS obyektlərinin yazılış kartları uyğun assembler proqramına əvəzlənir. GPSS dili məhdud hesablama imkanına malikdir. Belə ki, standart tipli funksiyalar \sin , \ln , \exp və s. hesabi əməliyyatların kəsr hissəsi atılır, zaman xarakteristikalarının qiymətləri (məsələn, tranzaktların daxil olması və xidmət almasının orta qiyməti) tam ədəd şəklində verilir. Bu məqsədlə uyğun model vaxtından istifadə edilir. Model vaxtı vahidinin seçilməsi modelləşdirilən sistemin fiziki məzmunu və tədqiqatın məqsədi ilə təyin edilir. Məsələn, əgər gün ərzində kompüterin fəaliyyət prosesi

modelləşdirilirsə, model vaxtı qismində dəqiqə qəbul edilir və tapşırıqların daxi olmaları arasındakı vaxt və tapşırıqların icra vaxtı kompüterdə tam qiymətli dəqiqə kimi təqdim edilməlidir. Əks halda daha kiçik zaman vahidi saniyə seçilir. GPSS dilində simulyasiya modelini yazmaq üçün onu KXS-in elementlərini (qurğu, yaddaş, qovşaq, mənbə) əks edən sxem şəklinə təqdim etmək əhəmiyyətlidir. GPSS dilinin əsasını tələblərin emal prosesini xarakterizə edən operatorlar (bloklar) təşkil edir. Burada tələblərin meydana çıxmasını, xidmət qurğusunda ləngiməni, yaddaşı tutmanı, KXS-dən çıxışı, tələblərin parametrlərinin dəyişməsinə (məs. prioritetlərin), yığılmış informasiyanın çap edilməsini, qurğunun yüklənməsini xarakterizə edən, növbənin dolmasını və s. əks etdirən operatorlar vardır. Modeldə iştirak edən hər bir tranzakt 12-yə qədər parametmə malik ola bilər. GPSS-də tranzaktların istənilən parametrlərinin qiymətini dəyişə bilən operatorlar və yerinə yetirmə xarakteri xidmət olunan tranzaktın bu və ya digər parametrlərinin qiymətlərindən asılı operatorlar vardır. GPSS modelinin yazılışında xidmət qurğuları arasında hərəkət yolları idarəni ötürən xüsusi operatorlar ardıcılığı ilə əks etdirilir.

Modelləşdirmə üçün hadisəli üsuldan istifadə edilir. KXS-də hadisələrin simulyasiyasının düzgün zaman ardıcılığının qorunması simulyasiya modelləşdirməsinin alqoritmini realizasiya edən GPSS-in program sistemi-interpretoru ilə təmin edilir.

Operatorun yazılışında üç hissəni- metka, ad, dəyişənlər sahəsini ayırırlar. Məsələn

```
110 L1 GENERATE 30,5                               Modelin birinci seqmenti
2...6.....18..19.....70
“metka”  “ ad”      “dəyişənlər sahəsi”  “ şərh”
```

Dəyişənlər sahəsində vergüllə ayrılan və SƏA-rı, bildirən ədədlərin, metkanı göstərən simvolların, operatorların müxtəlif görünüşünü göstərən identifikatorların göstərilməsinə xidmət

edən alt sahəni ayırırlar. Alt sahə boş ola bilər. Probel vasitəsilə axırını boş olmayan sahədən sonra şərh yazısı mümkündür. Məsələn, SƏA: $K_{126} N$ -126-ya bərabər sabit; V_2-N_2 dəyişəni; Q 4-növbə uzunluğu N_4 ; X_5 - saxlanılan kəmiyyət N_5 ; FN_7 - funksiya N_7 ; P_4 - tranzaktın N_4 parametrinin qiyməti; $*6$ - tranzaktın N_6 parametrinin məzmunu; $S*3$ (və ya $FN*3$) - tranzaktın N_3 parametrində təyin edilən yaddaş (və ya funksiya). İndi isə GPSS-in əsas operatorlarını dəyişənlər sahəsində alt sahələrin konkret qiymətlərində misallarla verək.

GENERATE 12,4,50,5,1 - tranzaktların generasiyası, tranzaktların meydana çıxmaları arasındakı zaman intervalları $[12-4, 12+4]$ diapazonunda müntəzəm paylanmışdır, birinci tranzakt 50 model vaxtı gecikmə ilə meydana çıxmışdır, tranzaktların prioriteti vahidə bərabərdir.

GENERATE 12,4,50,,1- əvvəlki kimidir, lakin generasiya edilən tranzaktların sayı qeyri- məhduddur.

GENERATE 6, $FN \$FFF$, 50,5,1- əvvəlki kimidir, lakin tranzaktların gəlişi arasındakı interval 6 ədədinin FFF funksiyasının qiymətinə vurulmasından alınan ədədin tam hissəsinə bərabərdir.

FNK FUNCTION RN1,C4

0,0/0.1,0.8/0.5,1.6/1.0,1.9

FNK -funksiyasının yazılışdır, onun arqumenti $[0,1]$ diapazonunda müntəzəm paylanmış təsadüfi kəmiyyətdir (bunu RN 1-in qiyməti göstərir). Funksiya kəsilməzdir (göstəricisi C-dir), ədədi qiymətləri cədvəldə dörd nöqtə ilə verilmişdir: (0;0),(0.1;0.8), (0.5;1.6), (1.0;1.9).

FNK FUNCTION *2,D4

0,12/1,9/2,8/3,6

-əvvəlki kimidir, lakin arqumenti tranzaktın ikinci parametrinin qiymətidir. Bu isə *FNK* ədədi funksiyasının hesablanan diskret (D) qiymətidir, ədədi qiymətləri cədvəllə verilmiş dörd düyün nöqtələridir.

SEİZE PLOT- girişinə gələn tranzaktlar tərəfindən *PLOT*

qurğusunun tutulması. Əgər qurğu məşğuldursa, onda tranzakt qurğuya daxil olmaq üçün növbədə gözləyir.

RELEASE PLOT – PLOT qurğusunun xidmət almış tranzaktlardan azad olması.

ENTER MEM,12 - tranzakt MEM yaddaşında 12 vahid həcmi tutur.

LEAVE MEM,*2 - MEM yaddaşında k vahid yaddaş hissəsinin azad olması, k - tranzaktın ikinci parametrinin qiymətidir.

STR STORAGE 4096 - həcmi 4096 vahid olan qurğunun yazılışı.

TERMİNATE 3- tranzaktın sistemdən çıxarılması. Bu zaman yekun sayğacın məzmunu 3 vahid azaldılır. Modelləşdirmə yekun sayğacın qiyməti sıfırdan kiçik bərabər olduqda başa çatır.

ADVANCE A,B - A və B sahələrinin məzmununda təyin olunan zaman qədər tranzaktların ləngiməsi. Bu alt sahələrdə yazılan kəmiyyətlərin mənası GENERATE operatorunda olduğu kimidir.

SPLIT 3,LLL,6 – tranzaktların sürətinin çıxarılması, bu halda ilkin tranzaktın üç sürəti çıxarılır, ilkin tranzakt sıra ilə növbəti bloka istiqamətlənir, yaradılmış sürətlər isə LLL metkalı bloka istiqamətlənir. Bu zaman 6 əsas tranzaktın parametri bir, sürət tranzaktlar isə uyğun olaraq 2,3,4 vahid artır.

ASSEMBLE 5 – tranzaktların birləşdirilməsi, bloka ilk daxil olan tranzaktlar sistemdə hərəkətini bloka dörd tranzakt gəldikdən sonra davam etdirir.

ASSİGN 2, NAP – tranzaktın parametrinin qiymətinin dəyişməsi, bu halda tranzaktın ikinci parametri NAP qiymətini alır.

ASSİGN 3+, V4 – tranzaktın üçüncü parametrinin qiymətinin dəyişməsi- ona V4 qiyməti əlavə olunur.

TRANSFER ,MET – MET metkalı (nömrəli) operatora şərtsiz keçid.

TRANSFER BOTH,LAB1,UNN – LAB1 metkalı operatora keçilir, əgər mümkün deyilsə, UNN metkalı operatora keçilir, əgər o da mümkün deyilsə, onda tranzakt növbəti diskret model vaxtı anına qədər ləngiyir və göstərilən keçid cəhdləri təkrar edilir.

TRANSFER .4,AAA,LAB- tranzakt 0.4 ehtimalı ilə LAB metkalı operatora, 0.6 ehtimalı ilə AAA metkalı operatora keçir.

TRANSFER PICK, STK7, STK21-STK7, STK7+1, STK7+2,..., STK21 nömrəli operatorlara bərabər ehtimallı keçid.

TRANSFER FN AAA, 5 - metkası AAA funksiyasının qiymətilə 5 ədədinin cəminə bərabər olan operatora keçid.

TRANSFER P 4,41 – metkası tranzaktın N4 parametrinin qiymətilə 41 ədədinin qiymətinə bərabər olan operatora keçid.

TRANSFER SBR, PRC, 7 - tranzaktın N7 parametrinə yazı ilə verilmiş metkalı PRC operatoruna keçid.

LOOP 6, MET – dövrün təşkili - MET metkalı operatora 5 dəfə keçid, altıncı dəfə qayda üzrə növbəti operatora keçid.

TEST E V7, K256, LAB - şərtə görə keçid (idarənin şərti ötrülməsi): 13-18 - ci mövqelərə münasibət işarəsi yazılır, birinci iki alt sahədə dəyişənlər sahəsinə müqayisə edilən kəmiyyətlər yazılır, əgər şərt ödənilsə, keçid yoxdur, əks halda LAB metkalı operatora keçid edilir. Münasibət simvolları G- böyükdür, L- kiçikdir, E- bərabərdir, NE - fərqlidir, LE - kiçikdir bərabərdir, GE - böyükdür bərabərdir. Bu misalda əgər V7=256 isə, keçid yoxdur, əks halda LAB nömrəli operatora keçilir.

QUEUE SQV –növbənin təşkili operatoru, SQV növbə uzunluğu bir vahid artırılır.

DEPART SQV -əvvəlki kimidir, lakin növbə uzunluğu bir vahid azaldılır.

PRIORİTY 2 - tranzakta 2 prioriteti verilir.

SİMULATE - proqramın başlanğıc kartıdır (əgər işləyici

modeli icra etmək istəyirsə). Əgər bu kart yoxdursa, onda interpretator GPSS dilində modelin yazılışının düzgünlüyünü yoxlayır, modeli icra etmir.

START 100,,25 - yekun sayğacına 100 qiymətinin verilməsi, yığılmış statistik verilənlərin çıxışı yekun sayğacın məzmunun 25 vahid interval dəyişməsi ilə baş verir.

TABULATE MAT7 - MAT adlı histoqramın uyğun intervalına vahid əlavə edilir.

MAT7 TABLE P3,8,1,5 - TABULATE MAT7 operatoruna daxil olan, qiyməti tranzaktın 3-cü parametrində olan kəmiyyəti tabulyasiya etmək üçün MAT7 cədvəlinin (histoqramının) yazılışı.

5 VARIABLE X2 - K25 - hesablama operatorudur, bu halda saxlanılan N2 kəmiyyətindən 25 çıxılır və nəticə N5 dəyişəninə mənimsədir.

SAVEVALUE 5,*3 – saxlanılan N5 (X5) kəmiyyəti tranzaktın üçüncü parametrinin qiymətini alır.

GPSS interpretatorunun əsas əmrləri aşağıdakılardır:

- @<faylın adı>- modelin ilkin mətninin yüklənməsi;
- SAVE <faylın adı>- modelin mətninin saxlanması;
- DISPLAY [<N1 sətiri>],[<N2 sətiri>]- N1 sətirdən başlayaraq N2 sətirinə qədər modelin mətninin ekrana veilməsi;
- DELETE [< N1 sətiri>], [< N2 sətiri>] – N1 sətirdən N2 sətirinədək proqramdan mətnin çıxarılması;
- EDIT < sətirin nömrəsi> - mətnin sətirinin redaktəsi;
- CLEAR – modelin bütün statistikasının sıfırlanması (mütləq və nisbi model vaxtı taymerləri daxil olmaqla), tranzaktın passiv buferə qaytarılması;
- END – interpretatorun işinin tamamlanması.

Misal. Hesablama sisteminin modeli aşağıdakı kimidir.

QT11	SIMULATE		idarəedicici kart
PAM	QTABLE	T11,0,20,15	cədvəli yazan kart
	STORAGE	10	yaddaşı yazan kart

Obyektləri yazan operatorlar (bloklar)

GENERATE	4,2	tapşırıq axınının model-si
QUEUE	T11	növbə anının qeydi
ENTER	PAM	tapşırığın yaddaş blokunu tutması
DEPART	T11	növbədən çıxma anının qeydi
SEIZE	GPU1	processorun tutulması
ADVANCE	4,3	tapşırığın XV-da ləngiməsi
RELEASE	GPU1	processorun boşalması
LEAVE	PAM	yaddaş blokunun boşalması
TERMINATE	1	tapşırığın sistemdən çıxarılması

İdarəedicici kartlar		
START	100	
END		

Burada tapşırıq axınının gəlişi və ona xidmət vaxtı uyğun olaraq [2,6], [1,7] intervallarında müntəzəm paylanmışdır. Modeldə 100 tapşırığın keçidi modelləşdirilir. Misaldan görünür ki, operatorun karta yazılması vahid formada olur və belədir: Blokun (adın) simvolik ünvanın, obyektin (yazılış kartlarında metka sahəsi ad və ya yazılan obyektlerin nəmrlərini vermək üçün istifadə edilir) yazılışı üçün metka sahəsi, blokun tipini, obyektin, idarəedicici kartı yazmaq üçün əməliyyat sahəsi, vergüllə ayrılmış və informasiyanı verməyə xidmət edən 0-dan 9-a qədər daxil olan əməliyyatı yerinə yetirmək üçün zəruri operandlar sahəsi. Operator və yazılış kartlarını öyrənərkən operandları A, B, C,...H, I hərfləri ilə göstərmək rahatdır. Operator və yazılış kartlarını yazarkən qeyd edilmiş və sərbəst formatdan istifadə etmək mümkündür. Yazılış sahəsi 71 kolonkadan ibarətdir. Qeyd olunmuş formatda bütün sahə müəyyən kolonkalarda - metka sahəsi 2-6 kolonkasında, əməliyyat sahəsi 8-18, operandlar sahəsi 19-71 yerləşir. Birinci kolonkada "*" simvolu şərh sətirini göstərir. Şərhlər operator və kartların yazılışında birinci

probeldən sonra operandlar sahəsində yerləşdirilə bilər. Daha rahat olanı sərbəst formatda yazılışdır və bu qayda yerinə yetrilməlidir:

-metka sahəsi birinci kolonka ilə başlayır. Əgər birinci kolonkada “*” simvolu dayanıbsa, sətir şərh kimi qəbul edilir. Əgər kolonka boşdursa, bu metkanın yoxluğu kimi qəbul edilir;

-yazılışda sahə bir - birindən birdən az olmayan probellə ayrılır. Əgər operatora (kartda) metka yoxdursa, onda əməliyyat sahəsi ikinci kolonkadan başlaya bilər. Operandlar sahəsində birinci probel şərhin başlanğıcıdır;

-əgər operatora (kartda) heç bir operand yoxdursa, onda şərh ya 21-ci kolonkadan ya da “@” simvolu ilə başlaya bilər. Yazının ortasında buraxılmış operandlar vergüllərlə əvəz edilir;

-bəzi tip bloklar genişlənmiş əməliyyat sahəsinə malik ola bilər.

Standart ədədi atributlar. Obyektlərin SƏA ilə sistem ədədi atributlarını fərqləndirirlər. Sistem ədədi atributları modelləşdirmə prosesini tam xarakterizə edir. Obyektlərin SƏA model vaxtının cari anında obyektlərin vəziyyətini xarakterizə edir. Hər bir obyekt öz ədədi atribut yığımına malikdir. Bütün ədədi atributlar simvolik ada malikdir. Obyektlərin SƏA-nın adı atributun tipini verən mnemonik işarələməyə malikdir (obyektlərin SƏA üçün bu işarələmələr obyektlərin mnemonik işarələmələr ilə üst-üstə düşür). Modeldə rast gəlinən bütün tip obyektlər, o cümlədən simvolik adlı obyektlər bundan əlavə hər bir tip üçün və modeldə rast gəlmə dərəcəsinə görə avtonom olaraq idarə edici proqramla nömrələnir. Tranzaktın əsas SƏA parametrləri və tranzaktın prioritetidir. Hər bir tranzakt dörd formatdan birində 0-dan 1020-yə qədər parametmə malik ola bilər. Formatdan asılı olaraq parametrlərin adları *Phi*, *PPBi*, *Pli* (*i* - parametrin nömrəsidir, parametmə üçün simvolik addan istifadə yolverilməzdir). Parametrlərin sayının və təyinatının seçilməsi istifadəçi tərəfindən müəyyənləşdirilir.

Məsələn, verilənlərin ötrülməsi şəbəkəsini modelləşdirərkən proqramçı birinci parametri tələbin uzunluğunu vermək üçün, ikincini bu tələbi verən mənbəni rezervləşdirmək üçün və s. istifadə edə bilər. Modeldə müxtəlif prioritetlərə malik (0-dan 127 qədər) tranzaktlar ola bilər. Əgər iki tranzakt eyni bir qurğunu tutmağa çalışırsa, üstünlük yüksək prioritetli tranzakta verilir. İki eyni prioritetli tranzakt daxil olma sırasına görə emal olunur. Tranzaktın prioritetini xarakterizə edən SƏA *PR* kimi işarə edilir. Hər bir blokda iki SƏA var. *Wi* - model vaxtının cari anında *i* sayılı blokda yerləşən tranzaktın nömrəsi, *Ni* - simulyasiya modelinin bir icrası müddətində *i*-ci bloka daxil olan tranzaktların ümumi sayıdır.

Simvolik adlar və ünvanlaşdırma. SƏA obyektlərinin simvolik adı və hətta blokların metkalari 3 simvoldan 5 simvola qədər olur. Birinci 3 simvol mütləq hərf olmalıdır. Sonuncu 2 simvol hərf və ədəd ola bilər. SƏA-un simvolik adı onun mnemonik işarəsindən “\$” işarəsi ilə ayrılır. Məsələn, simvolik ad kimi QTİİ, PAM (“cədvəl” və “yaddaş” tipli obyekt adları), CPU1-“qurğu” tipli obyektin adı, XH5, XF\$TERM-uyğun olaraq “yarımsöz” formatlı 5 yaddaş obyektinin qiyməti və TERM adlı “söz” formatlı yaddaş obyektinin qiyməti. Q1,Q\$STEK- uyğun olaraq 1və STEK növbəsinin cari uzunluğu. F\$STAN - STAN qurğusunun cari vəziyyəti, V1, BV\$KOD - uyğun olaraq 1 nömrəli hesabi dəyişənin və KOD adlı bu dəyişənin qiymətləri.

5.2. GPSS modelləşdirmə dilinin əsas blokları və onlarla əlaqəli obyektlər

Tranzaktlarla əlaqəli bloklar-yaradılma, məhv etmə, tranzaktların ləngiməsi, onların atributlarının dəyişdirilməsi, tranzaktların sürətinin alınması bloklarıdır. Modeldə tranzaktların yaradılması üçün istifadə edilən blok *GENERATE* (generasiya

etmək), aşağıdakı formata malikdir: ad *GENERATE* A, B, C, D, E

A sahəsində iki ardıcıl tranzaktın modelə daxil olduğu anlar arasındakı intervalın orta qiyməti verilir. Əgər bu interval sabitdirsə, onda B sahəsi istifadə edilmir. Əgər daxil olma intervalı təsadüfi kəmiyyətdirsə, onda B sahəsində modifikator - interval və ya modifikator - funksiya kimi verlə bilən orta qiymət modifikatoru göstərilir. Modifikator - interval tranzaktların daxil olma intervalı müntəzəm ehtimal paylanma qanununa malik təsadüfi kəmiyyət olduqda istifadə edilir. Bu halda B sahəsində funksiya müraciətdən başqa istənilən SƏA verilə bilər, daxil olma intervalı isə $A - B$, $A + B$ sərhədlərinə malikdir. Məsələn, *GENERATE* 100,40 bloku - [60;140] parçasında müntəzəm paylanmış təsadüfi zaman intervalları vasitəsi ilə tranzaktlar yaradır. Əgər daxil olma intervalının paylanma qanunu müntəzəm paylanmadan fərqlidirsə, modifikator - funksiya istifadə edilir. Bu halda B sahəsində bu qanunu verən funksiya müraciət yazılır (onun SƏA), və təsadüfi daxil olma intervalı A sahəsi ilə (orta qiymət) funksiyanın hesablanmış qiymətinə hasilinin tam hissəsi kimi təyin edilir. C sahəsində birinci tranzaktın modelə daxil olma anı verilir. Əgər bu sahə boşdursa və sıfır bərabərdirsə, onda birinci tranzaktın meydana çıxma anı A və B operandları ilə müəyyən edilir. D sahəsi *GENERATE* bloku ilə yaradılmalı olan tranzaktların ümumi sayını verir. Əgər bu sahə boşdursa, onda blok modelləşdirmə tamamlana qədər qeyri-məhdud sayda tranzakt generasiya edir. E sahəsində generasiya edilən tranzakta mənimsənilən prioritet verilir. Prioritet səviyyələrinin sayı qeyri-məhduddur, ən aşağı prioritet - sıfır prioritetdir. Əgər E sahəsi boşdursa, generasiya edilən tranzakt sıfır prioritetinə malikdir. Tranzaktlar bir sıra standart ədədi atributlara malikdir. Məsələn, *PR* adlı SƏA tranzaktın prioritetinə müraciətə imkan verir. *M1* adlı SƏA-a tranzaktın rezident vaxtı adlanan vaxt daxildir, b.s. *GENERATE* bloku vasitəsilə modelə tranzaktın daxil olduğu andan keçən vaxt.

XN1 adlı SƏA-a unikal olan və həmişə bir tranzaktı digərindən fərqləndirməyə imkan verən tranzaktın daxili nömrəsi aiddir. Digər obyektlərin SƏA-dan fərqli olaraq, tranzaktların SƏA-da tranzaktın adı və ya nömrəsinə müraciət yoxdur. Tranzaktın SƏA - na müraciət həmişə aktiv tranzakta, b.s. simulyatorun bu anda emal etdiyi tranzakta aiddir. Tranzaktların vacib standart ədədi atributları onların parametrlərinin qiymətləridir.

İstənilən tranzakt bu və ya digər ədədi qiymətə malik qeyri-məhdud sayda parametrlərə malik ola bilər. Tranzaktların belə SƏA-na müraciət aktiv tranzaktlara aiddir və P_j və ya $P\$$ ad şəkilindədir, harada ki, j və ad uyğun olaraq parametrin adı və nömrəsidir. Əgər parametr göstərilən nömrə və ya adla mövcuddursa, b.s. ona hər hansı qiymət verilmişsə, belə müraciət yalnız o halda mümkündür. Parametrə başlanğıc qiymətləri mənimsətmək üçün və ya bu qiymətləri dəyişmək üçün aşağıdakı formata malik *ASSIGN* (mənimsətmək) ad *ASSIGN A,B,C* blokundan istifadə edilir.

A sahəsində qiyməti B operandına verilən parametrin nömrəsi və ya adı göstərilir. Əgər A sahəsində parametrin adından (nömrəsindən) sonra $+$ və ya $-$ işarəsi dayanmışdırsa, onda B operandının qiyməti parametrin cari məzmunundan çıxılır və ya ona əlavə edilir. C sahəsində *GENERATE* blokunun B sahəsində funksiya-modifikatora analoji hərəkət edən funksiya-modifikatorun adı və ya nömrəsi göstərilə bilər. Məsələn, blok *ASSIGN 5,0*

5 nömrəli parametərə 0 qiymətini yazır.

ASSIGN COUNT + 1

bloku isə *COUNT* adlı parametrin cari qiymətinə 1 əlavə edir. Tranzaktın verilmiş parametrinə cari model vaxtını yazmaq üçün

MARK (qeyd etmək) blokundan istifadə edilir və aşağıdakı formata malikdir: ad *MARK A*

A sahəsində tranzaktın parametrinin nömrəsi və ya adı göstərilir. Bu tranzakt *MARK* blokuna daxil olduqda bura cari model vaxtı verilir.

Bu parametrin məzmunu sonralar MP adlı SƏA-un köməyilə modelin hər hansı bir hissəsində tranzaktın tranzit gəlmə vaxtının təyini üçün istifadə edilə bilər. Məsələn, əgər modelin giriş sahəsinə *MARK MARKER* bloku yerləşdirilsə, onda bu sahənin çıxışında

SƏA MP\$MARKER MARK bloku ilə *MARKER* parametrinə qoyulmuş zamanla cari model vaxtı arasındakı fərq olacaqdır.

Əgər *MARK* blokunda A sahəsi boşdursa, onda cari vaxt tranzaktın modelə daxil olma vaxtının qeyd yerinə yazılır. Bu isə SƏA M1- in köməyilə tranzaktın rezident vaxtının təyində istifadə edilir. Tranzaktın prioritetinin dəyişdirilməsi üçün aşağıdakı formatda yazılan *PRIORITY* (prioritet) blokundan istifadə edilir:

ad *PRIORITY A, B*

A sahəsində tranzaktın yeni prioriteti yazılır. B sahəsində isə *BU* açar sözü yerləşdirilə bilər. *BU* olduğu halda bloka daxil olan tranzakt cari hadisələr siyahısında yeni prioritet qrupunun bütün tranzaktlarından sonra yerləşdirilir və cari hadisələr siyahısına başlanğıcdan baxılır. Bu imkandan istifadəyə aşağıda baxılacaqdır. Tranzaktları modeldən çıxarmaq üçün aşağıdakı formatda yazılan *TERMINATE* (tamamlamaq) blokundan istifadə edilir:

ad *TERMINATE A*

A sahəsinin qiyməti tranzakt *TERMINATE* blokuna daxil olduqda tamamlama sayğacının məzmununun neçə vahid azaldığını göstərir.

Əgər A sahəsi təyin edilməmişdirsə, onda 0-a bərabər hesab edilir. Belə blokdan gələn tranzaktlar tamamlama sayğacının məzmununu azaltmırlar. Tamamlama sayğacının başlanğıc qiyməti modeli icraya buraxan idarəedici *START* (başlamaq) operatoru ilə qoyulur.

Bu operatorun A sahəsi tamamlama sayğacının başlanğıc qiymətini saxlayır. Modelin icrası tamamlama sayğacının məzmunu 0 olduqda qurtarır. Beləliklə heç olmasa, modeldə boş olmayan A sahəsinə malik bir TERMINATE operatoru olmalıdır, əks halda modelləşdirmə prosesi heç zaman tamamlanmır. Tamamlama sayğacının cari qiyməti proqramçıya CЧA TG1 sistemi vasitəsi ilə əlçatandır. Modelin GENERATE-TERMINATE bloklar cütünü ilə əlaqəli blok-sxem hissəsi seqment adlanır. Sadə modellər bir, mürəkkəb modellər isə bir neçə seqmentdən ibarət olur. Məsələn, iki GENERATE və TERMINATE bloklarından ibarət sadə model seqmenti, idarəedici START operatoru ilə tranzaktların modelə orta intervalı 100 model vaxtı ilə daxil olan və məhv edilən təsadüfi axınının yaradılmasını modelləşdirir. Tamamlama sayğacının başlanğıc qiyməti 1000-ə bərabərdir. TERMINATE blokundan keçən hər bir tranzakt sayğacdən vahid çıxır və 1000-ci tranzakt TERMINATE blokuna daxil olduqda modelləşdirmə başa çatır.

```
GENERATE 100,40  
TERMINATE 1  
START 1000
```

Bu zaman taymerin dəqiq qiyməti icranın tamamlaması anında əvvəlcədən məlum olmur. Beləliklə bu misalda icra müddəti model vaxtı ilə deyil, modeldən keçən tranzaktların sayı ilə müəyyən olunur. Əgər icra vaxtını model vaxtı ilə idarə etmək lazımdırsa, onda modeldə taymer seqmenti adlanan xüsusi seqmentdən istifadə edilir.

```
GENERATE 100,40  
TERMINATE  
GENERATE 100000  
TERMINATE 1  
START 1
```

Məsələn, modeldə iki seqmentdən birincisi (əsas) seqment əvvəlki misaldakı funksiyanı icra edir. Qeyd edək ki, TERMINATE blokunun A sahəsi birinci seqmentdə boşdur. Yəni məhv edilən tranzaktlar tamamlama sayğacının məzmununu azaltmır. İkinci seqmentdə GENERATE bloku model vaxtı 100000-ə bərabər olduqda birinci tranzaktı yaradır. Lakin bu tranzakt bu seqmentdə sonuncu olur. Belə ki, o TERMINATE blokuna daxil olduqda tamamlama sayğacının məzmununu sıfırladır (START operatorunda qoyulmuş 1-ə bərabər). Beləliklə bu modeldə müəyyən model vaxtında icranın tamamlaması qərarlı olur. Lakin modeldən keçən tranzaktların dəqiq sayı əvvəlcədən məlum olmur. Göstərilən misallarda GENERATE bloku vasitəsi ilə modelə daxil olan tranzaktlar həmin model vaxtında TERMINATE blokunda məhv olurlar.

Kütləvi xidmət sistemi modellərində KXS qurğuları (kanalları) tələblərə sistemi tərk etməzdən əvvəl müəyyən zaman aralığında xidmət edirlər. Belə xidmətin modelləşdirməsi üçün, b.s.tranzaktların müəyyən model vaxtı aralığında ləngiməsinə aşağıdakı formatda yazılan ADVANCE (ləngitmək) bloku xidmət edir:

ad ADVANCE A,B

A və B sahələrində operandlar GENERATE blokunun uyğun sahələrindəki mənanı daşıyır. Qeyd etmək lazımdır ki, ADVANCE blokuna daxil olan tranzaktlar cari hadisələr siyahısından gələcək hadisələr siyahısına keçirilir və hesablanmış ləngimə müddətində cari hadisələr siyahısına geri qayıdırlar. Sonra isə onların hərəkəti blok sxem üzrə davam etdirilir. Əgər hesablanan ləngimə vaxtı 0-a bərabədirsə, onda tranzakt həmin model vaxtı anında cari hadisələr siyahısında qalaraq, növbəti bloka keçir. Məsələn, baxılan seqmentdə GENERATE blokundan [60;140] parçasında müntəzəm paylanmaya malik təsadüfi zaman intervalında modelə daxil olan tranzaktlar ADVANCE blokuna daxil olurlar. Burada

[30;130] parçasında müntəzəm paylanmaya malik tranzaktın təsadüfi ləngimə vaxtı təyin edilir və tranzakt gələcək hadisələr siyahısına keçirilir. Ləngimə vaxtı bitdikdə tranzakt cari hadisələr siyahısına qayıdır və TERMINATE blokuna daxil olur və məhv edilir. Qeyd edək ki, gələcək hadisələr siyahısında və deməli ADVANCE blokunda eyni zamanda ixtiyari sayda tranzakt ola bilər.

GENERATE 100,40
ADVANCE 80,50
TERMINATE 1

Baxılan misallarda təsadüfi zaman intervalları müntəzəm ehtimal paylanma qanununa tabedir. GPSS - də digər paylanmalara malik təsadüfi kəmiyyətləri almaq üçün dəyişənlər və funksiyalar kimi hesablama obyektlərindən istifadə edilir. Məlumdur ki, ixtiyari təsadüfi kəmiyyət [0;1] parçasında müntəzəm paylanmaya malik R təsadüfi kəmiyyətilə öz tərs paylanma funksiyası ilə əlaqədardır.

Müəyyən təsadüfi kəmiyyət üçün əlaqə tənliyinin aşkar həlli vardır və verilmiş ehtimal paylanmasına malik təsadüfi kəmiyyətin qiyməti R vasitəsilə formula üzrə hesablana bilər. Məsələn, d parametrlü üstlü (eksponensial) paylanmaya malik E təsadüfi kəmiyyətinin qiyməti bu formulla hesablanır:

$$E = -(1/d) * \ln(R)$$

$1/d - E$ təsadüfi kəmiyyətinin riyazi gözləməsidir (orta qiyməti), d parametri isə E təsadüfi kəmiyyətinin riyazi gözləməsinin tərsidir. GPSS-də [0;1] parçasında müntəzəm paylanmış R təsadüfi kəmiyyətini almaq üçün quraşdırılmış təsadüfi ədədlər generatoru vardır. Belə generatora müraciət etməklə təsadüfi ədədləri almaq üçün sistem SƏA RN-nə generatorun nömrəsi yazılır, məsələn RN1. Lakin quraşdırılmış təsadüfi ədədlər generatoru GPSS-də [0;1] parçasında olmayan

ədədləri deyil 0-dan 999-a qədər olan müntəzəm paylanmış ədədləri verir. Bu ədədləri göstərilən parçaya gətirmək üçün 1000 - ə bölürlər. GPSS-də yazılmış hesablamaları aparmaq hesabi dəyişənlərdən istifadə etməklə yerinə yetrilir. Onlar tam və həqiqi ola bilər. Tam dəyişənlər modelləşdirmənin əvvəlində VARIABLE (dəyişən) təyinetmə operatoru vasitəsilə müəyyən edilir və aşağıdakı formatda yazılır:

ad *VARIABLE* ifadə

Burada ad - müraciət edilən dəyişənin adıdır, ifadə isə dəyişəni müəyyən edən hesabi ifadədir. Hesabi ifadə sabitlər kimi çıxış edən operandlar kombinasiyasını, SƏA və funksiyaları, hesabi əməliyyatların işarələrini, dairəvi mütərizəni təqdim edir. Qeyd etmək lazımdır ki, GPSS-də vurma əməliyyatının işarəsi # (nömrə) simvoludur. Hər bir aralıq əməliyyatın nəticəsi kəsr hissənin atılması yolu ilə tam dəyişənlərə çevrilir, yəni bölmə əməlinin nəticəsi kəsrin tam hissəsidir. Həqiqi dəyişənlər modelləşdirmədən qabaq formatı VARIABLE operatorunun formatına uyğun olan FVARIABLE təyinetmə operatorunun köməyi ilə təyin edilir. Həqiqi dəyişənlərin tam dəyişənlərdən fərqi ondan ibarətdir ki, həqiqi dəyişənlərdə bütün aralıq əməliyyatlar ədədin kəsr hissəsini saxlamaqla icra edilir, yalnız son nəticə kəsr hissəni atmaqla tam tipə gətirilir. Hər iki tip hesabi dəyişənlər V adlı yeganə SƏA-ta malikdir. Qiyməti isə dəyişəni təyin edən hesabi ifadənin hesablanması nəticəsidir. İfadənin hesablanması tranzakt bloka girdikdə SƏA V dəyişən adı ilə müraciətə görə yerinə yetrilir. Həqiqi dəyişənlər üstlü paylanmaya malik təsadüfi zaman intervallarını almaq üçün istifadə edilə bilər. Tutaq ki, modeldə tranzaktların daxil olma vaxtı və ləngimə vaxtı üstlü paylanma olmalıdır. Bu aşağıdakı kimi ola bilər.

```

TARR FVARIABLE -100#LOG((1+RN1)/10
TSRV FVARIABLE -80#LOG ((1+RN1)/100)
GENERATE V$TARR
ADVANCE V$TSRV
TERMINATE 1

```

Şək. 5.1 Modeldə tranzaktların daxil olma və ləngimə vaxtı

TARR adlı dəyişən 100 orta qiymətli ilə daxilolma intervalını, ikinci dəyişən *TSRV* isə 80 orta qiymətinə malik ləngimə vaxtını hesablamaq üçün ifadəni verir. *GENERATE* və *ADVANCE* blokları A sahəsində uyğun dəyişənlərə müraciəti saxlayır, bu zaman B sahəsi istifadə edilmir. Belə ki, A sahəsində modifikasiyaya ehtiyacı olmayan təsadüfi kəmiyyət vardır. Əksər təsadüfi kəmiyyətlər hesabi ifadənin köməyilə R təsadüfi kəmiyyəti vasitəsilə alın bilməz. Bundan başqa bu qayda kifayət qədər çox çətindir. Belə ki, bu onlarla hesablama əməliyyatları tələb edən riyazi funksiyalara müraciəti tələb edir. Digər mümkün qayda funksiya tipli GPSS hesablama obyektlərindən istifadədir. Funksiya cədvəl asılılıqları ilə verilmiş kəmiyyətlərin hesablanması üçün istifadə edilir. Hər bir funksiya modelləşdirmənin başlanmasından əvvəl aşağıdakı formata malik FUNCTION (funksiya) təyinetmə operatorunun köməyilə təyin edilir: ad FUNCTION A, B Burada ad - ona müraciət edilən funksiyanın adıdır; A - funksiyanın arqumenti olan standart ədədi atributdur; B - funksiyanın tipidir və funksiyanı təyin edən cədvəlin nöqtələr sayıdır. Beş tip funksiya mövcuddur. Bunlardan biri kəsilməz ədədi funksiya, tipi C hərfi ilə kodlaşdırılır. Məsələn, cədvəldə 24 nöqtəsi olan kəsilməz ədədi funksiyanı təyin etmək üçün B sahəsində C24 qiyməti yazılmalıdır. Kəsilməz funksiya istifadə zamanı təsadüfi ədədləri generasiya etmək üçün onun arqumenti RN_j təsadüfi ədədlər generatorundan biri olmalıdır. Üstlü paylanma funksiyanı təyin etmək üçün operator aşağıdakı kimi ola bilər: EXPOA FUNCTION RN1, C24 Qurulmuş

RN_j təsadüfi ədədlər generatorunun istifadə xüsusiyyəti funksiyanın arqumentləri qismində onların qiymətinin 0 - dan 0,999999-a qədər kəsr ədəd kimi interpretasiya edilməsidir. Funksiyanın koordinat nöqtələrinin cədvəli FUNCTION operatorundan sonra sətirlərdə qoyulur. Bu sətirlərin sahə nömrələri olmamalıdır. Cədvəlin hər bir nöqtəsi vergüllə ayrılan X_i (arqumentin qiyməti) və Y_i (funksiyanın qiyməti) cütlükləri ilə verilir. Koordinat cütlükləri “/” simvolu ilə ayrılır və istənilən sayda sətirdə yerləşdirilir. X_i arqumentinin qiymətlər ardıcılığı ciddi artan olmalıdır. Qeyd edildiyi kimi funksiya istifadə edərkən GENERATE və ADVANCE bloklarının B sahəsində daxilolma və ya ləngimə intervalının hesablanması A operandının funksiyanın qiymətinə vurulması yolu ilə yerinə yetrilir. Buradan çıxır ki, üstlü paylanmaya malik təsadüfi kəmiyyətin generasiyası üçün cədvəl şəklində verilmiş $y = -\ln(x)$ asılılığını yazmaq lazımdır. Approksimasiyanın kifayət qədər dəqiqliyini təmin etmək üçün belə cədvəlli 24 nöqtədən ibarət FUNCTION operatoru aşağıdakı kimidir:

```

EXPOA FUNCTION RN1,C24
0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,.915
.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3
.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.98,3.9
.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8

```

Şək. 5.2 FUNCTION operatorunun yazılışı

Kəsilməz funksiyanın hesablanması aşağıdakı kimidir. Əvvəlcə SƏA-un cari qiyməti yerləşən $(x_i; x_{i+1})$ intervalı (bizim misalda RN1-in generasiya edilən qiyməti) təyin edilir. Sonra isə bu intervalda Y_i və Y_{i+1} -in uyğun qiymətlərindən istifadə edərək xətti interpolyasiya edilir. İnterpolyasiyanın nəticəsi kəsr hissəsi atılmaqla götrülür və funksiyanın qiyməti

kimi istifadə edilir. Əgər funksiya GENERATE və ya ADVANCE bloklarının B operandına xidmət edirsə, onda nəticənin kəsilməsi onun A operandının qiymətinə vurulmasından sonra yerinə yetrilir. Verilmiş paylanmaya malik təsadüfi ədədin alınması üçün funksiya istifadə approssimasiyanın xətasına görə az dəqiqliyə malik nəticə versə də hesablama itkisi kiçik olur (xətti interpolyasiyanın hesablanmasına bir neçə məşin əməliyyatı gedir). Aproximasiyanın xətasına kəsilmənin həddən artıq böyük xətasını əlavə etməməkdən ötrü istifadə zamanı üstlü paylanmanın orta qiyməti kifayət qədər böyük olmalıdır (50 - dən kiçik olmamalıdır). Bu dəyişənlərin istifadəsinə də aiddir. Bütün tip funksiyalar qiyməti hesablanmış funksiyanın qiyməti olan FN adlı yeganə SƏA-ta aiddir. Funksiyanın hesablanması tranzakt CQA FN adlı funksiyaya müraciəti saxlayan bloka daxil olduqda yerinə yetrilir. Əvvəlki misalda (Şək.5.1) TARR və TSRV dəyişənlərini EXPOA ilə əvəz edək. Hər iki modeldə eyni RN1 generatoru istifadə edildiyindən, GENERATE və ADVANCE bloklarında hesablanan daxilolma və ləngimə intervalları tamamiilə yaxın alınmalıdır və identik də ola bilər. Modeldən keçən tranzaktların sayı böyük olduqda (onlarla və minlərlə) hesablama sürətinin fərqi nəzərə çarpan olmalıdır.

```

EXPOA FUNCTION RN1,C24
0,0/1,,104/2,,222/3,,355/4,,509/5,,69/6,,915
.7,1.2/75,1.38/8,1.6/84,1.85/88,2.12/9,2.3
.92,2.52/94,2.81/95,2.99/96,3.2/97,3.5/98,3.9
.99,4.6/995,5.3/998,6.2/999,7/9998,8
GENERATE 100,FNSEXPOA
ADVANCE 80,FNSEXPOA
TERMINATE 1

```

Şək.5.3 TARR və TSRV dəyişənlərinin
EXPOA ilə əvəz edilməsi

Kəsilməz funksiyanın xüsusiyyətləri ondan ibarətdir ki, onlar Y_1 - dən Y_n diapozonunda “kəsilməz” (lakin yalnız tamqiymətli) qiymət qəbul edir, n - cədvəl nöqtələrinin qiymətidir. Onlardan fərqli olaraq təyin etmə operatorunun B operandında tipi D hərfi ilə kodlaşdırılan diskret ədədi funksiyalar FUNCTION təyin etmə operatorundan sonra sətirlərdə Y_i koordinatları ilə verilən yalnız ayrı-ayrı qiymətlər (diskret) qəbul edir. Diskret funksiyanı hesablayarkən FUNCTION operatorunun A sahəsində göstərilən SƏA-arqumentin cari qiyməti \leq şərti üzrə ardıcıl olaraq bütün i -lər üçün bu şərt ödənilənə qədər X_i koordinatlarının artma üzrə nizamlanmış bütün qiymətləri ilə müqayisə edilir. Funksiyanın qiyməti Y_i funksiyasının uyğun qiymətinin tam hissəsi olur. Əgər cədvəl arqumentinin funksiyanın koordinat nöqtələrinin qiymətlər ardıcılığı natural siranın ədədlərini (1,2,3,..., n) təqdim edirsə, onda belə diskret funksiyanı maşın vaxtına qənaət məqsədilə siyahı tip funksiya kimi təyin etmək (L tip) rahatdır.

Tutaq ki, verilən model hissəsində (Şək.5.2)1/3 ehtimalı ilə modelləşdirilən tranzaktlar 1, 2 və 3 tip siniflərdən birinə aiddir. Hər tip tələblərin orta ləngimə vaxtı isə uyğun olaraq 70, 80 və 90 vahid model vaxtı təşkil etməlidir. Bu isə növbəti model hissəsi (Şək. 5.4) kimidir. ASSIGN blokunda hər bir generasiya edilən tranzaktın TYPE parametrinə CLASS diskret funksiyasının köməyiylə alınan tranzaktın tipi verilir. Funksiyanın arqumenti RN1 təsadüfi ədədlər generatorudur, onun cədvəl koordinatları isə hər üçü eyniehtimallı təsadüfi kəmiyyətin “tələblər sinfi” diskret təsadüfi kəmiyyətin paylanmasının tərs funksiyasını təqdim edir. ADVANCE blokunun A sahəsində arqumenti tranzaktlar blokuna daxil olan TYPE parametri olan MEAN siyahı funksiyası vardır. Bu parametrin qiymətindən asılı olaraq (tələbin tipi) orta ləngimə vaxtı MEAN üç mümkün qiymətdən 70,80,90 birini alır.

```

EXPOA FUNCTION RN1, C24
0,0/1.,104/2.,222/3.,355/4.,509/5.,69/6.,915
.7,1,2/75,1,38/8,1,6/84,1,85/88,2,12/9,2,3
.92,2,52/94,2,81/95,2,99/96,3,2/97,3,5/98,3,9
.99,4,6/995,5,3/998,6,2/999,7/9998,8
CLASS FUNCTION RN1, D3
.333,1/667,2/1,3
MEAN FUNCTION PSTYPE, L3
1, 70/2, 80/3, 90
GENERATE 100, FNSEXPOA
ASSIGN TYPE, FNSCLASS
ADVANCE FNSMEAN, FNSEXPOA
TERMINATE 1

```

Şək.5.4 Üç sinifdən birinə aid tranzaktların
modelləşdirilməsi

Qeyd etmək lazımdır ki, bu misalda TYPE parametrindən istifadə etməmək də olardı. Orta ləngimə vaxtının mümkün üç qiymətindən birini eyni ehtimalla qaytaran bir diskret funksiya ilə keçinmək olardı. Lakin parametrlərdən istifadə müəyyən əlavə imkanlar verir ki, buna sonra baxılacaqdır. Tranzaktlar modelə yalnız GENERATE bloku vasitəsilə deyil, aşağıdakı formatda yazılan SPLIT (boşaltmaq) blokunda mövcud olan tranzaktların sürətinin alınması yolu ilə də daxil ola bilər:

ad SPLIT A, B, C

A sahəsində SPLIT blokuna daxil olan ilkin (valideyn) tranzaktın yaradılan sürətlərinin sayı verilir. Tranzakt - valideyn SPLIT blokundan çıxdıqdan sonra növbəti bloka istiqamətlənir. Bütün törəmə tranzaktlar isə B sahəsində göstərilən bloka daxil olur. Əgər B sahəsi boşdursa, onda bütün sürətlər növbəti bloka daxil olur. SPLIT blokundan çıxan tranzakt-valideyn və onun törəmələri adı və ya nömrəsi C sahəsində göstərilən parametrdə nömrələyə bilər. Əgər SPLIT blokuna daxil olarkən tranzakt-valideyndə bu parametrin qiyməti k -ya bərabərdirsə, onda blokdan çıxarkən $k + 1$,

tranzakt törəmələr üçün isə bu parametrin qiymətləri isə $k + 2$, $k + 3$ və s. olacaqdır.

Məsələn, SPLIT 5, MET1, NUM bloku ilkin tranzaktın 5 sürətini yaradır və onu MET1 adlı bloka istiqamətləndirir. Tranzakt-valideyn və törəmələr NUM adlı parametrdə nömrələnir. Məsələn, əgər bloka daxil olarkən valideyn - tranzaktda bu parametrin qiyməti 0 idisə, blokdan çıxarkən 1, törəmə tranzaktlar üçün NUM parametrinin qiyməti 2,3,4,5 və 6 olacaqdır.

İndi isə **aparath** obyektlərlə əlaqəli bloklara baxaq. Baxılan misallar hələ ki, kütləvi xidmət sistemi modeli deyil. Belə ki, orada KXS-nin əsas xüsusiyyəti - sistemin məhdud ehtiyatlarından istifadə üzrə tələblərin konkurensiyası nəzərə alınmamışdır. GENERATE bloku vasitəsilə modelə daxil olan bütün tranzaktlar girişində neçə tranzakt olmasından asılı olmayaraq “heç vaxt” imtina etməyən ADVANCE blokunda tezəcə “xidmət” imkanı alır. Modeldə KXS-in məhdud resurslarının modelləşdirməsi üçün aparat obyektləri iştirak etməlidir: birkanallı və ya çoxkanallı qurğu.

Cari modeldə birkanallı qurğu aşağıdakı formatda yazılan SEIZE (məşğul etmək) və RELEASE (azad etmək) bloklarından istifadə etməklə yaradılır:

ad SEIZE A

ad RELEASE A

A sahəsində qurğunun adı və ya nömrəsi göstərilir. Əgər tranzakt SEIZE blokuna daxil olursa, onda A sahəsində göstərilən qurğu məşğul edilir və o vaxta qədər bu vəziyyətdə qalır ki, qurğunu tərk edərək uyğun RELEASE blokuna keçməsin. Əgər SEIZE blokunun A sahəsində göstərilən qurğu hər hansı tranzaktla məşğuldursa, heç bir tranzakt bu bloka daxil ola bilməz və əvvəlki blokda qalar. SEIZE blokundan qabaq blokirə olan tranzaktlar cari hadisələr siyahısında qalır və qurğu boşaldıqda prioritet və daxilolma növbəsi nəzərə alınmaqla emal olunur. Hər bir qurğu aşağıdakı SƏA-lara malikdir:

F - qurğunun vəziyyəti (0 - azaddır,1- məşğuldur); FR - 1000-də birlərlə istifadə əmsalı; FC - məşğul qurğuların sayı; FT - qurğunun orta məşğulluq vaxtının tam hissəsi. Gözləməsi olan bir kanallı KXS-in modelləşdirməsi üçün SEIZE və RELEASE bloklarından istifadə edək.Onda SYSTEM adlı qurğunun tutulması və azad edilməsini modelləşdirən ADVANCE bloku SEIZE və RELEASE blokları arasında yerləşəcək. Ona görə də onda yalnız bir tranzakt yerləşəcək.

GENERATE blokundan çıxan tranzaktlar qurğu məşğul olduğu anda SEIZE blokuna girə bilməz və cari hadisələr siyahısında növbə yaradaraq GENERATE blokunda qalacaqdır.

```
EXPOA FUNCTION RN1,C24
0,0/1.,104/2.,222/3.,355/4.,509/5.,69/6.,915
.7,1.2/75,1.38/8,1.6/84,1.85/88,2.12/9,2.3
.92.2.52/94,2.81/95,2.99/96,3.2/97,3.5/98,3.9
.99,4.6/995,5.3/998,6.2/999,7/9998,8
GENERATE 100,FNSEXPOA
SEIZE SYSTEM
ADVANCE 80, FNSEXPOA
RELEASE SYSTEM
TERMINATE 1
```

Şək. 5.5 SEIZE və RELEASE bloklarından istifadə etməklə gözləməsi olan bir kanallı KXS-in modelləşdirilməsi

Bir kanallı qurğunun tutulmasını (kəsilməsini) modelləşdirmək üçün SEIZE və RELEASE bloklarının əvəzinə uyğun olaraq aşağıdakı formatda yazılan PREEMPT (tutmaq) və RETURN (qayıtmaq) blokları istifadə edilir:

ad PREEMPT A,B,C,D,E

A sahəsində tutulacaq qurğunun adı və ya nömrəsi göstərilir. B sahəsində tutulmanın şərti kodlaşdırılır. Əgər bu sahə boşdursa, xidmət olunan tranzakt tutmamışdırsa, onda tutulma baş verir. Əgər B sahəsinə PR operandı yazılmışsa və

xidmət olunan tranzaktın prioriteti tutan-tranzaktın prioritetindən aşağıdırsa, onda tutulma baş verir. C, D və E sahələri xidməti kəsilmiş tranzaktların davranışını təyin edir. C sahəsi kəsilmiş tranzakt istiqamətlənəcək blokun adını göstərir. D sahəsində kəsilən tranzaktın qurğuda xidmətinin tamamlanmasına qalan vaxt yazılan parametrinin nömrəsi və ya adı göstərilə bilər. E sahəsində operand olmadıqda kəsilən tranzakt tutulmanın qurtarması üzrə qurğuda avtomatik bərpa hüququnu saxlayır. Əgər E sahəsində RE operandı göstərilmişsə, onda tranzakt bu hüququ itirir. RETURN bloku tutulmadan azad olmağa məhkum yeganə qurğunun adı və ya nömrəsi olan A operandına malikdir. PREEMPT və RETURN blokları mütləq prioritetli KXS-in modelləşdirilməsi üçün istifadə edilə bilər. Sadə hallarda bir səviyyəli tutulmada PREEMPT blokunda yeganə A operandı istifadə edilir. Bu zaman kəsilmiş tranzakt simulyator vasitəsilə gələcək hadisələr siyahısından qurğunun kəsilmələri siyahısına keçirir. Qurğunun tutulması qurtardıqdan sonra isə kəsilmiş tranzakt xidməti davam etmək üçün ilkin olaraq hesablanmış qurğunun məşğul olma vaxtı ilə gələcək hadisələr siyahısına qaydır.

Modeldə çoxkanallı qurğu (ÇKQ) yaratmaq üçün onlar ilkin olaraq STORAGE (yaddaş) təyinetmə operatorunun köməyi ilə təyin edilə bilər:

ad STORAGE A

Burada ad - müraciət etmək üçün ÇKQ - nun adıdır; A - sabitlə verilən ÇKQ-nin həcmidir (xidmət kanallarının sayıdır). ÇKQ - nun xidmət kanallarını məşğul və azad etmək üçün aşağıdakı formatda yazılan ENTER (girmək) və LEAVE (tərk etmək) bloklar cütliyindən istifadə edilir:

ad ENTER A,B

ad LEAVE A,B

A sahəsində ÇKQ-nin nömrəsi və ya adı göstərilir, B sahəsində - ENTER blokuna girdikdə tutduğu və ya LEAVE

blokuna girdikdə azad etdiyi ÇKQ-nin kanallarının sayı göstərilir. Adətən B sahəsi boş olur. Bu halda susmaya görə bir kanal tutulur və ya azad edilir. Tranzakt ENTER blokuna daxil olduqda ÇKQ - nun cari məzmunu B sahəsində göstərilən vahid qədər artır. Əgər ÇKQ - nun azad hissəsi B sahəsinin qiymətindən kiçikdirsə, onda tranzakt ENTER blokuna girə bilməz və cari hadisələr siyahısında növbə yaradaraq əvvəlki blokda qalır. Tranzakt LEAVE blokuna daxil olduqda ÇKQ - nun cari məzmunu B sahəsində göstərilən vahidlərin sayı qədər azalır. Verilmiş tranzakt ENTER blokuna daxil olduqda tutulan qədər ÇKQ-nin kanallarının azad olması vacib deyildir. Lakin ÇKQ-nin cari məzmunu mənfə olub bilməz. ÇKQ aşağıdakı SƏA-lara malikdir:

S - ÇKQ-nin cari məzmunu; R - ÇKQ-nin azad həcmi; SR - 1000-də bir hesabla istifadə əmsalı; SA - ÇKQ - nun orta məzmununun tam hissəsi; SM - ÇKQ-nin maksimal məzmunu; SC - ÇKQ-nin tutulmalarının sayı; ST - ÇKQ-nin orta tutulma vaxtının tam hissəsi. ENTER-LEAVE bloklarından və STORAGE operatorundan gözləməsi olan iki kanallı KXS-in modelləşdirilməsi üçün istifadə edək. Əgər STO2 adlı ÇKQ-nin cari məzmunu 2-dən kiçikdirsə, b.s. ADVANCE blokunda bir və ya sıfır tranzakt varsa, onda GENERATE bloku vasitəsilə modelə daxil olan növbəti tranzakt ENTER sonra isə ADVANCE blokuna daxil ola bilər. Əgər ÇKQ-nin cari məzmunu 2-yə bərabərdirsə, onda növbəti tranzakt cari hadisələr siyahısında növbə yaradaraq GENERATE blokunda qalır. Ləngimə müddətində xidmət alan iki tranzaktdan biri ADVANCE blokunda və sonra isə LEAVE blokuna daxil olduqda blokirə olunmuş tranzaktlardan birincisi ENTER blokuna daxil ola bilər.


```

STO2 STORAGE 2
EXPOA FUNSTONRN1,C24
0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,.915
.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3
.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.98,3.9
.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8
GENERATE 100, FNSEXPOA
ENTER STO2
ADVANCE 160, FNSEXPOA
LEAVE STO2
TERMINATE 1

```

Şək. 5.6 Modeldə çoxkanallı qurğunun yaradılması

Aparat obyektlərinə hətta iki vəziyyətdə ola bilən məntiqi çevricilər (MÇ) də aiddir: “qoşulmuşdur” və “açılmışdır”. Modelləşdirmənin əvvəlində bütün MÇ - lər “açılmışdır” vəziyyətində olur.

Ayrı-ayrı çevricilər başlanğıc “qoşulmuşdur” vəziyyətinə aşağıdakı formatda yazılan INITIAL (inisializasiya etmək) operatorunun köməyiylə qoyulur:

```

INITIAL LSS ad
INITIAL LSj

```

burada ad və j “qoşulmuşdur” başlanğıc vəziyyətinə qoyulan MÇ-in uyğun olaraq adı və nömrəsidir.

Modelləşdirmə prosesində MÇ-in qoşulması, açılması və inversiyası üçün aşağıdakı formatda yazılan LOGIC (MÇ-in qoyulması) blokundan istifadə edilir:

```

ad LOGIC X A

```

A sahəsində MÇ-in adı və ya nömrəsi göstərilir. Köməkçi X operandı tranzakt bloka girdikdə MÇ ilə yerinə yetirilən əməliyyatın şəklini göstərir: S - qoşulma, R - açılma, I - inversiya etmək. Məsələn:

LOGIC S 9 LOGIC R FLAG

Məntiqi çevricilər (MÇ) yeganə LS adlı SƏA-ta malikdir. Əgər MÇ qoşulmuşsa, SƏA-un qiyməti 1-ə, əks halda 0-a bərabərdir.

İndi isə **statistik** verilənlərin yığılımı üçün bloklara baxaq. İki sonuncu misalda bir kanallı və çoxkanallı gözləməsi olan KXS-nə baxılmışdı. Lakin belə modellər adətən tələblərin növbədə gözləməsi ilə əlaqəli müxtəlif xarakteristikaların (növbə uzunluğu, gözləmə vaxtı və s.) tədqiqi üçün işlənir. Göstərilən misallarda tranzaktların növbəsi cari hadisələr siyahısında əks edilir və tədqiqatçı üçün əlçatan deyil. Modeldə tranzaktların gözləmə prosesi haqqında statistik informasiyanın qeydiyyatı üçün növbələr və cədvəllər kimi statistik obyektlər iştirak etməlidir .

Növbə tipli obyektlər modeldə növbələrin qeydiyyatı bloklarından istifadə etməklə yaradılır: QUEUE (növbədə dayanmaq) və DEPART (növbədən getmək), aşağıdakı formata malikdir:

ad QUEUE A,B
ad DEPART A,B

A sahəsində növbənin adı və ya nömrəsi göstərilir, B sahəsində isə tranzakt QUEUE blokuna daxil olduqda cari növbə uzunluğunun artırıldığı və ya DEPART blokuna daxil olduqda azaldıldığı vahid göstərilir. Adətən B sahəsi boş olur, bu halda onun qiyməti susmaya görə 1 qəbul edilir. Modelin hər hansı bloku qarşısında blokirə edilən tranzaktlar haqqında statistika yığmaq üçün QUEUE və DEPART blokları uyğun olaraq bu blokun əvvəli və sonuna yerləşdirilir.

Tranzaktlar QUEUE və DEPART bloklarından keçdikdə uyğun olaraq növbələrin aşağıdakı SƏA-ları dəyişir: Q - növbənin cari uzunluğu; QM – növbənin maksimal uzunluğu; QA - növbənin orta uzunluğunun tam hissəsi; QC- növbəyə daxil olan tranzaktların ümumi sayı; QZ - gözləmədən

növbədən keçən tranzaktların sayı (“sıfır” girişlərin sayı); QT - “sıfır” girişlər nəzərə alınmaqla orta gözləmə vaxtının tam hissəsi; QX - “sıfır” girişlər nəzərə alınmaqla orta gözləmə vaxtının tam hissəsi.

Əvvəlki bir kanallı KXS modelinə QUEUE və DEPART bloklarını əlavə edək. SYSTEM qurğusu məşğul olduğuna görə SEIZE blokundan əvvəl blokirə edilən tranzaktlar QUEUE blokunda olaraq statistik LINE adlı “növbə” tipli obyektə gözləmə haqqında yığılan statistikaya öz töhvəsini verir. Qurğu azad olduqda ilk blokirə olunan tranzaktlar bu tranzaktın gözləməsi haqqında statistikanın yığılmasını kəsərək SEIZE blokuna və eyni vaxtda DEPART blokuna keçir.

```
EXPOA FUNCTION RN1,C24
0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,.915
.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3
.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.98,3.9
.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8
GENERATE 100, FNSEXPOA
QUEUE LINE
SEIZE SYSTEM
DEPART LINE
ADVANCE 80, FNSEXPOA
RELEASE SYSTEM
TERMINATE 1
```

Şək.5.7 Modeldə növbə tipli obyektlərin yaradılması

Adətən tədqiqatçıları yalnız növbədə orta gözləmə vaxtı deyil, bu vaxtın dispersiyası və hətta qrafiki olaraq histoqram şəklində təqdim edilən gözləmə vaxtının seçiminin statistik paylanması da maraqlandırır. Belə paylanmaya malik olmaqla gözləmə vaxtının müəyyən verilmiş qiyməti aşıb, aşmaması ehtimalını qiyyətəndirmək olar. Növbədə gözləmə vaxtının seçmə paylanması haqqında verilənlərin yığılması və emalı üçün Q - cədvəl tipli statistik obyektlər istifadə edilir. Modeldə belə cədvəlin yaradılması üçün o ilkin olaraq aşağıdakı

formatda yazılan QTABLE (Q-cədvəl) operatorunun köməyi ilə təyin edilə bilər:

ad QTABLE A,B,C,D

burada ad-cədvələ müraciət etmək üçün cədvəlin adıdır, A-növbənin nömrəsi və ya adıdır, alınması zəruri olan gözləmə vaxtının paylanması; B – cədvəlin ilk tezlik intervalının yuxarı sərhəddir; C - tezlik intervalının eni; D - tezlik intervalının sayıdır. A sahəsində göstərilən növbədə gözləmə vaxtının bütün mümkün qiymətlərinin diapazonu. Bu miqdarı D sahəsində göstərilən bir sıra tezlik intervallarına bölünür. Bu intervallardan birincisi mənfi sonsuzluqdan B sahəsində göstərilmiş kəmiyyətə qədər, bu kəmiyyət daxil olmaqla olan ənə malikdir. İkinci interval B sahəsində birinci sərhədin kəmiyyətindən böyük qiymətləri alır. Lakin B+C-dən kiçik və ya bərabər, və s. C sahəsində göstərilən bütün aralıq intervallar eyni ənə malikdir. Sonuncu interval isə sonuncu sərhəddən böyük qiymətləri saxlayır. B, C və D operandlarının qiyməti tam sabitlərlə verilməlidir. B operandı müsbət olmaya bilər. Bu isə Q-cədvəl üçün heç bir mənası yoxdur. Belə ki, zaman mənfi ola bilməz. C və D operandları ciddi müsbət olmalıdırlar. Tranzakt QUEUE və DEPART bloklarından keçdikdə onun gözləmə vaxtı qeyd edilir və cədvəlin tezlik intervalının sayına düşən vaxta 1 əlavə edilir. Cədvəldə eyni vaxtda gözləmə vaxtının orta qiyməti və orta kvadratik meylinin (dispersiyanın kökü) hesablanması üçün informasiya yığılır. Modelləşdirmə qurtarıqda gözləmə vaxtının orta qiyməti və orta kvadratik meyli və hətta müxtəlif tezlik intervallarında düşmə sayğacları GPSS-nin standart hesabata verilir. Cədvəllər də digər GPSS obyektləri kimi SƏA-lara malikdir: TC - cədvəllə əlaqəli növbəyə daxil olan tranzaktların ümumi sayı; TB - növbədə orta gözləmə vaxtının tam hissəsi; TD - növbədə orta gözləmə vaxtının orta kvadratik meylinin tam hissəsi. Əvvəlki modeli növbədə gözləmə vaxtının

paylanması alınması üçün QTABLE operatoru ilə tamamlayaq.

```
WTIME QTABLE LINE,50,50,10
EXPOA FUNCTION
0,0/.1,104/.2,222/.3,355/.4,509/.5,69/.6,915
.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3
.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.98,3.9
.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8
GENERATE 100, FNSEXPOA
QUEUE LINE
SEIZE SYSTEM
DEPART LINE
ADVANCE 80, FNSEXPOA
RELEASE SYSTEM
TERMINATE 1
```

Şək.5.8 Modeldə cədvəllərin yaradılması

WTIME adlı cədvəlin təyinetmə operatoru zaman oxunu 10 tezlik intervalına bölür. Birinci interval 0-50, ikinci 50-100, üçüncü 100-150 və s. Sonuncu onuncu interval 450-ni aşan qiyməti saxlayır.Məsələn, əgər hər hansı tranzaktın növbədə gözləmə vaxtı 145 model vaxtından ibarətdirsə, onda üçüncü tezlik intervalının saygacına 1 əlavə ediləcəkdir. Qeyd etmək lazımdır ki, WTIME adlı cədvəldəki informasiya tranzaktlar QUEUE və DEPART bloklarına daxil olduqda avtomatik daxil edilir və bunun üçün heç bir ölçü götürmək tələb edilmir. GPSS - də cədvəllər yalnız növbədə gözləmə vaxtının tabulyasiyası üçün deyil, ümumi hallar üçün, bununla yanaşı modelin istənilən obyektinin istənilən SƏA-un seçmə paylanması alınması üçün istifadə edilə bilər.

Cədvəli təyin etmək üçün QTABLE. opertoru ilə eyni formata malik TABLE (cədvəl) operatorundan istifadə edilir.Fərq ondan ibarətdir ki, TABLE operatorunun A sahəsində standart ədədi atribut yazılır (alınması zəruri olan seçmə paylanması). B,C və D operandları isə bu SƏA-un bütün

mümkün qiymətlərinin tezlik intervalının bölünməsinə təyin edir. TABLE operatorunda təyin edildiyi kimi informasiyanın cədvələ daxil edilməsi Q - cədvəl halındakı kimi simulyator tərəfindən avtomatik icra edilə bilməz. Bunun üçün aşağıdakı formatda yazılan xüsusi TABULATE (tabulyasiya etmək) blokundan istifadə edilir:

ad TABULATE A

A sahəsində uyğun TABLE operatoru ilə təyin edilən cədvəlin nömrəsi və ya adı göstərilir. Tranzakt TABULATE blokuna daxil olduqda TABLE operatorunun A sahəsində göstərilən cədvəlin tabulyasiya edilən arqumentinin cari qiyməti TABLE operatorunda verilmiş arqumentin qiymətlər oblastının tezlik intervallarına bölünməklə uyğun olaraq ora daxil edilir. Cədvəlin SƏA-nun cari qiyməti eyni zamanda korreksiya edilir: TC cədvəlində girişlər sayğacı, TB orta gözləmə vaxtı və TD gözləmə vaxtının orta kvadratik meyli.

Tutaq ki, çoxkanallı KXS modelində (şəkl.5.8) tələblərin sistemə gəlmə vaxtının (növbədə və xidmətdə keçən vaxt) paylanmasını almaq tələb olunur. Bu aşağıdakı kimi ola bilər.

TABLE operatoru arqumenti SƏA M1 - tranzaktın modelə gəlmə vaxtı - olan TTIME adlı cədvəli təyin edir. Baxılan modellərdə SƏA M1 qiyməti o halda eyni zamanda tranzaktın KXS-nə gəlmə vaxtı olacaq ki, tranzakt modeldən çıxmamışdan qabaq informasiyanın cədvələ daxil edilməsi yerinə yetirilsin. Ona görə modeldə TTIME cədvəlinə hər bir tranzaktın gəlmə vaxtı haqqında informasiyanı daxil edən TABULATE bloku TERMİNATE blokundan əvvəle yerləşdirilir. TABLE operatorunda tranzaktın modelə gəlmə vaxtının mümkün qiymətlər diapazonu eni (sonuncudan başqa) 100 model vaxtı vahidinə bərabər 12 tezlik intervallarına bölünür.

```

TTIME TABLE M1,100,100,12
STO2 STORAGE2
EXPOA FUNCTION RN1,C24
0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,.915
.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3
.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.98,3.9
.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8
GENERATE 100, FNSEXPOA
ENTER STO2
ADVANCE 100, FNSEXPOA
LEAVE STO2
TABULATE TTIME
TERMINATE 1

```

Şək.5.9 Çoxkanallı KXS modelində tələblərin sistemə gəlmə vaxtının paylanması

İndi isə tranzaktların **marşrutunu dəyişən** bloklarla tanış olaq. Əvəldə baxdığımız hallarda blokdan çıxan tranzaktlar növbəti bloka daxil olurlar. Daha mürəkkəb modellərdə hər hansı şərtədən asılı olaraq tranzaktların digər bloklara göndərilməsi zərurəti meydana çıxır. Bu imkanı tranzaktların marşrutunu dəyişən bloklar təmin edir.

TRANSFER (ötürmək) bloku ona daxil olan tranzaktları növbətidən fərqli bloklara ötürmək üçün istifadə edilir. Blok 9 iş rejiminə malikdir. Burada biz onlardan 3 ən çox istifadə olunanına baxacağıq.

Bu rejimlərdə blok aşağıdakı formata malikdir:

ad TRANSFER A,B,C

A, B və C sahələrində operandların mənası blokun iş rejimindən asılıdır. Şərtsiz ötürmə rejimində A və C sahələri boşdur. B sahəsində isə TRANSFER blokuna daxil olan tranzaktın şərtsiz olaraq göndərildiyi blokun adı göstərilir. Məsələn:

TRANSFER ,FINAL

Statistik ötürmə rejimində A operandı C sahəsində göstərilən bloka tranzaktın istiqamətləndirilməsi ehtimalını təyin edir. 1-A ehtimalı ilə tranzakt B sahəsində göstərilən bloka istiqamətləndirilir (əgər B sahəsi boşdursa, növbəti bloka).

A sahəsində ehtimal bilavasitə nöqtə ilə başlayan onluq kəsrlə verilə bilər. Məsələn, TRANSFER .75, THIS, THAT bloku 0,75 ehtimalla tranzaktı THAT adlı bloka, 0,25 ilə isə THIS adlı bloka göndərir.

Əgər A sahəsi onluq nöqtə ilə başlamırsa və orada açar sözlərdən biri yoxdursa - blokun digər iş rejimlərinin əlamətlərindən biri yoxdursa, onda onun qiymətinə ötürmə ehtimalının mində bir payının miqdarı kimi baxılır. Məsələn, əvvəlki TRANSFER blokunu aşağıdakı kimi yazmaq olar:

TRANSFER 750, THIS, THAT

Məntiqi ötürmə rejimində A sahəsində BOTH (hər ikisi) açar sözü yazılır. TRANSFER blokuna daxil olan tranzakt əvvəlcə B sahəsində göstərilən bloka (və ya əgər B sahəsi boşdursa növbəti bloka) daxil olmağa çalışır. Əgər bu mümkün deyilsə, b.s. B bloku girişdə tranzakta imtina edirsə, onda C sahəsində göstərilən bloka gedir. Əgər bu cəhd də baş tutmasa, onda tranzakt TRANSFER blokunda modelin şərti dəyişənə qədər, yəni B və ya C bloklarından birinə girişi mümkün edənə qədər ləngiyir. Eyni vaxtda meydana çıxan imkanlarda üstünlük B blokuna verilir. Məsələn.

TRANSFER BOTH, MET1, MET2

TEST (yoxlamaq) bloku iki SƏA-un nisbətindən asılı olaraq tranzaktların ləngiməsi və ya marşrutların dəyişdirilməsi üçün istifadə edilir və aşağıdakı formata malikdir:

ad TEST X A,B,C

Köməkçi X operandı SƏA-lar arasındakı münasibəti yoxlayan şərti saxlayır və aşağıdakı qiymətləri ala bilər:

L (kiçikdir); LE (kiçikdir və ya bərabərdir); E (bərabərdir); NE (bərabər deyil); GE (böyükdür və ya bərabərdir); G (böyükdür). A sahəsi birinci, B ikinci müqayisə edilən SƏA-u

saxlayır. Əgər yoxlanan A X B şərti ödənilirsə, onda TEST bloku tranzaktı növbəti bloka buraxır. Əgər bu şərt ödənilmirsə, onda tranzakt C sahəsində göstərilən bloka keçir. Əgər o boşdursa, TEST blokundan əvvəl ləngiyir. Məsələn, blok

TEST LE P\$TIME, C1

TIME adlı parametrin qiyməti cari model vaxtından böyükdürsə tranzaktları buraxmır. Blok

TEST L Q\$LINE,5, OUT

Əgər LINE cari növbə uzunluğu 5-dən böyük və ya bərabərdirsə, tranzaktları OUT adlı bloka göndərir. Modelin aparat obyektlərinin vəziyyətindən asılı olaraq tranzaktların ləngiməsi və marşrutlarının dəyişdirilməsi üçün aşağıdakı formata malik GATE (buraxmaq) operatorundan istifadə olunur:

ad GATE X A, B

Köməkçi X operandı yoxlanılan aparat obyektinin vəziyyət kodunu saxlayır. A sahəsində bu obyektin adı və ya nömrəsi göstərilir. Əgər yoxlanılan obyekt verilmiş vəziyyətdədirsə, onda GATE bloku tranzaktı növbəti bloka buraxır. Əgər blokda verilən şərt ödənilmirsə, onda tranzakt B sahəsində göstərilən bloka keçir. Əgər bu sahə boşdursa, GATE blokunun qarısında ləngiyir. X operandı aşağıdakı qiymətləri qəbul edə bilər: U (qurğu məşğuldur); NU (qurğu boşdur); I (qurğu tutulmuşdur); NI (qurğu tutulmamışdır); SE (ÇKQ boşdur); SNE (ÇKQ boş deyil); SF (ÇKQ dolmuşdur); SNF (ÇKQ dolmamışdır); LS (MÇ qoşulmuşdur), LR (MÇ qoşulmamışdır). Məsələn, blok

GATE SNE BUF3

girişdə BUF3 adlı ÇKQ- nun bütün xidmət kanalları boş olan anda daxil olan tranzakta imtina edir. Blok

GATE LR 4, BLOK2

əgər tranzakt daxil olan anda 4 nömrəli məntiqi çevrici qoşulmuşsa tranzaktı BLOK2 adlı bloka göndərir. Baxılan qrup bloklar tələblərin itdiyi müxtəlif KXS-in modelləşdirməsi zamanı istifadə edilir. İmtinalı və təkrar cəhdli iki kanallı KXS-

in modelləşdirilməsi üçün TRANSFER blokundan istifadə edək (şək.5.10).

```
STO2 STORAGE 2
EXPOA FUNCTION RN1,C24
0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,.915
.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3
.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.98,3.9
.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8
GENERATE 100, FNSEXPOA
ENT1 TRANSFER BOTH, REFUS
ENTER STO2
ADVANCE 160, FNSEXPOA
LEAVE STO2
TERMINATE 1
REFUS TRANSFER .1, OUT
ADVANCE 250, FNSEXPOA
TRANSFER, ENT1
OUT TERMINATE 1
```

Şək.5.10 İmtinalı, təkrar cəhdli
iki kanallı XKS-in modelləşdirilməsi

Modelə daxil olan tranzakt məntiqi rejimdə işləyən ENT1 adlı TRANSFER blokuna düşür. Əgər tranzaktın ÇKQ STO2-yə girdiyi anda heç olmasa bir kanal boşdursa, onda TRANSFER bloku tranzaktı növbəti bloka göndərir, b. s. ENTER blokuna. Əgər daxil olma anında ÇKQ-nin hər iki kanalı məşğuldursa, ENTER bloku girişdə imtina edir. Onda tranzakt statistik rejimdə işləyən REFUS adlı TRANSFER blokuna istiqamətlənir. Tranzaktlar 0,9 ehtimalla bu blokdan növbəti bloka ötrülür və təsadüfi zaman müddətində ləngiyir. Sonra isə şərtsiz rejimdə işləyən TRANSFER blokunun köməyiylə yenidən modelin girişinə ENT1 adlı bloka ötrülür.

Tranzaktlar 0,1 ehtimalla REFUS adlı blokdan məhv edilməsi üçün OUT adlı TERMİNATE blokuna ötrülür. Qeyd etmək lazımdır ki, xidmətə imtina almış tranzaktları məhv etmək üçün standart hesabatda itmiş tranzaktların sayını qeyd

etmək üçün OUT (SƏA N\$OUT) adlı blokun sayğacının köməyilə . ayrıca TERMİNATE bloku lazım olur. Həmin KXS-ni modelləşdirərkən TEST bloku istifadə edilə bilər. Modelin bu variantında əgər məşğul kanalların cari sayı (SƏASSSTO2) 2-dən kiçikdirsə, tranzakt ENTER blokuna keçir.

```
STO2 STORAGE 2
EXPOA FUNCTION RN1,C24
GENERATE 100, FNSEXPOA
0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,.915
.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3
.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.98,3.9
.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8
ENT1 TEST L S$STO2,2,REFUS
ENTER STO2
ADVANCE 160, FNSEXPOA
LEAVE STO2
TERMINATE 1
REFUS TRANSFER .1,OUT
ADVANCE 250, FNSEXPOA
TRANSFER, ENT1
OUT TERMINATE 1
```

Şək.5.11 TEST blokundan istifadə etməklə imtinalı, təkrar cəhdli iki kanallı KXS-in modelləşdirilməsi

GATE bloku istifadə edilərkən model aşağıdakı kimi olar. Bu variantda əgər “ÇKQ STO2 dolmamışdır” şərti doğrudursa, tranzakt ENTER blokuna daxil olur.

İndi isə **yaddaşa işləyən bloklara** baxaq. Yaddaşa ayrı-ayrı ədədi qiymətləri və bu qiymətlər massivini yaddaşa saxlamaq üçün saxlanılan kəmiyyətlərdən və saxlanılan kəmiyyətlər matrisindən istifadə edilir. Saxlanılan kəmiyyətlər modeldə modelin müxtəlif icralarında dəyişmək lazım gələn ilkin verilənləri, aralıq qiymətləri və modelləşdirmənin nəticələrini saxlamaq üçün istifadə edilir (şək.5.12).

```

STO2 STORAGE 2
EXPOA FUNCTON RN1,C24
GENERATE 100, FNSEXPOA
0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,.915
.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3
.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.98,3.9
.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8
ENT1 GATE SNF STO2,REFUS
ENTER STO2
ADVANCE 160, FNSEXPOA
LEAVE STO2
TERMINATE 1
REFUS TRANSFER .1,OUT
ADVANCE 250, FNSEXPOA
TRANSFER, ENT1
OUT TERMINATE 1

```

Şək.5.12 Yaddaşa işləyən blokların tətbiqi modeli

Modelləşdirmənin əvvəlində bütün saxlanılan kəmiyyətlər 0-a bərabərləşdirilir. Saxlanılan kəmiyyətlərin sıfırdan fərqli başlanğıc qiymətlərini qoymaq üçün aşağıdakı formata malik INITIAL operatoru istifadə edilir:

INITIAL X\$ ad, qiymət

INITIAL Xj, qiymət

Burada ad və j - uyğun olaraq saxlanılan kəmiyyətin adı və nömrəsidir, qiymət isə ona verilən başlanğıc qiymətdir (sabit). Modelləşdirmə prosesində saxlanılan kəmiyyəti dəyişmək üçün aşağıdakı formata malik SAVEVALUE (kəmiyyəti saxlamaq) bloku istifadə edilir:

ad SAVEVALUE A, B

A sahəsində B operandının qiyməti yazılan saxlanılan kəmiyyətin nömrəsi və ya adı göstərilir. Əgər A sahəsində saxlanılan kəmiyyətin adından (nömrəsindən) sonra + və ya - işarəsi varsa, onda saxlanılan kəmiyyətin cari məzmununa B operandının qiyməti əlavə edilir və ya çıxılır. Məsələn.

SAVEVALUE 5, Q\$LINE
SAVEVALUE NREF+,1

Saxlanılan kəmiyyətlər qiyməti uyğun saxlanılan kəmiyyətin cari qiyməti olan X adlı yeganə SƏA-ta malikdir. Əvvəlki misalda tutaq ki, modelin ilkin verilənləri (tranzaktların orta daxil olma intervalı və orta xidmət vaxtı) saxlanılan kəmiyyətlə verilmişdir və modelləşdirmənin nəticələri (itirilmiş tranzaktların sayı) saxlanılan kəmiyyətdə qeyd edilmişdir.

Saxlanılan kəmiyyətin matrisi $m * n$ matrisi şəklində saxlanılan qiymətlərin nizamlanması imkanını verir, m - matrisin sətirlərinin, n -isə sütunlarının sayıdır. Modelləşdirmənin əvvəlində hər bir matris aşağıdakı formata malik MATRIX (matrisi təyin etmək) operatorunun köməyiylə təyin edilməlidir:

ad MATRIX A,B,C

Operatorda A sahəsi istifadə edilmir, GPSS-də onun köhnə versiyalarla birgəliyi üçün saxlanılır. B və C sahələrində isə uyğun olaraq matrisin sabitlə verilən sətir və sütunlarının sayı göstərilir. Elementlərinin ümumi sayı B ilə C-nin hasilinə bərabərdir və 8191-i aşmamalıdır. Məsələn operator

MTAB MATRIX,10,2

MTAB adlı 10 sətiri və 2 sütunu olan matrisi təyin edir.

```

INITIAL X$TARR,100
INITIAL X$TSRV,160
STO2 STORAGE 2
EXPOA FUNCTION RN1,C24
0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,915
.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3
.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.98,3.9
.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8
GENERATE X$TARR, FNSEXPOA
ENT1 GATE SNF STO2,REFUS
ENTER STO2
ADVANCE X$TSRV, FNSEXPOA
LEAVE STO2
OUT TERMINATE 1
REFUS TRANSFER .1.,COUT
ADVANCE X$TSRV, FNSEXPOA
TRANSFER, ENT1
COUT SAVEVALUE NREF+,1
TRANSFER, OUT

```

Şək.5.13 Saxlanılan kəmiyyətlərin sıfırdan fərqli başlanğıc qiymətlərini qoyulması

Modelləşdirmənin əvvəlində təyin olunmuş bütün matrislərin elementləri 0-a bərabərləşdirilir. Matrisin ayrı-ayrı elementlərinin sıfırdan fərqli başlanğıc qiymətlərinin qoyulması üçün aşağıdakı formata malik İNİTİAL operatoru istifadə edilir:

```

INITIAL MX$ ad (a, b), qiymət
INITIAL MXj(a,b),qiymət

```

Burada ad və j - uyğun olaraq matrisin adı və nömrəsidir; a və b - uyğun olaraq sabitlərlə verilmiş sətir və sütunların nömrəsidir; qiymət sabitlə verilmiş mənimşədilən matris elementinin ilkin qiymətidir. Modelləşdirmə prosesində matris elementlərinin qiymətlərini dəyişmək üçün aşağıdakı formata malik MSAVEVALUE (matris elementinin qiymətini saxlamaq) blokundan istifadə olunur:

```
ad MSAVEVALUE A, B,C,D
```

A sahəsində matrisin adı və ya nömrəsi göstərilir, sonra isə SAVEVALUE blokundakı kimi + və ya – işarəsi dayana bilər. B və C sahələrində uyğun olaraq matris dəyişdirilən elementini təyin edən sətir və sütunların nömrəsi göstərilir. D sahəsində verilmiş matris elementlərinin dəyişdirilməsi üçün istifadə edilən kəmiyyət göstərilir. Məsələn:

```
MSAVEVALUE 5,3,2,X1
```

```
MSAVEVALUE MTAB+, P$ROW, P$COL,1
```

Matrislər MX adlı yeganə SƏA malikdir, müraciət isə aşağıdakı kimidir:

```
MX$ ad (a, b)
```

```
MXj (a, b)
```

Burada ad və j – uyğun olaraq matrisin adı və nömrəsidir; a və b – uyğun olaraq sətir və sütunların sabitlərlə və ya tranzaktların parametrlərinin SƏA-na müraciətlərlə verilən nömrəsidir. Məsələn.

```
MX5(2,1) MX$MTAB (P$ROW, P$COL)
```

İndi isə **istifadəçi siyahıları** ilə işləyən bloklara baxaq. Modeldə blokirə edilən tranzaktlar cari hadisələr siyahısında yerləşir. Bu tranzaktların sayı çoxaldıqda buradan simulyator onların hərəkəti üçün növbəti tranzaktın seçilməsinə həddən artıq çox vaxt sərf etməli olur. Maşın vaxtına qənaət etmək üçün onları istifadəçi siyahısında yerləşdirmək və orada onların sonrakı hərəkəti üçün şərtlər olana qədər qalmağı məqsəduyğundur. Bundan başqa gözləyən tranzaktların istifadəçi siyahısında yerləşdirilməsi cari hadisələr siyahısında reallaşdırılan “birinci gəlib - birinci xidmət alır” qaydasından fərqli müxtəlif növbə qaydalarının təşkilinə imkan verir.

İstifadəçi siyahıları cari hadisələr siyahısından çıxarılmış tranzaktları müvəqqəti saxlayan müəyyən buferi təqdim edir. Cari hadisələr siyahısından fərqli olaraq tranzaktlar istifadəçi siyahısına avtomatik olaraq daxil edilib çıxarılmır. Burada daxil etmə və çıxarılma xüsusi blokların köməyiylə modelin məntiqinə uyğun olaraq baş verir.

Tranzaktların istifadəçi siyahısına daxil edilməsi üçün LINK (siyahıya daxil etmək) blokundan istifadə edilir. Bu şərti

və şərtsiz rejimdə istifadə edilir. Burada biz şərtsiz rejimlə kifayətlənirik. Bu rejimdə LİNK bloku aşağıdakı formatda yazılır:

ad LINK A, B

A sahəsində istifadəçi siyahısının adı və nömrəsi verilir və bloka daxil olan tranzakt şərtsiz yerləşdirilir. B sahəsi bu taranzaktın istifadəçi siyahısının hansı yerinə yerləşdirilməsini müəyyən edir.

Əgər B sahəsinə FIFO açar sözü yazılmışsa, tranzakt siyahının axırına, LİFO yazılmışsa siyahının əvvəlinə yerləşdirilir. Digər hallarda tranzaktlar B sahəsində hesablanmış qiymətə uyğun nizamlanır. Bura adətən tranzaktların PR, M1 və ya P kimi SƏA-dan biri yazılır. Əgər B sahəsində SƏA PR varsa, onda tranzaktlar prioritetin azalması qaydası ilə nizamlanır. Digər hallarda göstərilən SƏA-un artması üzrə nizamlayma yerinə yetrilir. Məsələn.

LINK 5, FIFO

bloku tranzaktı bloka daxil olma qaydasına görə 5 nömrəsi ilə istifadəçi siyahısına yerləşdirir.

LINK BUFER, PSORDER

bloku ORDER adlı parametrin azalması üzrə nizamlayaraq BUFER adı ilə tranzaktları istifadəçi siyahısına yerləşdirir. Şərtsiz rejimdə istifadəçi siyahısına tranzaktın yerləşdirilməsi şərti model işləyicilərinin qəbul etdiyi vasitələrlə yoxlanılır. Məsələn, qurğu məşğul olduqda tranzaktın istifadəçi siyahısına yerləşdirilməsi aşağıdakı kimidir. Əgər FAC4 qurğusu məşğuldursa, onda GATE bloku tranzaktı SEİZE blokuna buraxmır, onu WAIT adlı LİNK blokuna istiqamətləndirir və tranzakt BUFER adlı istifadəçi siyahısının sonuna daxil edilir.

GATE NU FAC4, WAIT
SEIZE FAC4
.....
WAIT LINK BUFER, FIFO
.....

Şək.5.14. Tranzaktın istifadəçi siyahısına yerləşdirilməsi

Bir və ya bir neçə tranzaktı istifadəçi siyahısından çıxarmaq və onları geriye cari hadisələr siyahısına yerləşdirmək üçün aşağıdakı formata malik UNLINK (siyahıdan çıxarmaq) blokundan istifadə edilir:

ad UNLINK X A,B,C,D,E,F

A sahəsində istifadəçi siyahısının adı və ya nömrəsi göstərilir. B sahəsində istifadəçi siyahısından çıxarılan tranzaktlar keçən blokun adı olur. C sahəsində çıxarılan tranzaktların sayı və ya siyahıda yerləşən bütün tranzaktların çıxarılması üçün ALL göstərilir. D və E sahələrində operandlar köməkçi X operandı ilə birlikdə istifadəçi siyahılarından tranzaktların çıxarılmasının qayda və şərtini müəyyənləşdirirlər. Əgər D və E sahəsi boşdursa, onda X operandı istifadə edilmir, tranzaktlar isə istifadəçi siyahısının əvvəlindən çıxarılır. Əgər D sahəsində BACK açar sözü varsa, onda E sahəsi və köməkçi X operandı istifadə edilmir, tranzaktlar isə siyahının sonundan çıxarılır. Digər hallarda D sahəsinin qiyməti istifadəçi siyahısında yerləşən tranzaktların parametrinin nömrəsi kimi interpretasiya edilir. Siyahıdan verilmiş sayda o tranzaktlar çıxarılır ki, bu parametrin qiymətinin E sahəsindəki operandın qiymətinə nisbəti X köməkçi operandının verdiyi şərti ödəsin. X operandı TEST blokundakı kimi qiymət alır. Əgər istifadəçi siyahısından heç bir tranzakt çıxarılmamışdırsa, F sahəsində UNLINK blokundan çıxan tranzaktın keçdiyi blokun adı göstərilir. Əgər bu sahə boşdursa, çıxarılan tranzaktların sayından asılı olmayaraq çıxarılan tranzakt növbəti bloka keçir. Məsələn, UNLINK 5, NEXT, 1 istifadəçi siyahısının əvvəlindən 5

nömrəli tranzaktı çıxarıb NEXT adlı bloka istiqamətləndirir. UNLINK BUFER, ENT1, 1, BACK bloku BUFER adlı istifadəçi siyahısının sonundan bir tranzakt çıxarıb ENT1 adlı bloka istiqamətləndirir.

UNLINK E P\$UCH, MET2, ALL, COND, P\$COND, MET3 bloku istifadəçi siyahısından nömrəsi UCH parametrinə yazılan çıxarılacaq tranzaktı çıxarır və COND parametrinin məzmunu çıxarılacaq tranzaktın eyni adlı parametrinin məzmununa bərabər olan bütün tranzaktları MET2 adlı bloka istiqamətləndirir. Əgər siyahıda belə tranzaktlar yoxdursa, çıxarılacaq tranzakt MET3 adlı bloka, əks halda isə növbəti bloka istiqamətləndirilir. UNLINK blokunun aşağıdakı icra xüsusiyyətlərini qeyd etmək olar:

-əgər D və E sahələrində tranzaktların SƏA-na müraciət varsa, onda D sahəsi istifadəçi siyahısındakı tranzaktlara nisbətən, E sahəsi isə aktiv tranzakta nisbətən hesablanır;

-tranzaktlar siyahıdan çıxarıldıqdan sonra simulyator yüksək prioritetli tranzaktların hərəkətini davam etdirir və ya başlayır.

Prioritetlər bərabər olduqda isə üstünlük çıxışa meylli tranzakta verilir. Hər bir istifadəçi siyahısı aşağıdakı SƏA-ra malikdir:

- CH – siyahının cari uzunluğu;
- CA - siyahının orta uzunluğu (tam hissə);
- CM - siyahının maksimal uzunluğu;
- CC - siyahıya daxil olan tranzaktların ümumi sayı;
- CT - tranzaktların siyahıya orta gəlmə vaxtının tam

hissəsi.

Baxılan bloklardan istifadə edərək istifadəçi siyahısında tranzaktların gözləməsi olan KXS-in modelləşdirməsinə baxaq. Əgər STO2 adlı ÇKQ dolmamışdırsa, GATE bloku yeni daxil olan tranzaktı ENTER blokuna buraxır və ÇKQ-da bir kanalı tutur. Əgər ÇKQ dolmuşdursa, onda GATE bloku tranzaktı ÇKQ - ya növbəni modelləşdirən, BUFER adlı istifadəçi siyahısının sonunda yerləşdirən WAIT adlı LINK blokuna

göndərir. ÇKQ - nu tərək edən hər bir tranzakt xidmət qurtardıqda və bir kanalı boşaltdıqda UNLINK blokuna keçir və siyahının əvvəlindən bir tranzaktı çıxarır (əgər siyahı boş deyilsə), ÇKQ-da kanalı tutmaq üçün ENT1 adlı bloka istiqamətləndirir.

```
STO2 STORAGE 2
EXPOA FUNCTION RN1,C24
0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,.915
.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3
.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.98,3.9
.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8
GENERATE 100, FNSEXPOA
GATE SNF STO2, WAIT
ENT1 ENTER STO2
ADVANCE 160, FNSEXPOA
LEAVE STO2
UNLINK BUFER, ENT1, 1
TERMINATE 1
WAIT LINK BUFER, FIFO
```

Şək.5.15. İstifadəçi siyahısında tranzaktların
gözləməsi olan KXS modeli

Qeyd edək ki, xidmət qaydasını “sonda gəlib - əvvəl xidmət alır” qaydasına dəyişmək üçün LINK blokunun B sahəsində FIFO - nu LIFO ilə əvəz etmək kifayətdir, və ya UNLINK blokunun D sahəsində BACK operandını yazmaq lazımdır.

Diqqət etmək lazımdır ki, gözləyən tranzaktlar haqqında statistika yığımaq üçün QUEUE-DEPART blokları istifadə edilmir. Belə ki, həmin verilənlərin hamısını istifadəçi siyahıları haqqındakı statistikadan almaq olar. Qeyri- standart xidmət qaydalarının təşkili üçün istifadəçi siyahılarından istifadəyə aid məsələyə baxaq. Tutaq ki, gözləməsi olan

birkanallı KXS-də ən az xidmət vaxtına malik tələblərə üstünlük verməyin təşkili tələb olunur.

```
EXPOA FUNCTION RN1,C24
0,0/.1,,104/.2,,222/.3,,355/.4,,509/.5,,69/.6,,915
.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3
.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.98,3.9
.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8
GENERATE 100,FNSEXPOA
ASSIGN TSRV,80,EXPOA
GATE NU SYSTEM,WAIT
SFAC SEIZE SYSTEM
ADVANCE P$TSRV
RELEASE SYSTEM
UNLINK LINE,SFAC,1
TERMINATE 1
WAIT LINK LINE.P$TSRV
```

Şək.5.16. Birkanallı KXS-də ən az xidmət vaxtına malik tələblərə üstünlüyün təşkili modeli

Modelə daxil olan tranzaktların ASSIGN blokunda TSRV parametrinə EXPOA funksiyasından istifadə edilərək hesablanan təsadüfi xidmət vaxtı yazılır. Əgər SYSTEM qurğusu boşdursa, onda GATE bloku tranzaktı SEIZE blokuna buraxır və qurğu P\$TSRV qədər vaxtda məşğul olur. Əgər tranzakt daxil olan anda qurğu məşğuldursa, onda GATE bloku tranzaktı P\$TSRV parametrində yazılan xidmət vaxtını artım üzrə nizamlamaqla LINE istifadəçi siyahısına daxil edən LINK blokuna istiqamətləndirir. UNLINK bloku qurğunun boşalması üzrə verilmiş qaydanı təmin etməklə ən az xidmət vaxtına malik tranzaktı siyahının əvvəlindən çıxarır.

5.3. GPSS modelləşdirmə dilinin idarəedici operatorları

Modelin icrasını idarə etmək üçün GPSS - in idarəedici operatorlarından istifadə edilir. Onlardan biri START operatorudur ki, TERMİNATE blokuna baxarkən qeyd etmişdik.

START (başlamaq) operatoru aşağıdakı formata malikdir:

START A, B, C, D

A sahəsində tamamlama sayğacının başlanğıc qiymətini verən sabit vardır. B sahəsində modelin tamamlaması üzrə standart hesabatın formalaşdırılmasına təsir əlaməti olan - NP açar sözü yazıla bilər.

Əgər B sahəsi boşdursa, onda modelin icrası qurtardıqda modelin bütün obyektləri haqqında standart statistik informasiyanın hesabatı formalaşdırılır. C sahəsi istifadə edilmir və GPSS-in köhnə versiyaları ilə birgəlik üçün saxlanılır. D sahəsində cari və gələcək hadisələr siyahısını hesabatda daxil etmək üçün 1 ola bilər. Əgər D sahəsi boşdursa, onda bu siyahıların məzmunu hesabatda verilmir. SIMULATE (modelləşdirmək) operatoru modelin icrası üçün real vaxtın sərhəddini qoyur. Əgər bu vaxt bitənə qədər icra tamamlamasa, o yığılmış statistikanın hesabatını verməklə məcburən kəsiləcək. SIMULATE operatoru sabitlə verilən hüdud modelləşdirmə vaxtını dəqiqə ilə saxlayan yeganə A operandına malikdir. Operator hüdudlu icraya başlayan START operatorundan əvvəldə yerləşdirilir. RMULT (generatorun qiymətinin qoyulması) operatoru icradan əvvəl onunla generasiya edilən ardıcılıqları təyin edən RN təsadüfi ədədlər generatorunun başlanğıc qiymətini qoymağa imkan verir. Operatorun A-G sahələri uyğun olaraq RN1-RN7 generatorlarının sabitlə verilən başlanğıc qiymətini özündə saxlaya bilər. Generatorların RMULT operatoru tərəfindən

qoyulmayan başlanğıc qiyməti generatorların nömrələri ilə üst-üstə düşür. RESET (silmək) operatoru modelin icrası prosesində yığılmış bütün statistik informasiyanı silir. Bu zaman aparat, dinamik və yaddaş obyektlərinin və hətta təsadüfi ədədlər generatorunun vəziyyəti saxlanılır və modelləşdirmə təkrar statistikanın yığılması ilə yenilənir. Operatorun operandları yoxdur. Nisbi (SƏA C1) və mütləq (SƏA AC1) model vaxtı arasındakı fərq RESET operatoru ilə əlaqədardır. C1 nisbi zaman taymeri RESET operatorunun sonuncu silməsindən sonra keçən model vaxtını ölçür. AC1 mütləq zaman taymeri isə birinci icranın başlanğıcından sonra keçən model vaxtını ölçür. Əgər heç bir RESET operatoru istifadə edilməmişsə, onda bu taymerlərin qiyməti üst-üstə düşür. RESET operatoru C1 taymerinə 0 verir və AC1 taymerinə təsir etmir.

RESET operatoru adətən ayrı-ayrı stasionarlıq interval-ları üzrə statistika yığmaq tələb edildikdə və ya yığılan statistik informasiyalara keçid dövrünün təsirinin istisna edərək qeyri-standart prosesləri modelləşdirmək üçün istifadə edilir. Məsələn, tutaq ki, yığılmış ilk 1000 tranzaktın statistikasını tullamaq zəruridir. Birinci START operatoru 1000 tranzakt (keçid dövrü) uzunluğunda modelin icrasına başlayır. Belə ki, bu dövrdə yığılmış statistika istifadə eilmir. B sahəsində operatora NP hesabatının formalaşdırılmasına təsir əlaməti göstərilmişdir. RESET operatoru modelin vəziyyətini dəyişmə-dən yığılmış statistikanı atır.

İkinci START operatoru icranın tamamlaması üzrə hesabatın formalaşdırılması ilə modelin əsas icrasına başlayır (şək.5.17).

```

EXPOA FUNCTION RN1,C24
0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,.915
.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3
.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.98,3.9
.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8
GENERATE 100,FNS EXPOA
ASSIGN TSRV,80,EXPOA
GATE NU SYSTEM, WAIT
SFAC SEIZE SYSTEM
ADVANCE PSTSRV
RELEASE SYSTEM
UNLINK LINE, SFAC, 1
TERMINATE 1
WAIT LINK LINE, PSTSRV
START 1000, NP
RESET
START 10000

```

Şək.5.17 İdarəedici operatorların tətbiqi modeli

CLEAR (təmizləmək) operatoru modeli təkrar icraya hazırlayaraq modeli silir. Bu zaman əvvəlki icrada yığılmış bütün statistika atılır. Modeldən bütün tranzaktlar çıxarılır, və o birinci icradan əvvəlki ilkin vəziyyətə gətirilir.

Saxlanılan kəmiyyətlər və matrislər sıfırlaşdırılır. İlkin verilənləri saxlamaq üçün bu obyektlərdən istifadəni nəzərə almaq lazımdır. İlkin başlanğıc qiymətinə qayıtmayan və təsadüfi ədədlərin yeni ardıcılığında modelin icrasını təkrar etməyə imkan verən təsadüfi ədədlər generatoru müstəsnaqlıq təşkil edir.

Operatorun operandları yoxdur. CLEAR operatoru adətən təsadüfi ədədlərin müxtəlif ardıcılığlarında modelin bir neçə asılı olmayan icrasının təşkili üçün istifadə edilir. İcranın təkrarından əvvəl lazım gəldikdə modelin ayrı-ayrı obyektlərini yenidən təyin etmək olar, məsələn ÇKQ-nin həcmi. Tutaq ki, məsələn, şək. 5.17-dəki modeli üç dəfə ÇKQ-nin 1,2 və 3-ə bərabər həcmində təkrar etmək tələb olunur. Şək. 5.20-də CLEAR operatoru ilə modelin hər təmizlənməsindən sonra

STORAGE operatoru STO2 adlı ÇKQ-nin həcmnin yeni qiymətini qoyur. END (son) operatoru GPSS-in iş seansını tamamlayır və idarəni əməliyyat sisteminə qaytarır. Operatorun operandları yoxdur.

```
STO2 STORAGE 1
EXPOA FUNCTION RN1,C24
0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,.915
.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3
.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.98,3.9
.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8
GENERATE 100,FNSEXPOA
GATE SNF STO2,WAIT
ENT1 ENTER STO2
ADVANCE 160,FNSEXPOA
LEAVE STO2
UNLINK BUFER,ENT1,1
TERMINATE 1
WAIT LINK BUFER,FIFO
START 10000
CLEAR
STO2 STORAGE 2
START 10000
CLEAR
STO2 STORAGE 3
START 10000
```

Şək.5.18 Müxtəlif həcmli çoxkanallı qurğular üçün idarəedici operatorların tətbiqi modeli

Bir qayda olaraq idarəedici operatorlar ilkin proqrama daxil edilmir, b.s. sətir nömrəsi olmur və klaviaturadan bilavasitə istifadəçi daxil edir. GPSS-modellərin **bəzi konstruksiya qaydalarına** - dolayı ünvanlamaya baxaq. Baxdığımız modellərdə GPSS-in müxtəlif obyektlərinə müraciətlər verilənlərə görə ixtiyari adla yerinə yetirilmişdir. Obyektlərin belə ünvanlanması çox da böyük sayda olmayan hər tip obyektlərdən söz etdikdə rahatdır.

Əgər bəzi tip obyektlərin sayı böyükdürsə, onda modeldə blokların sayının proporsional artımından qaçmaq üçün dolayı ünvanlamadan istifadə etməklə bu obyektlərə nömrələri üzrə

müraciətdən istifadə edirlər. Dolayı ünvanlamanın ideyası hər tranzakt özünün bəzi parametrlərində bu və ya digər nömrəsini saxlamağa, obyektlərə ünvanlanan blokların sahələrində tranzaktın bu parametrinə müraciətin yazılmasına əsaslanır. Dolayı ünvanlamaya aid növbəti modelə baxaq.

```

EXPOA FUNCTION RN1,C24
0,0/.1,,104/.2,,222/.3,,355/.4,,509/.5,,69/.6,,915
.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3
.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.98,3.9
.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8
CLASS FUNCTION RN1,D3
.333,1/.667,2/1,3
MEAN FUNCTION P$TYPE,L3
1,70/2,80/3,90
PRIOT VARIABLE 4-P$TYPE
STO2 STORAGE 2
WTIME QTABLE LINE,50,50,10
TTIME TABLE M1,100,100,12
GENERATE 100,FN$EXPOA
ASSIGN TYPE,FN$CLASS
PRIORITY V$PRIOT
QUEUE LINE
QUEUE P$TYPE
ENTER STO2
DEPART P$TYPE
DEPART LINE
ADVANCE FN$MEAN,FN$EXPOA
LEAVE STO2
TABULATE TTIME
TERMINATE 1

```

Şək.5.19 Dolayı ünvanlama modeli

Tutaq ki, çoxkanallı iki xidmət kanalı olan KXS-nin girişinə 100 model vaxtlı orta daxil olma intervalına malik puasson axını daxil olur. Hər bir tələb $1/3$ ehtimalla 3 sinifdən birinə aid olur: 1,2 və ya 3, hər tip tələbə orta xidmət vaxtı uyğun olaraq 70,80 və 90 model vaxtına bərabərdir. Tələbin orta xidmət vaxtı nə qədər kiçikdirsə, onun prioriteti bir o qədər böyükdür. Hər tip tələbin orta gözləmə vaxtının qiymətini, növbədə ümumi gözləmə vaxtının, sistemə ümumi

gəlmə vaxtının paylanmasını qiymətləndirməyə imkan verən model qurmaq tələb olunur (şəkl.5.19).

PRIOT dəyişəni TYPE adlı parametrdə tranzaktın sinfinin funksiyası kimi prioritetini hesablamaq üçün istifadə edilir.

Birinci sinif tranzaktlar (P\$TYPE=1) 3 prioriteti alır, 2-ci sinif tranzaktlar - 2 prioritetini və 3-cü sinif tranzaktlar - 1 prioritetini alır. ASSIGN blokunda tranzaktların TYPE parametrinə CLASS funksiyasının köməyi ilə ifadə edilən tələblərin tipi yazılır. Növbəti PRIORITY blokunda PRIOT dəyişəninin köməyi ilə tranzaktların əvvəlcə 0-a bərabər olan prioriteti təyin edilir (GENERATE blokunda E sahəsi yoxdur). Sonra isə hər bir tranzakt QUEUE bloklarında iki növbədə "qeyd edilir". LINE adlı növbə bütün sinif tranzaktlar üçün ümumidir. Növbəti QUEUE blokuna tranzakt girərkən tranzakt TYPE parametrində yazılmış tələblərin sinifindən asılı olaraq 1,2 və 3 nömrələri ilə qeyd edilir. Analoji olaraq DEPART bloklarında növbədən getmə qeyd edilir. Beləliklə, modeldə dörd tip "növbə" obyektı yaradılır: bir növbə LINE adlı, üçü 1,2,3 nömrəli.

Bu zaman üç son növbə QUEUE-DEPART! bir blok cütünü ilə yaradılır. Dolayısı ilə ünvanlama effekti buna əsaslanır. Qeyd edildiyi kimi simulyator hər obyekt adına bir uyğun nömrə qoyur. Eyni tip obyektlərə iki müxtəlif və ya əksinə iki müxtəlif obyektə bir obyekt kimi müraciət zamanı eyni zamanda ad və nömrə üzrə baxılan misalda eyni tip obyektə paralel ünvanlama təhlükəsi mövcuddur. Beləliklə baxılan modellərdə biz ümumiyyətlə bilmirik ki, simulyator hansı nömrəni LINE növbəsinin adına uyğun olaraq qoyur. Əgər bu nömrə 1-dən 3-ə qədərdirsə, onda bu səhvə gətirir. Belə ki, modeldə 4 növbə deyil 3 növbə olur. Onlardan birinə bütün tranzaktlar haqqında informasiya verilir. Əlavə olaraq üç sinifdən birinə aid tranzaktlar haqqında. Bu situasiyadan necə qaçmaq olar?

Əksər hallarda burada narahatlıq olmur. Belə ki, simulyator obyektlərin adına uyğun olaraq 10000 başlayaraq kifayət qədər böyük nömrə qoyur. Lazım gəldikdə əvvəldə deyildiyi kimi EQU operatorundan istifadə etmək olar. Sərbəst olaraq obyektin adına arzu edilən nömrəni qarşı qoymaq olar. Məsələn baxılan modeldə LINE adlı növbənin nömrəsinin 4 olması üçün aşağıdakı operatoru yazmaq kifayətdir:

LINE EQU 4

İndi isə **eyni vaxtlı hadisələrin emalına** baxaq.GPSS-də model vaxtı tam qiymətlidir. Onda iki və ya daha artıq hadisənin eyni vaxtda baş verməsi tamamilə mümkündür . Onun ehtimalı nə qədər böyükdürsə, seçilmiş model vaxtı vahidi daha böyükdür.

Bəzi hallarda bir neçə hadisənin eyni vaxtda baş verməsi və ya zaman qovşağı əhəmiyyətli dərəcədə modelin məntiqini poza bilər. Yenidən belə bir modelə baxaq. Burada “modelin girişinə tranzaktın daxil olması” və “ÇKQ-də xidmətin tamamlaması” hadisələri arasında zaman qovşağı yaratmaq olar.Əgər xidmət tamamlamamışdan qabaq bilavasitə ÇKQ-nin hər iki kanalı məşğuldursa,onda zaman qovşağının emalı tranzaktların ardıcılığından (cari hadisələr siyahısında uyğun hadisələr) asılıdır.

Tutaq ki, siyahıda birinci ÇKQ-ni azad edən tranzakt yerləşmişdir. Onda əvvəldə bu tranzakt emal ediləcəkdir, b.s. “ÇKQ-də xidmətin tamamlaması” hadisəsi, GATE blokunda yoxlanan “STO2 ÇKQ-si dolmamışdır” şərti doğru olacaqdır. Sonra isə modelin girişinə daxil olan GATE blokunda ENT1 adlı, GENERATE blokundan və ya şərtsiz rejimdə TRANSFER blokundan çıxan tranzakt emal olunacaqdır.Bu zaman tranzakt ENTER blokuna buraxılacaq və həmin model vaxtı anında ÇKQ dolmuş olacaqdır. Belə situasiya zaman qovşağının emalında təbii təqdim edilir.

Tutaq ki, modelə daxil olan tranzakt cari hadisələr siyahısında birinci yerləşmişdir. Belə ki, “GKQ STO2

tamamlamamışdır” şərti yalandır, onda GATE bloku bu tranzaktı REFUS adlı bloka göndərir.

Beləliklə, modeldə xidmətə imtina qeyd ediləcəkdir. Bu model vaxtı anında tranzakta xidmətdən sonra azad olunan ÇKQ kanalı əlçatan olacaqdır. Cari hadisələr siyahısında baxılan hadisələrə uyğun olaraq tranzaktların yerləşdirilmə qaydası təsadüfidir və ortalama halların yarısında zaman qovşağı lazımı şəkildə emal edilməyəcəkdir.

Nəticədə imtinalarla bağlı statistika təhrif edilmiş olacaqdır.

Zaman qovşağını düzgün emal etmək üçün tranzaktları cari hadisələr siyahısında elə qayda ilə düzmək lazımdır ki, ÇKQ-ni azad edən tranzakt həmişə birinci yerləşmiş olsun. Buna tranzaktların prioritetlərini idarə etməklə nail olmaq olar (şək.5.20).

```
STO2 STORAGE 2
EXPOA FUNCTION RN1, C24
0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,.915
.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3
.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.98,3.9
.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8
GENERATE 100, FNSEXPOA
ENT1 GATE SNF STO2, REFUS
ENTER STO2
PRIORITY 1
ADVANCE 160, FNSEXPOA
LEAVE STO2
TERMINATE 1
REFUS TRANSFER .1,., OUT
ADVANCE 250, FNSEXPOA
TRANSFER, ENT1
OUT TERMINATE 1
```

Şək.5.20 Tranzaktların prioritetlərini idarə edilməsi

GENERATE blokundan modelə daxil olan tranzakt sıfır prioritetinə malikdir. Eyni prioritetə xidmətdə imtina alan, REFUS adlı bloka istiqamətlənən, sonra isə təkrar ENT1 adlı

bloka daxil olan tranzaktlar malikdir. Həmin tranzaktlar ki, xidmətə daxil olur PRIORITY blokunda prioritetlərini 1-ə qədər artırır və ADVANCE blokundan çıxdıqdan sonra gələcək hadisələr siyahısından cari hadisələr siyahısına qayıdaraq siyahının sonuna yerləşdirilir.

Beləliklə, tranzaktların lazımı düzümü təmin olunur və zaman qovşağı düzgün emal olunacaqdır. Zaman qovşaqlarının qeyri- düzgün emal təhlükəsi istifadəçi siyahısı modelləri üçün xarakterik modelə (Şək.5.21) baxaq. Burada “tranzaktların gəlişi” və “tranzakta xidmətin tamamlaması” hadisələri arasında zaman qovşağı da mümkündür. Tutaq ki, cari hadisələr siyahısında birinci yeni gələn tranzakt yerləşir. Belə ki, SYSTEM adlı qurğu məşğuldur, onda GATE bloku tranzaktı LINK blokuna istiqamətləndirir və o LINE adlı istifadəçi siyahısına daxil ediləcəkdir. Sonra isə qurğunu azad edən tranzakt emal ediləcəkdir. UNLINK blokundan keçərək o tranzaktı istifadəçi siyahısının əvvəlindən çıxararaq cari hadisələr siyahısına istiqamətləndirir. Əgər cari hadisələr siyahısında qurğunu azad edən tranzakt yerləşdirilmişdirsə, onda o istifadəçi siyahısından birinci yerdə gözləyən tranzaktı cari hadisələr siyahısına çıxarır və yeni gələn tranzaktdan sonra yerləşdirilir. Ona görə də yeni gələn tranzakt emal ediləcək və GATE blokundan keçəcək və “növbəsiz” qurğunu tutacaq. İstifadəçi siyahısından çıxarılmış növbəti-tranzakt SEIZE blokundan qabaq “gecikir” və qurğunun növbəti azad olmasından sonra öz növbəsində modelin iş məntiqini pozaraq onu tutur.

Aparılmış təhlillər göstərir ki, zaman qovşağının düzgün emalı üçün cari hadisələr siyahısında tranzaktların elə yerləşdirilmə qaydasının təmini zəruridir ki, yeni gələn tranzakt birinci yerləşdirilsin. Baxılan halda buna BU operandlı PRIORITY blokundan istifadə etməklə nail olmaq olar (şək.5.21).

```

EXPOA FUNCTION RN1,C24
0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,.915
.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3
.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.98,3.9
.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8
GENERATE 100, FNSEXPOA
ASSIGN TSRV, 80, EXPOA
GATE NU SYSTEM, WAIT
SFAC SEIZE SYSTEM
ADVANCE P$TSRV
PRIORITY PR, BU
RELEASE SYSTEM
UNLINK LINE, SFAC, 1
TERMINATE 1
WAIT LINK LINE, P$TSRV

```

Şək.5.21 PRIORITY blokundan istifadə etməklə zaman qovşağının emalı

Belə ki, qurğu məşğul deyil, o GATE bloku vasitəsilə istifadəçi siyahısına istiqamətlənir. Xidmət olunmuş tranzaktın təkrar emalı zamanı o qurğunu azad edir və növbəti tranzaktı istifadəçi siyahısından çıxarır. Beləliklə bu halda da zaman qovşağının düzgün emalı təmin edilir. Qurğunu azad etməzdən əvvəl xidmət alan tranzakt PRIORITY blokundan keçir və tranzaktın PR prioritetini dəyişməz saxlayaraq onu cari hadisələr siyahısının sonuna keçirir. Siyahıya yeni baxış zamanı yeni zaman qovşağı olan halda yenidən daxil olan tranzaktın emalı başlayır.

5.4. GPSS modelləşdirmə dilinin konstruksiyaları

GPSS modelləşdirmə dilinin konstruksiyalarına tələb axınının xidmət üçün təşkili, xidmətin təşkili və simulyasiya modelenin nəticələrinin hesabatının aparılması daxildir. Tələb axınının xidmət üçün təşkilində taranzaktların yaradılması, xidmət və tərketmə başlıca yer tutur. GPSS dilində bu işlərin yerinə yetirilməsi üçün GENERATE, ADVANSCE və

TERMINATE operator qrupundan istifadə edilir. GENERATE operatoru modeldə tranzaktların daxil olma intervalının verilmiş paylanma qanunu ilə yaradılmasına (generasiyasına) xidmət edir və belə yazılır:

GENERATE A,B,C,D,E,G,F,H,I

A,B,C,D,E,G,F,H,I operandları giriş axınının aşağıdakı xarakteristikalarını göstərir (əgər hər hansı bir operand yoxdursa, ona susmaya görə standart qiymət mənimsədir):

A-Tranzaktların orta daxil olma vaxtı(susmaya görə 0);

B-orta vaxt modifikatoru (0);

C-birinci tranzaktın ləngimə vaxtı (0);

D-blokun yaratdığı tranzaktların sayı (∞);

E -tranzaktların prioriteti (0);

F,...,I- tranzaktların parametrlərinin sayı və formatı (“yarımsöz” formatında 12 parametr). Əgər F sahəsində “0” yazılmışdırsa, tranzaktın parametrləri yoxdur. Məsələn.

1.GENERATE 10,2,1000,,4

2.GENERATE 100, FN\$EXPOA,,100,,5PB

Birinci yazılışda tranzaktların daxil olma vaxtı müntəzəm paylanma qanunu ilə [8,12] (və ya 10 ± 2) intervalında paylanmışdır. Birinci tranzakt 1000 vahid zaman anında yaranır, bütün tranzaktlara 4 prioriteti mənimsədir. Onlar “yarımsöz” formatında 12 parametərə malikdir. İkinci yazılışda tranzaktların daxil olma vaxtı 100 orta qiymətinə malik eksponensial qanunla paylanmışdır, yalnız 0 prioritetli 100 tranzakt generasiya edilir,hər bir tranzakt “bayt” formatlı 5 parametərə malikdir. Tranzaktı verilmiş vaxt qədər ləngitmək üçün ADVANCE operatorundan istifadə edilir.

ADVANCE A,B Burada A və B operandları GENERATE operatorundakı operandlara analogidir. Məsələn.

ADVANCE 100, FN\$EXPOA

ADVANCE 100,2

TERMINATE operatoru tranzaktları simulyasiya modelindən çıxarır və belə yazılır. TERMINATE A Burada A operandı

(susmaya görə 0) sayğacın məzmunundakı tamamlama ədədinin nə qədər azaldacağı ədədi göstərir, qiyməti isə START idarəedici kartın A operandlar sahəsində göstərilir.

Məsələn. 1.TERMİNATE

2.TERMİNATE 1

Birinci halda tranzakt çıxarılır, tamamlama sayğacının məzmunu dəyişmir. İkinci halda birincidən fərqli olaraq tamamlama sayğacının məzmunu 1 vahid azalır.

Tranzaktların parametrlərinin və prioritetlərinin qiymətinin dəyişməsi iə əlaqədar məsələlərə baxaq. GENERATE blokunda tranzaktlar yaradılarkən tranzaktların sayı, parametrlərinin formatı və hətta prioritetləri verilə bilər. Tranzaktın bu blokdan çıxdığı andan onun bütün parametrləri sıfır qiymətinə malik olur. Sonra tranzaktın modeldə hərəkəti zamanı onun parametrləri və prioriteti ASSIGN və PRIORITY operatorlarının köməyi ilə dəyişdirilə bilər. ASSIGN bloku tranzaktların parametrlərinin qiymətlərini vermək üçün əsas vasitədir.

ASSIGN A,B,C,D

A-dəyişmə rejimini göstərməklə, dəyişilən parametrin qiyməti, yığılma (+), çıxılma (-), əvəzetmə (heç bir simvol yoxdur);

B-parametrin qiymətini dəyişən (verilmiş rejimə uyğun) tam ədəd;

C-sahəsində göstərilmiş (əgər C sahəsi verilməmişsə, modifikasiya edilmir) qiymət funksiya-modifikatorunun nömrəsi;

D - dəyişilən parametrin formatı PF,PH,PB,PL(susmaya görə - PH).

Əgər A sahəsində yazılmış parametr “sürüşkən nöqtəli” parametdirsə (PL tipli), onda B sahəsində tam və kəsr qiymət yazmaq olar. Misallar.

1. ASSIGN 3+5,,PB
2. ASSIGN 3-5,,PB
3. ASSIGN 1-7,3
4. ASSIGN 4,2,1,PF
5. ASSIGN 5,2,5,,PL

Birinci və ikinci halda toplama və çıxma rejimində uyğun olaraq “bayt” formatı 3 parametrinin qiymətinin dəyişdirilməsi.

Üçüncü halda “yarımsöz” formatlı 1-7 parametrlərinə 3 qiymətinin verilməsi. Dördüncü halda FN1 funksiya-modifikatordan istifadə edilməsi. Beşinci halda “sürüşkən nöqtəli” formatlı parametərə kəsr qiymətinin verilməsi. Tranzaktın prioritetini dəyişmək üçün PRIORİTY A operatorundan istifadə edilir. Burada A tranzakta mənimsədilən prioritetin qiymətidir (0-dan 127 -yə qədər daxil olmaqla). Məsələn PRIORİTY 3 -də tranzakta 3 prioriteti mənimsədilir.

Qurğu, yaddaş və açarların yazılışı və istifadəsi.

Qurğu, yaddaş və açarların yazılışı və istifadəsinə xidmət edən operatorlar sırasına qurğu - SEİZE, RELEASE, PREEMPT, RETURN,yaddaş- ENTER,LEAVE, məntiqi açarlar LOGIC daxildir. GPSS-in “qurğu” tipli obyekt KXS-də xidmət kanalının analoqudur. Tələb xidmət üçün kanalı (qurğunu) SEİZE operatoru vasitəsi ilə tutması, xidmətin qurtarması ilə azad etmə RELEASE operatoru vasitəsi ilə yerinə yetirilir.

SEİZE A

.

.

.

RELEASE A

Burada A tranzakt tərəfindən tutulan (azad edilən qurğunun nömrəsidir (adıdır)).Tranzakt uyğun bloka daxil olduğu anda qurğu tutulur (azad edilir). Qurğunu tutan tranzakt onu tərk etdikdə qurğu azad olur. Qurğunu məşğul görən tranzakt onun azad olmasını gözləyir, daxil olma qaydası üzrə xidmət alır (əgər eyni prioritetə malikdirlərsə). Məsələn.

SEIZE	ACPU	qurğunun tutulması
ADVANCE	5,2	3-dən 7 vahid zamana ləngimə
RELEASE	ACPU	qurğunun azad edilməsi

PREEMPT bloku əvvəl qurğunu tutan tranzakta xidməti dayandırır və kəsilməni edən tranzakta qurğunu tutmağa imkan verir və PREEMPT operatoru vasitəsi ilə yazılır:

PREEMPT A,B,C,D,E

Burada A - bloka daxil olan tranzaktın işini kəsdiyi qurğunun nömrəsidir (adıdır). B-kəsilmə rejimi (PR- prioritetə görə kəsilmə). C-kəsilmiş tranzakt üçün ünvan (olmaya da bilər). D-kəsilmiş tranzaktın xidmət vaxtının qalığı yazılan parametri. E-əgər E sahəsində "RE" dayanırsa, xidməti kəsilmiş tranzakt bu qurğunu xidmət üçün təkrar tutmağa çalışmır. Kəsilmiş tranzakt (C sahəsində ünvan yoxdursa) qurğunun kəsilməsinin başa çatmasını və qurğuya xidmət üçün qayıtmasını gözləyir. Əgər belə tranzaktlar bir neçədirsə, onda onlar kəsildikləri ardıcılıqla (və ya prioritetlə) qurğuya qayıdırlar. RETURN blokuna daxil olan tranzakt qurğunun bu tranzaktın PREEMPT blokuna girməsi ilə yaranmış kəsilməsini saxlayır: RETURN A, Burada A – qurğunun nömrəsidir (adıdır). Qeyd edək ki, PREEMPT və RETURN blokları tez-tez istifadə edilir (məsələn, giriş-çıxış üçün kompüterin yaddaşına dövrü müraciəti modelləşdirdikdə). Yaddaşlar eyni zamanda bir neçə tələbə xidmət edən təchizatı (b.s. çoxkanallı KXS) yazırlar. Yaddaşın həcmi üçün iki yazılış forması olan STORAGE yazılış kartından istifadə edilir.

1. n STORAGE A

Burada n-yaddaşın nömrəsidir (adıdır). A-yaddaşın həcmidir.

Məsələn. 1 STORAGE 100 yaddaş 1, 100 vahid həcm

PAM STORAGE 10 yaddaş PAM, 10 vahid həcm

İkinci variant eyni vaxtda bir neçə yaddaşın yazılması üçün istifadə edilir. Misallar.

STORAGE S5-S10, 90 S5,S10 yaddaşları, 90 vahid

həcmli

STORAGE SSSKLD1,10/ SSSKLD2,20

Sonuncu kart simvolik adlı iki yaddaşı SSSKLD1, 10 vahid həcmli və SSSKLD2, 20 vahid həcmi yazır. Adətən yazılış kartı proqramın əvvəlində birinci GENERATE operatorundan qabaq yazılır. Simulyasiya modelində yaddaşın vəziyyəti yaddaşın tutulması ENTER və azad edilməsi LEAVE operatorlarının köməyi ilə yerinə yetirilir (operandlar sahəsi onlar üçün identikdir).

ENTER A,B

LEAVE A,B

A-yaddaşın nömrəsidir (adıdır). B- bloklara daxil olduqda tranzaktların tutduğu (azad etdiyi) yaddaş vahidlərinin sayıdır (susmaya görə-1). Bu operatorları istifadə etdikdə, əgər yaddaşda kifayət qədər yer yoxdursa tranzakt kifayət qədər yer düzəlməyə qədər gözləyir. Məşğul edilən qədər yaddaş vahidinin azad olması məcburi deyildir. Lakin azad edilən vahidlərin sayının cəmi tranzaktların yaddaşda məşğul edəcəyi vahidlərin sayını aşmamalıdır. Misal.

Kompüterə giriş-çıkış üzrə kəsilmələrin modelləşdirməsi.

CORE STORAGE 40 40 vah. həcmli yaddaş

ENTER CORE,2 2 vah. yaddaşın tutulması

PREEMPT CPU prosessorun kəsilməsi

ADVANCE 10 ver-in yazılması prosesi

RETURN CPU kəsilmənin sonu

LEAVE CORE,2 yaddaşın azad edilməsi

LOGIC bloku məntiqi açarların vəziyyətinin dəyişdirilməsi üçün istifadə edilir və dəyişikliyin tipini göstərən genişlənmiş əməliyyat sahəsinə malikdir. "S"-açarın qoyulması, "R"-açarın sıfırlanması,

"I"- açarın inversiya edilməsi (vəziyyətin tərsinə çevrilməsi. Misal.

LOGIC S LOG4 LOG4 açarın qoyulması

LOGIC R SWCH SWCH açarın sıfırlanması

LOGIC I KL1 KL1 açarın inversiya edilməsi

Modelin müxtəlif yerlərində açarların vəziyyəti GATE operatorunun köməyi ilə sorğulana bilər.

Tranzaktların hərəkət **marşrutlarının dəyişdirilməsi** ilə bağlı qrupun əsas operatorları GATE, TRANSFER, TEST, LOOP operatorlarıdır. Uyğun bloklara tranzaktlar, sanrakı bloklara tərəf deyil, ünvanı operatorlarda təyin edilmiş və ya göstərilmiş bloklara tərəf hərəkət edirlər. GATE və TEST operatorları genişlənmiş əməliyyat sahəsinə malikdirlər. GATE bloku təchizatın (qurğu, yaddaşlar, açarlar) müəyyən vəziyyətində (əsasən və ya alternativ istiqamətlərdə) tranzaktların hərəkətinə icazə verir. Vəziyyəti yazmaq üçün P4 cədvəlində verilmiş mnemonik işarələmələrdən, məntiqi göstəricilərdən istifadə edilir. GATE bloku 2 iş rejiminə malikdir. İmtina rejimi (şərti giriş), keçid rejimi (şərtsiz giriş). Bu bloku yazan operator aşağıdakı kimidir.

GATE XXX A,B

Burada XXX- cədvəl 4-dən mnemonik işarələmə.

A-Qurğu, yaddaş, açarın nömrəsi.

C-Keçid rejimində-alternativ ünvan.

Əgər uyğun obyekt tələb olunan vəziyyətdə deyildirsə, GATE bloku imtina rejimində işləyərkən tranzaktı blokirə edir (buraxmır). Bu situasiyada, keçid rejimində tranzakt alternativ ünvanı istiqamətlənir. Misal.

GATE SF 16 Tranzakt yaddaş 16 dolana qədər blokirə edilir.

GATE LS 1 1 açarı qoyulana qədər tranzakt blokirə edilir.

GATE FNU 7 7 qurğusu məşğuldursa tranzaktı blokirə edilir.

GATE FN1 21,ALTR 21 qurğusu kəsilmişsə, ALTR-a keçilir.

TRANSFER operatoru belə yazılır. TRANSFER A,B,C

Operatorun 4 əsas forması vardır.

1. Şərtsiz keçid TRANSFER B

Burada B tranzakt istiqamətlənən blokun adıdır (ünvanıdır). (A-operandı yoxdur).

2. Bir alternativ ünvanlı şərti keçid.

(“BOTH” rejimi)

TRANSFER BOTH,B,C

BOTH - rejim tipidir.

Burada B-tranzakt istiqamətlənən blokun adıdır (ünvanıdır) (əsas ünvan). C- alternativ ünvan (imkan olduqda B ünvanlı bloka daxil olma.)

3. Çox alternativ ünvanlı şərti keçid (“ALL” rejimi).

TRANSFER ALL,B,C,D

ALL-rejim tipidir.

B-birinci ünvan.

C-sonuncu ünvan.

D-tranzaktların hərəkətlərinin mümkün ünvanlarının hesablanması üçün M sabiti. B sahəsində ünvan,B+M,B+2M,...., C sahəsində ünvan.

4. Statistik keçid (verilmiş ehtimalla keçid).

TRANSFER A,B,C

Burada A - C ünvan üzrə tranzaktın keçid ehtimalı. B-alternativ ünvanıdır. GPSS-də nisbi ünvanlamadan istifadə daha rahatdır,b.s. metkası olmayan hər hansı bloka müraciət onun nisbi ünvanı vasitəsi ilə yerinə yetrilir. Misal üçün şərtsiz keçid blokunun üç yazılış formasına baxaq.

1. TRANSFER ,GPU2
TRANSFER ,*+3
TRANSFER ,GPU1+2

Birinci operator (birbaşa ünvanlama) tranzaktı GPU2 adlı bloka göndərir. Digər iki operator işə nisbi ünvanlamaya misaldır.İkinci operator tranzaktı baxılan blokdan sonra hesab üzrə üçüncü bloka göndərir. Üçüncü operatorada isə tranzakt hesab üzrə GPU1 blokundan sonra ikinci bloka göndərilir.

2. a)TRANSFER BOTH,KASS1,KASS2
b)TRANSFER BOTH,,TWO

Tranzakt a) halında KASS1 metkalı bloka istiqamətlənir, əgər bu mümkün deyilsə KASS2 metkalı bloka daxil olur.

Tranzakt b) halında növbəti bloka daxil olmağa çalışır,Əgər bu mümkün deyilsə,o TWO adlı bloka istiqamətlənir.

1.	TRANSFER	ALL, FİRST, LAST,3
FİRST	GATE	AAA
	ADVANCE	5
	TRANSFER	,LAST+2
	GATE LR	BBB
	ADVANCE	2
	TRANSFER	,LAST+2
LAST	GATE LS	CCC
	ADVANCE	3,1

Tranzakt ardıcıl olaraq FİRST, FİRST+3, FİRST+6 (LAST) bloklarına daxil olmağa çalışır.

TRANSFER operatorunu elə istifadə etmək lazımdır ki, tranzakt ünvanlardan heç birində hərəkət edə bilmir, modelləşdirici program tranzaktları model vaxtının hər bir dəyişməsində hər bir ünvan üzrə istiqamətləndirir. Bu isə model vaxtının böyük itkisinə səbəb ola bilər.

TRANSFER .370,THIS,THAT

0.37 ehtimalla tranzaktlar THAT blokuna (37% tranzaktlar), 0.63 ehtimalla tranzaktlar THIS blokuna (63% tranzaktlar) daxil olur.

TEST operatoru verilmiş cəbri münasibətlə verilmiş şərtin ödənilməsindən asılı olaraq tranzaktın hərəkət istiqamətini müəyyən edir. Operator ümumi qəbul edilmiş məntiqi əməliyyatların işarələrindən-L,LE,E,NE,G,GE-dən ibarət genişlənmiş əməliyyat sahəsinə malikdir

TEST XX A,B,C Burada XX məntiqi əməliyyatların işarələridir. A və B müqayisə edilən SƏA-dır. C-alternativ ünvanıdır.Əgər TEST operatorunda münasibət ödənilsə, tranzakt növbəti bloka gedir, əks halda iki hal mümkündür. C-buraxılmışdır, tranzakt şərt ödənilənədək TEST blokunda ləngiyəcəkdir. C- verilmişdir, tranzakt C ünvanına istiqamətlənəcəkdir (birinci variant az əlverişlidir, çünki tələb olunan blokıredici şərtin yoxlanması üzrə böyük məşin vaxtı sərf oluna bilər). Misal.

- a) TEST LE Q1,10
- b) TEST NE S1,PF2
- c) TEST GE PF1,PF2,GPU

Birinci halda əgər 1 növbə uzunluğu 10-dan böyükdürsə, tranzakt ləngiyəcəkdir. İkinci halda əgər 1 yaddaşının cari məzmunu “söz” formatlı tranzaktın ikinci parametrinin qiymətinə bərabədirsə, tranzakt ləngiyəcəkdir. Üçüncü halda əgər $PF1 \geq PF2$ isə tranzakt növbəti bloka, əks halda isə GPU blokuna istiqamətlənir.

LOOP operatoru simulyasiya modelində dövrü təşkil etmək üçün istifadə edilir.

LOOP A,B

A-format göstərməklə dövr sayğacı qismində istifadəli tranzaktın parametrinin nömrəsidir. Formatlar PF-“söz”, PH-“yarımsöz”, PB-“bayt”-dir.

B-təkrarlanan qrup bloklarda başlanğıc blokun adıdır. Tranzaktın LOOP blokuna hər girişində sayğacın qiyməti 1 azalır. Əgər sayğacın qiyməti 0-a bərabədirsə tranzakt növbəti bloka keçir. Dövr daxilində sayğac-parametrin dəyişməsi yol veriləndir. Misal.

	ASSIGN	5,4,,PH
WAIT	ADVANCE	15,3
	LOOP	PH5,WAIT

ASSIGN blokuna daxil olan tranzakt üçün “yarımsöz” formatlı 5-ci parametrin qiyməti 4-ə bərabər qoyulur, dövr daxilində bu parametir dəyişmir, nəticədə bu tranzakt yenə 3 dəfə dövrün əvvəlinə - WAIT blokuna qayıdır.

Hesablamaların təşkili və modelləşdirmənin nəticələrinin yığılması prosesinə baxaq. Modelləşdirilən sistemin elementləri arasındakı riyazi münasibətlərlə ifadə edilən əlaqələr GPSS dilində **dəyişənlər** (hesabi və bul) və **funksiyaların** (kəsilməz və diskret) köməyi ilə yazılır. Beş

funksiya mövcuddur, burada ikisinə baxılır. Hesabi dəyişən müxtəlif SƏA-ları (o cümlədən digər dəyişənləri) və əməl işarələrini (+, -, *, /, @, modul üzrə bölmə, ()) özündə saxlayan hesabi ifadələrdir. Hesabi ifadələrdə əməliyyatlar ənənəvi ardıcılıqla yerinə yetrilir. Sıfıra bölmənin nəticəsi 0. Hesabi ifadə qeyd olunmuş nöqtəli (dəyişənə daxil olan hər bir əməliyyatın nəticəsi tam hissəyə qədər dəqiqliklə götürülür, (kəsr hissə atılır) və sürüşkən nöqtəli (kəsr hissə yalnız son nəticədə atılır). Hesabi ifadəni yazan kart proqramın əvvəlində belə yazılır.

n VARIABLE A qeyd olunmuş nöqtə

n FVARIABLE A sürüşkən nöqtə

Burada n-dəyişənin nömrəsidir, A-hesabi ifadədir. Qeyd olunmuş və sürüşkən nöqtəli hesabi ifadə ümumi (açıq) nömrələməyə və eyni mnemonik Vn işarəyə malikdir. Misal.

1 VARIABLE (11/ 3) nəticə 36

2 VARIABLE (11/ 3) nəticə 30

10 VARIABLE Q9+3-PH1*V5

Sonuncu misalda V10 dəyişəni növbə uzunluğu 9(Q9)-a 3 sabitini əlavə etməklə və 1(PH1) tranzaktın parametrinin qiymətini çıxmaqla 5 V(5) parametrinin hesablanmış qiymətinə vurmaqla hesablanır.

Bul dəyişənləri məntiqi şərtlərin yoxlanması üçün istifadə edilir. Əgər verilmiş məntiqi şərt ödənirsə, bul dəyişəninin qiyməti 1-ə bərabər olur. Əks halda 0 olur. Bul dəyişənlərində üç - məntiqi, şərti, bul tip əməliyyat istifadə edilir. Məntiqi əməliyyatları işarə etməkdən ötrü mnemonik işarələrdən istifadə edilir, j-obyektin nömrəsidir:

FNIj-qurğu kəsilməmişdir;

Fij-qurğu kəsilməmişdir;

Fuj-qurğu məşğuldur;

FNUj-qurğu məşğul deyil;

Fj-qurğu məşğuldur və ya kəsilməmişdir;

SFj-yaddaş dolmuşdur;
SNFj-yaddaş dolmamışdır;
Sej-yaddaş boşdur;
SNEj-yaddaş boş deyil;

LSj(LRj)-məntiqi açar qoyulmuşdur (buraxılmışdır).

Şerti əməliyyatlar ənənəvi işarələmələrə malikdir: G,L,N,E,NE,LE,GE. Bul dəyişəndə istifadə zamanı bu simvollar apastrofa əsaslanır. Məsələn.”L”. Bul əməliyyatlarına məntiqi toplama “+”(və ya) və vurma “*” (və) aiddir. Bul dəyişənlərinin yazılış kartına aid misallara baxaq. Misallar.

3 BVARİABLE SF2 BV3=1,əgər yaddaş 2 dolmuşsa

10 BVARİABLE V4 “L”3 BV10=1,əgər V4<3

6 BVARİABLE (V1”G”3)*(FNU1+LR7)

Sonuncu misalda BV6=1 əgər V1>3, 1 qurğusu boşdursa və ya LR7 çeviricisi qoşulmuşsa.

GPSS dili mürəkkəb analitik hesabatları aparmaq üçün vasitələr nəzərdə tutmur (sin, exp,ln tipli standart funksiyalar yoxdur).Əməliyyatların nəticəsi bir qayda olaraq tam ədədə qədər dəqiqliklə götürülür. Modelləşdirmə prosesində analitik hesablamaların nəticələrinə malik olmaqdan ötrü tələb olunan analitik funksiyaları tabulyasiya etmək lazımdır. Tabulyasiyanın nəticələri FUNCTION kartı ilə daxil edilə bilər. Funksiyanın yazılış kartı belədir:

n FUNCTION A,B

Burada n funksiyanın nömrəsidir (adıdır), A-funksiyanın arqumentidir, adətən SƏA. B sahəsində funksiyanın tipi göstərilir (C_m - kəsilməz, D_m - diskret, m - tabulyasiyada nöqtələrin sayıdır.). Hər bir FUNCTION kartı cüt qiymətlər (X_i , Y_i) ardıcılığına malik kartla müşayət edilir. X_i , Y_i tabulyasiya nöqtəsinin uyğun olaraq arqument və funksiyanın qiymətləridir. Bu kartı yazdıqda aşağıdakı qaydalara riayət edilməlidir:

1. Yazılış birinci kolonkadan başlayır, lakin 71-ciyə davam etdirilmir.

2. X_i və Y_i koordinatları vergüllə, koordinat cütlükləri isə “/” ilə ayrılır.

3. Bir nöqtənin koordinatı bir kartda verilməlidir.

4. X_i qiymətləri artma ardıcılığı ilə verilir.

5. X_i və Y_i qiymətləri tam olmayan qiymətlərlə verilə bilər: $X_i, Y_i \in [10^{-75}, 10^{75}]$

Misal. Tutaq ki, $y = f(x)$ funksiyası (harada ki, $x \in [0,1]$ parçasında müntəzəm paylanmış təsadüfi kəmiyyətdir) $m = 5$ nöqtədə cədvəl şəklində verilmişdir.

X_i	0	0,5	0,83	0,89	1,0
Y_i	0	26,0	40,8	6,08	5,0

Bu cədvəli GPSS-in funksiya-obyektlərinin köməyi ilə yazaq:

- a)1 FUNCTION RN1,D5 diskret funksiya
0,0/0,5,0.26/0.83,40.8/0.89,6.08/0.999,5.0 funksiyanın qiymət kartı
- b)1 FUNCTION RN1,C5 kəsilməz funksiya
0,0/0,5,0.26/0.83,40.8/0.89,6.08/0.999,5.0 funksiyanın qiymət kartı

Burada RN1-sistemli ədədi atributdur və müraçət zamanı $[0,0,999999]$ intervalında müntəzəm paylanmış təsadüfi kəmiyyətin realizasiyası hesablanır, b.s. baza təsadüfi kəmiyyətinin (BTK) mənası vardır. İdentik təsadüfi ardıcılığı generasiya edən baza təsadüfi kəmiyyətinin 8 vericisi RN1,RN2,...,RN8 vardır. FN1 funksiyanın qiymətlərini a) və b) hallarda tədqiq edək. Tutaq ki, X- RN1 vericisi vasitəsi ilə alınmış BTK-in realizasiyasıdır (FN1 funksiyanın yazılış kartında istifadə edilən), Y-isə FN1 funksiyanın uyğun qiymətidir. a) Diskret hal

$$Y = \begin{cases} 0, & X = 0 \\ 36,0 & X (0,0,5] \\ 40,8 & X (0,5,0,83] \\ 6,08 & X (0,83,0,89] \\ 5,0 & X (0,89,1] \end{cases}$$

b) Kəsilməz halda X-in hər bir qiymətinə xətti interpolasiya vasitəsi ilə alınmış Y-in bir qiyməti uyğundur.

Təsadüfi kəmiyyətlərin modelləşdirməsinə baxaq. FUNCTION kartı ixtiyari (kəsilməz və diskret) paylanma qanununa malik təsadüfi kəmiyyətlərin realizasiyasının modelləşdirməsi üçün istifadə edilə bilər. Yuxarıda göstərilən misalda a) halında uyğun [0,5, 0,33, 0,06, 0,11]ehtimallarla 26,0, 40,8, 6,08, 5,0 qiymətlərinə malik diskret təsadüfi kəmiyyətin modelləşdirməsi kimi baxmaq olar. Eksponensial paylanma misalında kəsilməz təsadüfi kəmiyyətlərin modelləşdirməsi prinsipinə baxaq. Tutaq ki, X-aşağıdakı paylanma funksiyasına malik təsadüfi kəmiyyətdir

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x}, x > 0$$

Harada ki, λ -parametrdir.Onda tərs funksiya üsuluna uyğun olaraq

$$X = 1/\lambda \ln(1/(1 - \xi)) = \mu(\xi)$$

Harada ki, μ -X təsadüfi kəmiyyətinin riyazi gözləməsidir, ξ - baza təsadüfi kəmiyyətinin realizasiyasıdır.Eksponensial qanun üzrə paylanmış $\mu = 100$, təsadüfi zaman intervalı vasitəsi ilə tranzaktlar yarıdan operatoru yazaq. $f(\cdot)$ funksiyasını ilkin olaraq $m = 24$ nöqtə üçün tabulyasiya edirik və tapşırıq kartının köməyiylə EXPON funksiyasının qiymətini yazaq. Tranzaktların yaradılması operatorun köməyiylə yerinə yetrilir.

GENERATE 100,FN\$EXPOA

Tranzaktın daxil olma zaman intervalının uzunluğu 100 riyazi gözləməsini RN1 BTK-in realizasiyası üçün hesablanmış FN\$EXPOA funksiyasının qiymətinə vurmaqla təyin edilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, əgər funksiya (məs. FN\$EXPOA) GENERATE və ya ADVANCE operatorlarında modifikator kimi istifadə edilirsə, onda onun qiyməti tam ədədə qədər yuvarlaqlaşdırılır. Yalnız son nəticə yuvarlaqlaşdırılır. Normal paylanma qanunu üzrə paylanmış riyazi gözləməsi 10, standart meyli 3 olan halda tranzaktların daxil olma intervallarının modelləşdirməsi üçün proqram fraqmenti misalda göstərilmişdir. Misal.

```
SNORM      FUNCTION RN1,C25
.
.
GNORM      FVARIABLE 3*FN$SNORM+10
            GENERATE VSGNORM
```

Modelləşdirmə prosesində **qiymətlərin yığılması və saxlanması** üçün SAVEVALUE yaddaş oyuğundan istifadə edilir. Oyuğu yazan operator aşağıdakı kimidir:

SAVEVALUE A,B,C

Burada A - oyuğun nömrəsi (adı) və ya rejimi və oyuğun məzmununun dəyişməsi göstərilməklə (“+”-yığmaq, “-“ - çıxma, bu simvolların yoxluğu - əvəzləmə);

B-Oyuğun məzmununu dəyişən SƏA-un və ya sayı;

C-Formatın tipidir (X,XF və ya probel - “söz”; H,XH-“yarımsöz”; XB – “bayt”; XL-“sürüşkən nöqtə”).

Qeyd etmək lazımdır ki, GPSS-in əlavə imkanları da vardır. Bu imkanlara tranzaktların sürətinin çıxarılması və onların hərəkətinin sinxronlaşdırılmasını aid etmək olar. Müəyyən zaman anlarında sinxronlaşdırılan paralel proseslərin modelləşdirməsi məsələləri qarşıya çıxır. Misal olaraq məqsədi bir neçə detaldan ibarət məmulatın hazırlanması olan istehsal prosesini göstərmək olar. Məmulatın yığılması yerinə daxil olmaqdan əvvəl detallar texnoloji marşuruta uyğun olaraq emaldan keçir. Hər bir detal digərlərindən asılı olmayaraq öz marşurutu üzrə hərəkət edir, lakin yığım bütün

komplektləşdiricilərin yığılma yerinə daxil olduqdan sonra başlayır (b.s. detalların hərəkətinin sinxronlaşdırılması baş verəcəkdir). Belə situasiyaların GPSS-də modelləşdirməsi üçün tranzaktlar ailəsindən - bir ilkin tranzaktın sürəti olan tranzaktlar çoxluğundan istifadə edilir. Bir ailəyə daxil olan tranzaktlar sinxronlaşdırıla bilər. İlkin tranzakta identik sürətlərin yaradılması üçün SPLIT operatorundan istifadə edilir, onun sadə yazılış forması aşağıdakı kimidir.

SPLIT A,B - Burada A-yaradılan sürətlərin sayı, B-sürətin istiqamətləndirildiyi ünvanıdır. İlkin tranzakt SPLIT blokundan sonrakı bloka daxil olur. Müəyyən sayda tranzaktları bir ailədə birləşdirməkdən ötrü istifadə edilən operator:

ASSEMBLE A

Burada A- birləşdirilən ailədə tranzaktların n sayıdır. ASSEMBLE blokuna daxil olan və müəyyən ailəyə məxsus ilk tranzakt bu ailədən $n - 1$ sayda tranzakt bloka daxil olana qədər gözləməli olur. Birinci tranzakt növbəti bloka keçdikdən sonra qalan $n - 1$ tranzakta xidmət edilir. Bir ASSEMBLE blokunda müxtəlif ailələrə məxsus tranzaktlar da ola bilər. Bir ailənin də tranzaktları müxtəlif ASSEMBLE bloklarında yığıla bilər. Bir ailədən olan iki tranzaktın hərəkətini sinxronlaşdırmaq üçün iki qoşma MATCH blokundan istifadə edilir. Məsələn

AAA	MATCH	BBB
BBB	MATCH	AAA

Baxılan misalda AAA metkalı bloka daxil olan tranzakt bu blokda bu ailədən olan tranzakt BBB metkalı bloka daxil olana qədər gözləyir.

İki detaldan ibarət məmulatın hazırlanması prosesinin modelləşdirməsinə baxaq. Detallar (300,50) intervalla daxil olur. Detalların emalı ilə iki fəhlə məşğul olur. Bir fəhlə bir detalı emal edir. Hər bir detalın emal prosesində iki əməliyyat

icra edilir. Birinci detal üçün əməliyyatın yerinə yetirilməsi vaxtı (50,90),(10,30), ikinci detal üçün isə əməliyyat (30,90), (10,50) intervalında yerinə yetrilir. Birinci əməliyyatdan sonra fəhlələr icra vaxtı sifra bərabər edilən müqayisə əməliyyatını edir. Detalların emalı qurtardıqdan sonra üçüncü fəhlə (30,70) intervallı zamanla iki hazır detaldan məmullatı yığır.

Verilmiş şərti ödəyən obyektlərin seçilməsi. Verilmiş obyektlər çoxluğundan verilmiş şərti ödəyən obyektlərin sayını seçmək üçün

COUNT blokundan istifadə edilir. Belə obyektlərdən birincisinin nömrəsi SELECT blokunun köməyi ilə tapıla bilər. COUNT bloku genişlənmiş əməliyyat sahəsinə analitik bloklara aiddir və aşağıdakı kimi yazılır:

COUNT XXX A,B,C,D,E

Burada operandlar sahəsində aşağıdakı informasiyalar verilir:

A-Obyektlərin sayını göstərən saygacın təşkili üçün istifadə edilən, format göstərməklə (PF,PH,PB) parametrin nömrəsi;

B,C- verilmiş şərtin yoxlanması üçün obyektlərin nömrələrinin dəyişmə diapazonunun aşağı və yuxarı sərhəddinin uyğun qiymətləri;

D - E sahəsində göstərilmiş qiyməti obyektin SƏA ilə müqayisə edilən SƏA;

E – P2 cədvəlində təhlil edilən obyektlərin SƏA ;

Detalların emal üçün daxil olması
 GENERATE 300,50
 SPLIT 1,MANB
 Birinci fəhlənin birinci detalı emal etməsi
 MANA SEİZE 1
 ADVANCE 70,20 Əməliyyat 1
 MET1 MATCH MET2 Yoxlama
 ADVANCE 20,10 Əməliyyat 2
 RELEASE 1
 TRANSFER MANC
 İkinci fəhlənin ikinci detalı emal etməsi
 MANB SEİZE 2
 ADVANCE 60,30 Əməliyyat 1
 MET2 MATCH MET1 Yoxlama
 ADVANCE 30,20 Əməliyyat 2
 RELEASE 2
 Məmulatın üçüncü fəhlə tərəfindən yığılması
 MANC ASSEMBLE 2
 SEİZE 3
 ADVANCE 50,20 Yığım
 RELEASE 3
 Hazır məhsulun çıxışı
 TERMİNATE

Əməliyyat sahəsinin genişlənməsi iki tipdə olur:

1) XXX - P4-də müxtəlif tip obyektlər üçün məntiqi şərti operatorların mnemonik işarəsi. Bu halda D və E sahələri boş ola bilər. Məsələn.

COUNT SF 5PH,10,20

Bu operatorun icrası nəticəsində dolmuş yaddaşın sayı 10-dan 20-yə qədər nömrəyə malik yaddaş çoxluğundan tranzaktın "bayt" formatının 5-ci parametrinə yazılır.

2) XXX- L, LE,E, NE,G, GE münasibət göstəricisidir. Bu zaman D və E həmişə verilməlidir. Məsələn COUNT LE 1PB, 1,5,X10,FC

1-5 nömrəli qurğular çoxluğunda girişlərin sayı sayğacı (FC) 10 formatlı "söz" oyuğunun cari qiymətindən kiçik bərabərdirsə, qurğuların sayı hesablanır. Alınmış ədəd bloka daxil olan tranzaktın "bayt" formatının 1 parametrinə yazılır.

SELECT bloku aşağıdakı kimidir:

SELECT XXX A,B,C,D,E,F

A,B,C,D,E,F sahələrinin təyinatı COUNT blokuna anolojiyədir. Əgər göstərilən obyektlərdən heç biri vermiş şərti ödəmirsə, F sahəsi alternativ ünvanı yazmaq üçündür. Genişlənmiş əməliyyat sahəsini yazmaq üçün 1,2 variantları ilə yanaşı aşağıdakı variant da istifadə edilə bilər.

1) XXX- MİN və ya MAX açar sözləri, göstərilən SƏA-ın uyğun minimal və maksimal qiymətli obyektlərin axtarış rejimləridir.

İstifadəçi siyahıları ilə iş. Model vaxtının hər anında simulyasiya modelində olan tranzaktlar idarəedici proqramla (simulyatorla) 4 tip siyahıdan birinə yerləşdirilir:

-cari hadisələr siyahısı (məsələn, TRANSFER, TEST, GATE bloklarında ləngiyən, hətta imkan daxilində SEİZE və ENTER bloklarına daxil olan tranzaktlar);

-gələcək hadisələr siyahısı (ADVANCE və GENERATE bloklarına daxil olan tranzaktlar);

-kəsilmələr siyahısı (SEİZE və PREEMPT bloklarına keçid nəticəsində xidməti kəsilən tranzaktlar);

-sinxronlaşdırma siyahısı (MATCH və ASSEMBLE bloklarında yerləşən tranzaktlar).

Bu siyahılar simulyasiya modelləşdirməsi prosesində istifadəçilərə əlçatan deyildir. Siyahıların məzmunu məxsusi sorğu əsasında modelləşdirmənin sonunda (START operatoru vasitəsilə) və ya proqramın icrasında səhv meydana çıxdıqda çap edilə bilər.

GPSS-də simulyasiya modelləşdirməsi prosesində istifadəçilər üçün əlçatan bir tip siyahı vardır ki, istifadəçilər siyahısı adlanır. Bu siyahıdan istifadə iki məqsəd nəzərdə tutur:

-növbənin emalında maşın vaxtına qənaət edilməsi;

-xüsusi xidmət qaydasının təşkili(məsələn, birinci daxil olub, birinci xidmət alır, tranzakt parametrinin qiymətinin azalması üzrə).

Maşın vaxtına itkinin azaldılması növbədə dayanan tranzaktların müəyyən zamanda cari hadisələr siyahısından

çıxarılaq istifadəçilər siyahısında yerləşdirilməsi hesabına əldə edilir. Bu zaman tranzaktlar aktiv olmayan vəziyyətdə qalır. Model vaxtının dəyişməsi ilə idarəedici proqram siyahıda birinci yerdə dayanan tranzakta müraciət edərək onu göstərilən ünvana doğru hərəkət etdirir. Əgər tranzaktlar cari hadisələr siyahısında yerləşirsə, onların hərəkət istiqamətinin müəyyənləşdirilməsinə əlavə məşın vaxtı sərf edilir. Tranzaktların istifadəçi siyahısında yerləşdirilməsi üçün LİNK bloku istifadə edilir ki, onun yazılış formatı aşağıdakı kimidir:

LİNK A,B,C

Operandlar sahəsi aşağıdakı təyinata malikdir:

A-istifadəçi siyahısının nömrəsidir (adıdır);

B-istifadəçi siyahısını nizamlayan rejim (xidmət qaydası), aşağıdakı yazılışlar mümkündür:

- FIFO – daxil olan tranzakt siyahının sonuna yerləşdirilir (“birinci gəlib- birinci xidmət alır”);

- LİFO – daxil olan tranzakt siyahının əvvəlinə yerləşdirilir (“sonda gəlib- birinci xidmət alır”);

- Parametrin nömrəsi- tranzaktlar siyahıda göstərilən parametrin qiymətlərinin artması üzrə yerləşdirilir (parametrinin qiyməti minimal olan tranzaktlar-siyahıda birinci, maksimal olan tranzaktlar- sonuncu);

A-alternativ ünvandır. C sahəsinin istifadəsi istifadəçi siyahısının indikatorundan istifadəyə baxır- ind və bu qiymətləri alır:

0 - əgər ünvanı C sahəsində göstərilən tranzakt bloka ləngimədən daxil olursa, bu bloka giriş əvvəl daxil olan tranzaktlara cəhd etmirsə;

1-əks halda. Qeyd edək ki, indikatorun başlanğıc qiyməti sıfır olur. İstifadəçi siyahısından tranzaktların çıxarılması üçün UNLİNK blokundan istifadə edilir. Bu blokun sadə variantı aşağıdakı kimidir:

UNLİNK A,B,C

A – istifadəçi siyahısının nömrəsidir (adıdır);

B – çıxarılan tranzaktlar keçən blokun nömrəsidir (metkasıdır);
 C – çıxarılan tranzaktların sayıdır (sabit, SƏA və ya bütün tranzaktların çıxarılmasını göstərən ALL açar sözü)
 LİNK və UNLİNK bloklarını aşağıdakı misalla izah edək.Misal.

```

                GENERATE 1000, FN1
                QUEUE     QUE1
                LINK      CHAIN, FIFO, CAN
CAN            SEİZE     FAC1
                DEPART   QUE1
                ADVANCE   700, FN1
                RELEASE   FAC1
                UNLINK    CHAIN, CAN, 1
                TERMINATE
    
```

LİNK və UNLİNK blokunun bu misalda istifadəsinin məqsədi maşın vaxtı itkisinin azaldılmasıdır. Burada blok LİNK alternativ ünvana malikdir. Onda tranzakt bu bloka daxil olduqda CHAIN siyahısında indikatorun vəziyyəti yoxlanılır. Əgər ind=0 (birinci tranzakt üçün) isə, onda tranzakt alternativ ünvana istiqamətlənir (FAC1 qurğusuna) və ind=1 götrülür. Əgər ind=1 isə, onda LİNK blokuna daxil olan tranzakt FİFO rejimi göstərildiyi üçün CHAIN istifadəçi siyahısının sonuna əlavə edilir. Əgər tranzakt UNLİNK blokuna daxil olarkən istifadəçi siyahısı boş deyilsə, oradan bir taranzakt götrülərək CAN metkalı bloka istiqamətləndirilir. FAC1 qurğusu yenidən məşğul olduğundan siyahı indikatoru 1-ə bərabər olaraq qalır. Əgər tranzakt UNLİNK blokuna daxil olan anda CHAIN istifadəçi siyahısı boşdusa, ind=0 götrülür. Maşın vaxtına qənaət isə idarəedici proqramın FAC1 qurğusunda xidmət üçün gözləyən bütün tranzaktlara baxmaması hesabına əldə edilir. Əlavə yoxlama olmadan birinci tranzaktı CHAIN siyahısına göndərir.

Statistikanın yığılmasında modelləşdirilən sistemin

fəaliyyətini xarakterizə edən bir sıra ədədi atributlarını, hətta onların ayrı-ayrı elementlərini effektivlik göstəricisi kimi interpretasiya etmək olar. Simulyasiya eksperimentlərinin vacib tərkib hissələrindən biri effektivlik göstəricisinin hesablanmasıdır. GPSS - də effektivlik göstəricisi üzrə statistika yığmaq üçün rahat vasitə vardır. Müəyyən növ statistika proqramla avtomatik olaraq yığılır. Digər növ statistik verilənlər isə statistik bloklar vasitəsi ilə alınır. Statistikanın növbə ilə yığılması üçün QUEUE və DEPART bloklarından istifadə edilir. QUEUE bloku modelin növbə meydana çıxma biləcək istənilən yerində qoyula bilər. Uyğun operator aşağıdakı kimidir:

QUEUE A,B

Burada A - QUEUE blokundan sonrakı bloka daxil ola bilməyən ranzakta verilən növbənin nömrəsidir (adıdır), B - tranzaktın növbədə tutduğu yerin sayıdır. DEPART bloku əks hərəkəti icra edir: Ona tranzakt daxil olduqda tələb olunan sayda yeri azad edir. Blok operatoru DEPART A,B A,B QUEUE blokuna analogi olaraq təyin edilir. Yalnız bir fərqlə B-də azad olunan yerlərin sayı göstərilir. Növbə haqqında statistik informasiya avtomatik olaraq yığılır və standart şəkildə verilir.

GPSS vasitəsi tədqiq olunan təsadüfi xarakteristikaların mütləq və nisbi tezliklərinin qiymətlərinin verilmiş intervala düşməsinin empirik cədvəlini almağa imkan verir. Cədvəlin yazılış kartı aşağıdakı kimidir:

n TABLE A,B,C,D

n cədvəlin nömrəsidir (adıdır); A- tabulyasiya edilən SƏA-dur (cədvəl arqumentidir), B birinci intervalın yuxarı sərhəddir, C- intervalın enidir, D- intervalların sayıdır. Intervalların enini və miqdarını elə seçmək lazımdır ki, alınmış intervallar 100% cədvəl arqumentlərinin qiymətlərilə üst-üstə düşməlidir. Tezlik cədvəllərilə yanaşı eyni vaxtda cədvəl arqumentlərinin orta və orta kvadratik meyli hesablanır. Cədvəlin yazılış kartı

proqramın əvvəlinə yerləşdirilir. İnformasiyanın cədvələ yerləşdirilməsi tranzakt TABULATE blokuna daxil olduqda baş verir.

TABULATE A,B

Burada A - cədvəlin nömrəsidir (adıdır), B - uyğun intervala əlavə edilən vahidlərin sayıdır (susmaya görə-1). Misallar.

a) 1 TABLE V1,-100,10,100

b) CORE TABLE S\$CORE,0,50,10

1 cədvəli V1 dəyişəninin tezlik qiymətlərini (tezlik paylanmalarını) almaq üçündür. Cədvəl 10 intervaldan ibarətdir, intervalın uzunluğu 10 vahiddir, iki kənar interval $(-\infty, -100)$ və $(900, +100)$ kimidir.

CORE cədvəli CORE yaddaşının cari məzmununun paylanma tezliyini almaq üçündür. Cədvəl 10 intervaldan ibarətdir, hər birinin uzunluğu 50 vahiddir, kənar intervallar isə $(-\infty, 0)$ və $(900, +\infty)$ kimidir. Cədvəllərə uyğun əlavələr, operatorlar aşağıdakı kimidir:

a) TABULATE 1

1 əlavə edilir

b) TABULATE CORE,2

2 əlavə edilir

Tranzaktların növbəyə gəlmə vaxtının paylanmasını tabulyasiya etməkdən ötrü TABULATE operatorundan istifadə etməməklə də yerinə yetirmək olar. Əgər cədvəl QTABLE kartı vasitəsilə verilsə, onun funksiyasını DEPART operatoru yerinə yetirir. TABLE kartından fərqli olaraq QTABLE kartının A sahəsi müşahidə edilən növbənin nömrəsini (adını) göstərir. Misal.

QTIME QTABLE TIME, 0,20,75 cədvəlin yazılışı

.....

QUEUE TIME tranzaktla növbənin tutulması

.....

DEPART TIME tranzaktla növbənin azad edilməsi

Tranzakt DEPART blokuna daxil olarkən növbəyə gəlmə vaxtı avtomatik olaraq QTIME cədvəlinə yazılır.

Simulyasiya eksperimentini təşkil etmək üçün idarəedici proqrama (simulyatora) əlavə informasiya verilməlidir (məsələn hesabatın müddətini, giriş verilənlərinin daxil edilməsinin qurtarmasını və s.). Bu informasiya idarəedici kart vasitəsilə verilir.

SİMULATE kartı proqramda birinci kartdır, proqramın icra (hesabat) zəruriliyini göstərir və aşağıdakı kimi yazılır:

SİMULATE A

Burada A-maşın vaxtındakı dəqiqələrin sayıdır. Bu vaxt ərzində simulyasiya modelləşdirməsi tamamlanır və yığılmış statistik informasiya çıxışa verilir. Əgər A sahəsi boşdursa, proqramın işi model vaxtı qurtardıqdan sonra və ya verilmiş sayda tranzakta xidmət qurtardıqdan sonra tamalanmış olur. Giriş verilənlərinin sonunda yerləşən START kartı giriş verilənlərinin alındığını və hesabatın başlanmasını göstərir. Onun sadə yazılış forması aşağıdakı kimidir:

START A

Burada A-tamamlama sayğacı qurtarana qədər yəni - son statistika alınana qədər sistemdən keçən tranzaktların sayıdır. Tamamlama sayğacının (TS) məzmunu sıfırdan kiçik bərabər olduqda hesabat qurtarmış olur və onun qiyməti TERMINATE blokunun A sahəsində göstərilən kəmiyyət qədər azalır.

Misallar. a) Verilmiş sayda tranzakta xidmətdən sonra modelləşdirmənin tamamlaması başa çatır.

GENERATE 20,5 tranzaktların yaradılması

.....

TERMINATE 1 TS-dan 1 çıxmaqla tranzaktların ölümü

START 1000 tamamlama sayı TS 1000-ə bərabərdir

Modeldən 1000 tranzakt keçdikdən sonra modelləmə tamamlanır.

a) Zamana görə ($T=3600$) modelləmənin tamamlanması

GENERATE „3600

TERMINATE 1

START 1

Qeyd edək ki, proqramda olan digər TERMINATE blokları a) b) misallarının fraqmentindəki kimi A sıfır sahəsinə malik olmalıdır.

RESET və CLEAR kartları proqramın bir icrası müddətində simulyasiya modelinin bir neçə icrasını göstərir. Hər bir icranın sonunda: RESET kartı üzrə bütün yığılmış statistika çap edilir və silinir, nisbi model vaxtının qiyməti C1 (bir icra üçün model vaxtı) sıfırlaşdırılır, CLEAR kartı üzrə əlavə olaraq bütün tranzaktlar xaric edilir, mütləq model vaxtı AC1 sıfırlanır. END kartı giriş verilənlərinin sonunu göstərən kartdır.

VII Fəsil. İstehsal sahəsinin GPSS-də modelləşdirilməsi

6.1. İstehsal sahəsinin modeli

Məlumdur ki, modelləşdirmənin analitik, simulyasiya və eksperimental növləri vardır. Analitik model obyektin riyazi yazılışına əsaslanır.

Simulyasiya modelləşdirməsi üsulu istehsal sistemlərinin və proseslərinin ən güclü və effektiv tədqiq üsullarından biridir. Analitik modellərdə əhəmiyyətli dərəcədə sadələşdirmə və fərziyyələr olduğuna görə təqribi və hətta qeyri- dəqiq nəticələrə gətirib çıxarır. Son dövrlərdə analitik modellərlə tədqiq imkanı hesablama üsullarının inkişafı və geniş tətbiqi ilə əlaqədar olaraq xeyli artmışdır.

Analitik modellərin vacib üstünlüklərindən biri tədqiq olunan obyektin parametrlərinin qiymətlərinin minimal itki ilə təyin edilməsinə imkan verməsidir. Analitik modelləri qurarkən və tətbiq edərkən əhəmiyyətli parametrlərin seçilməsi vacibdir. Obyektin (sistemin) fəaliyyət keyfiyyətinə az təsir edən parametrləri atmaq mümkündür. Bunun üçün proseslərin fiziki mahiyyətini, obyektin davranışını yaxşı təsəvvür etmək lazımdır ki, hansı sadələşdirici fərziyyə son nəticəyə az təsir edəcəkdir. Əksər hallarda obyektin, sistemin davranışı haqqında daha dəqiq informasiya tələb olunur. Belə hallarda simulyasiya modellərindən istifadə olunur. Onun köməyi ilə kompüterdə ardıcıl əməliyyatlar şəklində sistemin fəaliyyəti yazılır. Simulyasiya modeli modelləşdirilən obyektin davranış qanunauyğunluqlarını və məntiqini, çoxsaylı parametrlərini əks etdirir. Belə ki, burada sistemin davranışı alqoritm şəklində yazılır. Bu alqoritm əsasında kompüter üçün proqram yazılır. Simulyasiya modelinin mahiyyəti modelləşdirilən prosesə uyğun olaraq hesabi və məntiqi əməliyyatların ardıcılıqla prosesin simulyasiya edilməsindən ibarətdir. Eksperimental

modellər tarixən mürəkkəb sistemlərin tədqiqi və sınağı zamanı istifadə edilən ilkin modellər olmuşdur. Onlar tədqiq olunan obyekt haqqında daha çox dəqiq və tam informasiya verirlər. Bir sıra istehsal sahələrində eksperimental modelləşdirmə obyektlərin işlənməsində əsas yer tutur. Məsələn, təyyarənin yeni konstruksiyasının hazırlanmasının əsas mərhələsi onun modelinin aerodinamik trubada sınağının keçirilməsidir. Mahiyyətə aparatların, komplekslərin, sistemlərin çox növlərinin işlənməsinin bütün mərhələsində uyğun istismar şəraitində eksperimentlərin aparılmasında özünün sonlu məqsədi vardır. Yalnız sınaqların aparılması praktikasından əsaslıq son olaraq işlənmiş obyektin keyfiyyətini mühakimə etmək olar. Simulyasiya modelləşdirməsi zamana görə elementar hadisələrin məntiqi strukturunu ardıcıl olaraq saxlamaqla sistemin fəaliyyət prosesini canlandırmağa imkan verir. Bu işə müəyyən zaman anında ilkin verilənlər üzrə prosesin gələcəyi haqqında məlumat almağa imkan verir [12,16]. Hazırda qeyd edildiyi kimi simulyasiya üsulu daha effektiv və hətta layihələndirmə mərhələsində mürəkkəb sistemlərin yeganə tədqiqat üsuludur. Simulyasiya modeli bütün proseslərin azalmayan zaman məstəbında baxılan dinamik modeldir. Simulyasiya modelinin yazılışında iki tərkib hissəni ayırırlar:

- sistemin statistik yazılışı. Simulyasiya modelini işləyərkən modelləşdirilən proseslərin struktur təhlilini icra etmək zəruridir;

- sistemin dinamik yazılışı və ya onun elementlərinin qarşılıqlı hərəkət dinamikasının yazılışı.

Onun tərtibi zamanı faktiki olaraq modelləşdirilən dinamik proseslərin funksional modelinin qurulması tələb olunur. Simulyasiya modelləşdirməsi üsulunun fərqli xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, sistemin elementləri arasında qarşılıqlı hərəkətin yazılması və əks etdirilməsi imkanlıdır. Beləliklə simulyasiya modelini tərtib etməkdən ötrü qarşılıqlı hərəkətdə

olan elementlərin məcmusu kimi real sistemi (prosesi) təqdim etmək, alqoritmik olaraq ayrı-ayrı elementlərin fəaliyyətini yazmaq, müxtəlif elementlər arasında və ətraf mühitlə qarşılıqlı hərəkət prosesini yazmaq lazımdır. Simulyasiya modelləşdirməsinin əsas momenti sistemin vəziyyətinin ayrılması və yazılışdır. Sistem vəziyyətlərin dəyişənlər yığımı ilə xarakterizə edilir və hər bir kombinasiya konkret vəziyyəti yazır. Nəticədə bu dəyişənlərin qiymətlərinin dəyişdirilməsi ilə sistemin bir vəziyyətdən digər vəziyyətə keçməsinə simulyasiya etmək mümkündür.

Beləliklə, simulyasiya modelləşdirməsi – bilavasitə sistemin dinamik davranışının bir vəziyyətdən digərinə hərəkətinin əməliyyat qaydasına uyğun olaraq təqdimidir. Vəziyyətin bu dəyişmələri ya kəsilməz, ya da diskret zaman anlarında baş verə bilər. Simulyasiya modelləşdirməsi - müəyyən zaman müddətində sistemin vəziyyətinin dəyişməsinin dinamik əks olunmasıdır. Simulyasiya modelinin yaradılması üçün əsas yanaşma kompüterdə təsadüfi kəmiyyətlərin və funksiyaların formalaşdırılması və modelləşdirilən prosesin qanunauyğunluqlarına uyğun çox saylı canlandırılmasıdır [17,18,19]. Alınmış xüsusi nəticələrin son statistik emalı nəticəsində sistemin fəaliyyət prosesini xarakterizə edən yekun nəticələr alınır. Simulyasiya modelinin kompüter variantı statistik modelləşdirmə üsuludur. Əvvəldə qeyd edildiyi kimi sadə halda statistik modelləşdirmə üsulu kompüterlər meydana gəlməmişdən Monte-Karlo üsulu kimi məlum idi. Bu isə təsadüfi ədədlərin əl ilə (oyun avtomatına oxşar) alınmasına əsaslanırdı. Belə bir məsələyə baxaq. Tutaq ki, dəzgah parkına fəhlə ustalığını tələb edən hazırlanan detalın tipindən asılı olaraq müxtəlif emal vaxtı tələb edən müxtəlif məmulatlar daxil olur. Daxil olan məmulatlar axını zamana görə təsadüfidir və iş günü müddətində dəyişə bilər (dəyişən parametrlili təsadüfi axın). Ayrı-ayrı dəzgahlar müəyyən zamanda sıradan çıxma bilər. İşlərinin kəsilməsi də qaçılmaz ola

bilər. Bundan əlavə bir məmulat ardıcıl olaraq müxtəlif dəzqahlarda emal oluna bilər. Bu halda qarşılıqlı əlaqədə olan dəzqahlar qrupunun pasional iş rejiminin tapılması zəruridir. Dəzqah parkının işinin optimallaşdırılması üzrə dəzqahların maksimal yüklənməsinin təmini və ümumi maksimal məhsuldarlığın alınması məqsədilə analitik həllin alınması bir qayda olaraq bu situasiyalarda qeyri- mümkündür. Analitik həll əsasən yalnız sadə hallarda ardıcıl olaraq eyni tip detalın emalında hər bir dəzqahda sabit emal vaxtı üçün istifadə edilir. Bu məsələ maşınqayırmada kütləvi xidmət məsələlərinə aiddir. Simulyasiya modelləri sistem elementlərinin qeyri- xətti xarakteristikaları, çox saylı təsadüfi təsirləri və analitik tədqiqatlarda tez-tez çətinlik yaranan digər faktorları nəzərə almağa imkan verir. Simulyasiya modelinin nəticələrindən istifadə edərək sistemin davranışını yazmaq, sistemin müxtəlif parametrlərinin onun xarakteristikalarına təsirini qiymətləndirmək və təklif edilən dəyişikliklərin üstün və zəif cəhətlərini aşkarlamaq, sistemin davranışını proqnozlaşdırmaq olar. İstənilən istehsal prosesi ayrı-ayrı, lakin qarşılıqlı əlaqədə olan müəyyən ardıcıl elementlərdən ibarətdir: ehtiyat, iş yeri, iş yerində əməliyyat, axın. Bu elementlərdən, onların parametrlərindən istifadə edərək, onlar arasında əlaqələri qoyaraq müxtəlif mürəkkəbliyə malik proseslərin modellərini layihələndirmək mümkündür. Ən əlverişlisi hər bir elementi qrafik olaraq göstərmək simulyasiya modelinin qurulması üçün blok-sxemdən istifadə etmək lazımdır. Simulyasiya modelinin qrafik elementləri dinamikdir və onun bütün parametrləri - koordinatları, ölçüləri, rəngi və hətta görüntüsü - fəaliyyət prosesində zamana görə dəyişən dəyişən və parametrlərdən asılı etmək olar. Simulyasiya modelini yaratdıqdan sonra modelin optimallaşdırılmasını aparmaq üçün istehsal prosesinin bütün əməliyyatlarının icrası üçün təchizatın və s. miqdarını seçmək olar.

İndi isə istehsal sahəsinin fəaliyyət modeli kimi iki

məmulat axınına xidmət edən üç növ təchizatdan ibarət sex sahəsinin işinin modelləşdirməsinə baxaq. Emala daxil olan hər tip məmulatın daxil olmaları aralarındakı zaman intervaları məlumdur. Onlar uyğun olaraq 42 ± 5 və 20 ± 5 dəq. bərabər müntəzəm paylanma qanununa malikdir. Hər tip təchizatda hər məmulat axınının hazırlanması vaxtı məlumdur. Birinci məmulat axınının birinci tip təchizatda hazırlanması vaxtı 17 ± 2 dəq., ikincidə 32 ± 4 və üçüncüdə 22 ± 3 dəq. təşkil edir.

İkinci məmulat axınının birinci tip təchizatda hazırlanması vaxtı 19 ± 3 dəq., ikincidə 27 ± 5 və üçüncüdə 27 ± 5 dəq. təşkil edir. Məmulatların bütün tip təchizatlarda hazırlanması müddəti müntəzəm paylanma qanunu ilə müəyyən edilir. Beləliklə qarşıda aşağıdakı məsələlər dayanır:

- iki növbəli rejimdə iş günü (8s) müddətində sex sahəsinin işinin modelləşdirməsi;

- hər tip təchizatın orta yüklənməsini, hər tip məmulatın orta emal vaxtını, hər tip təchizat qarşısında növbə uzunluğunu, anbarın verilmiş məmulat axını üçün zəruri olan həcmi təyin etməli.

- iş effektivliyinin artırılması məqsədilə sex sahəsinin modifikasiya qaydalarının təklif etməli.

Verilmiş istehsal prosesinin modelləşdirməsi üçün məmulatların iki giriş axınını, bütün istehsal prosesinin zaman intervalını formalaşdırmaq zəruridir. Bunun üçün zaman vahidini seçmək lazımdır. Baxılan istehsal prosesi üçün zaman vahidi qismində dəqiqə götürmək olar. Məsələni həll edərkən modelləşdirmə üçün üç seqment yaradılması tələb olunur:

- birinci tip məmulat axını;

- ikinci tip məmulat axını;

- iki növbəli iş rejimində iş günü (8s) müddətində məmulatların hazırlanma vaxtı.

Burada zaman ölçü vahidini dəqiqə qəbul etdiyimizdən prosesin modelləşdirmə vaxtı $8 \times 60 \times 2 = 960$ dəq. olacaqdır.

6.2. İstehsal sahəsinin simulyasiya modelləri

Simulyasiya modelini qurmazdan əvvəl modelin başlığı tərtib edilir və bu aşağıdakı kimi ola bilər.

```
.....  
. İstehsal sahəsinin modelləşdirilməsi .  
. .  
.....
```

Bir kanallı açıq KXS-in iş proqramını üç sektor şəklində təqdim etmək olar. Birinci sektorda emal üçün daxil olan məmulatların (tələblərin) birinci axınını modelləşdirmək lazımdır. Məmulatlar axınının modelləşdirməsini GENERATE (generasiya etmək) operatorunun köməyi ilə icra edək. Bu aşağıdakı kimi olacaqdır:

GENERATE 42,5

A sahəsində bir-birinin ardınca emal olmaq üçün gələn iki məmulatın daxil olmaları arasındakı orta zaman intervalı göstərilir. Operandın B sahəsində məmulatın emal üçün olma zamanı ilə orta qiymətdən meyli verilir. Məmulatın sistemə daxil olma zamanının belə yazılışı $[42 \pm 5]$ qapalı intervalında məmulatın müntəzəm paylanma ilə daxil olmasına uyğun gəlir. Statistik informasiyanın yığılması birinci tip təchizata növbə üçün QUEUE və DEPART operatorlarının köməyi ilə təmin etmək mümkündür. QUEUE operatoru aşağıdakı kimi yazıla bilər:

QUEUE OCHER1

Operandın A sahəsində növbənin simvolu və ya ədədi adı verilir. Bu məsələdə birinci tip məmulata növbənin simvollu adı göstərilmişdir. Tələb növbədə qurğunun boşaldığı xəbəri gələndək qalacaqdır. Bunun üçün obyektin məşğulluğunu təyin edən SEIZE (məşğuletmə) operatoru istifadə edilir. O azad olduqda növbəti tələb növbədən çıxaraq xidmət kanalına

daxil olur. Bu isə belə yazılır:

SEİZE OBOR1

Operandın A sahəsində biriinci tip təchizatın-birinci obyektin simvolik və ya ədədi adı verilir. Bu məsələdə OBOR1 simvolik adı istifadə edilir. Tələbin növbədən obyektə çıxması növbənin uyğun adı ilə DEPART (çıxmaq) operatoru ilə qeyd edilir və aşağıdakı kimi olacaqdır:

DEPART OCHER1

Sonra isə birinci tip təchizatda birinci məmulat axınının emal vaxtı modelləşdirməlidir. Bu məsələdə bu vaxt 17 ± 2 dəqiqə təşkil edir. Bu prosesi modelləşdirmək üçün ADVANCE (lənqitmək) opertoru istifadə edilir və aşağıdakı kimidir:

ADVANCE 17,2

Birinci tip təchizatda emal olduqdan sonra birinci məmulat axını ikinci tip təchizata keçir. Lakin bundan əvvəl birinci tip təchizatın boş olması haqqında sistemə xəbər verilməlidir. Bu RELEASE (azad etmək) operatorunun köməyiylə yerinə yetrilir və aşağıdakı kimidir:

RELEASE OBOR1

Xüsusi olaraq qeyd etmək lazımdır ki, birinci QUEUE və DEPART operatorları hər bir növbə üçün eyni unikal ad və ya nömrəsi olmalıdır. Bu SEİZE və RELEASE operatorlarına da aiddir. Sonra isə məmulat emal üçün ikinci tip təchizata daxil olur. Bu da birinci tip təchizat üçün olduğu kimi modelləşdiriləcək və aşağıdakı kimi olacaqdır:

QUEUE	OCHER2
SEİZE	OBOR2
DEPART	OCHER2
ADVANCE	32,4
RELEASE	OBOR2

Bundan sonra məmulat emal üçün üçüncü tip təchizata daxil olur. Bu da analogi olaraq belə modelləşdirilir:

QUEUE	OCHER3
SEİZE	OBOR3
DEPART	OCHER3
ADVANCE	22,3
RELEASE	OBOR3

Üç tip təchizatda emal olunduqdan sonra birinci məmumat axını TERMİNATE operatorunun köməyilə sistemi tərk edir. Bundan sonra proqramın ikinci sektorunu təqdim edək. Burada emala daxil olan ikinci məmumat (tələb) axını modelləşdirilir. İkinci məmumat axınının emalı analoji icra edilir GENERATE operatoru ilə başlayır və aşağıdakı kimidir:

GENERATE 20,5

A sahəsində bir-birinin ardınca emal olmaq üçün gələn iki məmumatın daxil olmaları arasındakı orta zaman intervalı göstərilir. Operandın B sahəsində məmumatın emal üçün daxil olma zamanı ilə orta qiymətdən meyli verilir. Məmumatın sistemə daxil olma zamanının belə yazılışı $[20 \pm 5]$ dəq. qapalı intervalında məmumatın müntəzəm paylanma qanununa uyğun daxil olmasına uyğun gəlir.

Statistik informasiyanın yığılması birinci tip təchizata növbə üçün QUEUE və DEPART operatorlarının köməyilə təmin etmək mümkündür. QUEUE operatoru aşağıdakı kimi yazıla bilər:

QUEUE OCHER1

Məmumat (tələb) birinci tip təchizatın obyektin boşalması haqqında xəbər daxil olana qədər növbədə qalacaqdır. Bunun üçün obyektin məşğulluğunu təyin edən SEİZE operatoru istifadə edilir. O, boşaldıqda növbəti məmumat növbədən çıxaraq kanala xidmət almağa daxil olur və aşağıdakı kimi yazılır:

SEİZE OBOR1

Operandın A sahəsində birinci obyektin-birinci tip təchizatın simvol və ya ədədi adı verilir. Bu məsələdə OBOR1 simvol adı

istifadə edilir. Tələbin növbədən obyektə çıxması uyğun növbənin adı ilə DEPART(chıxmaq) operatoru ilə qeyd edilir və aşağıdakı kimi olacaqdır:

DEPART OCHER1

Sonra isə birinci tip təchizatda ikinci məmulat axınının emal vaxtı modelləşdirməlidir. Bu məsələdə bu vaxt 19 ± 3 dəqiqə təşkil edir. Bu prosesi modelləşdirmək üçün ADVANCE (lənqitmək) opertoru istifadə edilir və aşağıdakı kimidir:

ADVANCE 19,3

Birinci tip təchizatda emaldan sonra ikinci məmulat axını emal üçün ikinci tip təchizata keçir. Lakin bundan əvvəl birinci obyektin-birinci tip təchizatın boş olması haqqında sistemə xəbər verilməlidir. Bu RELEASE operatorunun köməyilə yerinə yetirilir və aşağıdakı kimidir:

RELEASE OBOR1

Sonra isə məmulat emal üçün ikinci tip təchizata daxil olur. Bu isə analogi olaraq aşağıdakı kimidir:

QUEUE OCHER2

SEIZE OBOR2

DEPART OCHER2

ADVANCE 27,5

RELEASE OBOR2

Sonra isə məmulat emal üçün üçüncü tip təchizata daxil olur. Bu isə analogi olaraq yerinə yetrilir.

QUEUE OCHER1

SEIZE OBOR1

DEPART OCHER1

ADVANCE 27,5

RELEASE OBOR1

Üç tip təchizatda emaldan sonra ikinci məmulat axını TERMİNATE operatorunun köməyilə sistemi tərk edir.

Üçüncü sektorda sistemin iş vaxtı modelləşdirilir. Bunu üç operator vasitəsilə təqdim etmək olar:

GENERATE 960
TERMINATE 1
START 1

Sonda proqram şək.6.1 və 6.2-dəki (davamı) kimi olacaqdır. İndi isə simulyasiya modelinin aparılmasına baxaq. Modelləşdirmədən əvvəl modelləşdirmənin lazımı nəticələrinin alınması ilə əlaqəli **REPORTS** (hesabatlar) qoyuluşu vurulur. Bunun üçün:

-baş menyunun **Edit** (düzəliş) punktu vurulur. Düşən menyu görünür;

-düşən menyunun **Settings** (sazlama) punktunu vurun. Settings dialoq pəncərəsi görünəcəkdir;

-**REPORTS** qoyuluşunu açmaq üçün vurulur (şək.6.3).

Bayraqcıq (şək.6.3)-dəki kimi elə qoyulur və **OK** vurulur. Ondan sonra isə proqramın translyasiyası və icrasına keçilir.

Modelləşdirmədən əvvəl, daha doğrusu modelin translyasiyasından sonra sistemin fəaliyyətinin bəzi parametrlərini qrafik olaraq təqdim etmək olar. Əgər modeldə **START** idarəetmə əmri varsa, onda o blokirə olmalıdır, b.s.şərhə keçilir. Bunun üçün birinci mövqedə * qoyulur. Qrafik qurma prosesi aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir:

-sistemin baş menyusunun **Window** punktu vurulur və ya **Alt+C** klaviş kombinasiyası basılır. Düşən menyu görünür;

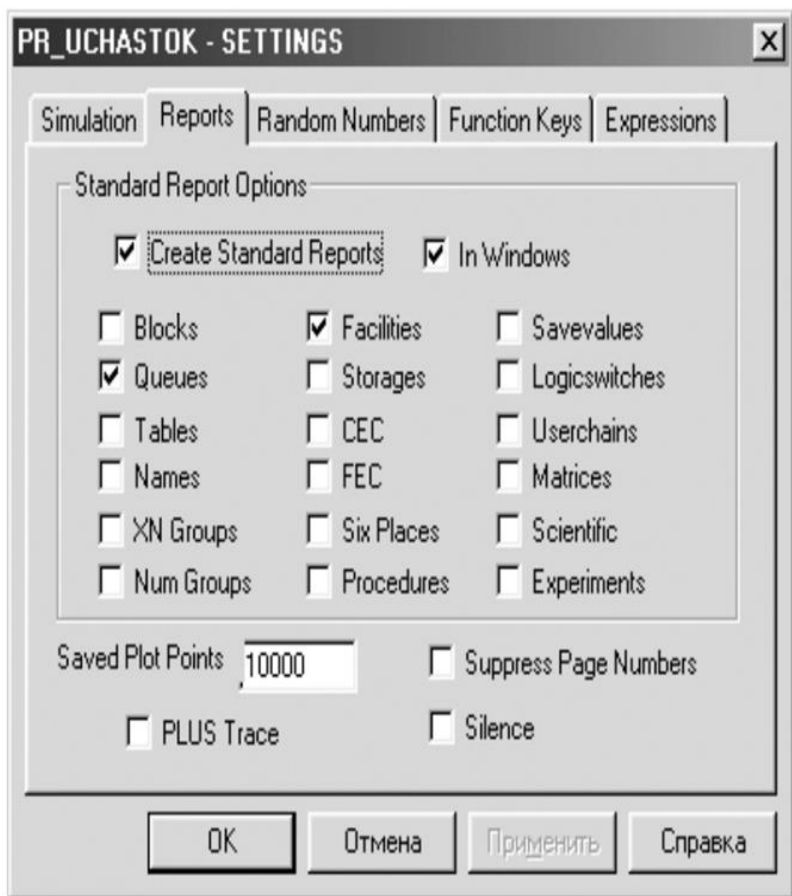
-düşən menyunun **Simulation Window** punktu vurulur (modelləşdirmə pəncərəsi). Üzə çıxan menyu görünür;


```
PR_UCHASTOK
; GPSSW PR_UCHASTOK.GPS
*****
* Моделирование производственного *
* участка *
*****
GENERATE 42,5
QUEUE OCHER1
SEIZE OBOR1
DEPART OCHER1
ADVANCE 17,2
RELEASE OBOR1
QUEUE OCHER2
SEIZE OBOR2
DEPART OCHER2
ADVANCE 32,4
RELEASE OBOR2
QUEUE OCHER3
SEIZE OBOR3
DEPART OCHER3
ADVANCE 22,3
RELEASE OBOR3
TERMINATE
*****
```

Şek.6.1 İstehsal sahəsinin modelləşdirilməsi proqramı

```
PR_UCHASTOK
*****
      GENERATE  20,5
      QUEUE    OCHER1
      SEIZE    OBOR1
      DEPART   OCHER1
      ADVANCE  19,3
      RELEASE  OBOR1
      QUEUE    OCHER2
      SEIZE    OBOR2
      DEPART   OCHER2
      ADVANCE  27,5
      RELEASE  OBOR2
      QUEUE    OCHER3
      SEIZE    OBOR3
      DEPART   OCHER3
      ADVANCE  27,5
      RELEASE  OBOR3
      TERMINATE
*****
      GENERATE  960
      TERMINATE 1
      START    1
*****
```

Şek.6.2 İstehsal sahəsinin modelləşdirilməsi proqramı



Şəkil 6.3 İstehsal sahəsinin simulyasiya modeli üçün açıq **REPORTS** qoyuluşu ilə **SETTINGS** sazlama dialoq pəncərəsi

- düşən menyunun **Plot Window** punktu vurulur (qrafik pəncərəsi). Uyğun şəkildə doldurulması zəruri olan **Edit Plot Window** (qrafikin redaktə pəncərəsi) dialoq pəncərəsi görünür.

Tutaq ki, biz qrafik olaraq modelləşdirmə dövründə birinci tip təchizata emal üçün daxil olan məmulatın növbə

uzunluğunun necə dəyişdiyini təqdim etmək istəyirik. Bu məsələ üçün **Edit Plot Window** pəncərəsi 6.4 şəkindəki kimi doldurula bilər. Dialoq pəncərəsi dolduqdan sonra **Edit Plot Window** pəncərəsi **Plot** (qrafik), **Memorize** (yadda saxlamaq), **OK** düymələri ilə vurulur və qrafik hazırlığı görünür şəx.6.5.

Bundan sonra:

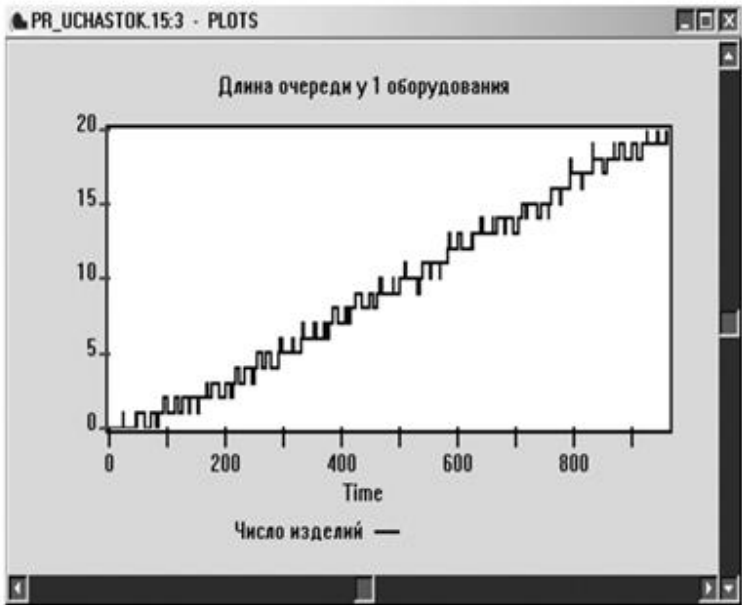
- sistemin baş menyusunun **Command** punktu vurulur və ya **Alt+C** klaviş kombinasiyası basılır. Düşən menyu görünür;
- **START** punktu vurulur. **Start Command** dialoq pəncərəsi görünür;
- **Start Command** dialoq pəncərəsində moelləmənin başlaması üçün 1 ədədi yazılır və **OK** vurulur.

6.3. İstehsal sahəsinin simulyasiya modellərinin nəticələrinin təhlili

İndi isə həll edilmiş məsələnin alınmış nəticələrinin təhlili məsələsi üzərində dayanacağıq. Modelləşdirmənin nəticəsi ilə **REPORT** pəncərəsi görünür. Arxa planda qrafik yerləşdiriləcəkdir.

-qrafik üzərinə vurduqda arxa planda yerləşən ön plana keçir;

-üfiqi və şaquli zolağ fırlanmasından istifadə etməklə qrafikə baxmaq olar. Bu məsələ üzrə qrafik fraqmenti 6.4-də göstərilmişdir.



Şək.6.4. Birinci tip təchizata növbə uzunluğunun təsvir fraqmenti

Qrafiki ön plana çıxararkən modelləşdirmənin nəticəsilə **REPORT** pəncərəsi arxa plana yerləşdirilir. **REPORT** pəncərəsinə baxmaq üçün o vurulur. O yenidən ön plana keçir və 6.5-dəki kimi görünür. Yuxarı sətirdə göstərilir:

- **START TIME** (başlanğıc vaxt)- 0.000;
- **END TIME** (tamamlama vaxtı)-960.000;

PR_UCHASTOK.1.1 - REPORT										
GPSS World Simulation Report - PR_UCHASTOK.1.1										
Thursday, January 03, 2002 08:30:42										
START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES						
0.000	960.000	36	3	0						
FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY	
OBOR1	51	0.971	18.277	1	53	0	0	0	19	
OBOR2	33	0.958	27.868	1	33	0	0	0	17	
OBOR3	32	0.829	24.876	1	34	0	0	0	0	
QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)	RETRY		
OCHER1	20	19	70	2	9.315	127.747	131.504	0		
OCHER2	17	17	50	1	8.114	155.785	158.964	0		
OCHER3	1	0	32	21	0.038	1.154	3.358	0		

Şək.6.5 Sistemin modelləşdirməsinin nəticələri ilə REPOT pəncərəsi

- BLOCKS(blokların sayı)-36;
- FACILITIES (xidmət kanallarının sayı)-3;
- STORAGES (yaddaşların sayı)-0;

Aşağıda bütün üç xidmət kanalları üçün (FACILITY) bizim verdiyimiz OBOR1,OBOR2 və OBOR3 adlarına uyğun modelləşdirmənin nəticələri göstərilmişdir:

- **ENTRIES**(girişlərin sayı)-51,33,32;
- **UTİL**(istifadə əmsalı)-0.971,0.958,0.829;
- **AVE.TIME**(orta xidmət vaxtı)-18.277,27868,24.876;
- **AVAIL**(əlyetərlik)-1,1,1;
- **OWNWR** (mümkün girişlərin sayı)-0,0,0;
- **PEND** -0,0,0;
- **İTER**-0,0,0;
- **RETRU**(təkrar)-0,0,0;
- **DELAY**(imtina)-19,17,0.

Aşağıda bütün üç növbə üçün (QUEUE) bizim verdiyimiz OCHER1, OCHER2 və OCHER3 adlarına uyğun modelləşdirmənin nəticələri göstərilmişdir:

- **MAX** (Maksimal məzmun) – 20,17,1;
- **CONT** (Cari məzmun) - 19,17,0;
- **ENTRY** (Girişlərin sayı) - 70,50,32;
- **ENTRY (0)** (Sıfır girişlərin sayı) - 2,1,21;
- **AVE.CONT.** (Girişlərin orta sayı) - 9.315,8.114,0.038;
- **AVE.TIME**- 127.747, 155.785, 1.154;
- **AVE.(-0)** - 135.504, 158.964, 3.358;
- **RETRY** - 0, 0, 0.

Beləliklə, modelləşdirmənin nəticələrinə görə aşağıdakı nəticələri çıxarmaq olar:

- bütün tip təchizatların yüklənmə əmsalı kifayət qədər yüksəkdir və birinci, ikinci, üçüncü tip təchizata uyğun olaraq 0.971,0.958, 0.829 təşkil edir;

- maksimal növbə birinci və ikinci tip təchizat qarşısında yaranır ki, bunu uyğun olaraq 20 və 17 məmumat yaradır. Nəticədə bu tip təchizatlar qarşısında kifayət miqdarda məmumatın yerləşmə yerinə baxmaq zəruridir.

Ədəbiyyat

1. Меликов А.З. Анализ и оптимизация компьютерных сетей. Баку: АзГУ-2002. -156с.
2. Аверилл М. Лоу, В. Дэвид Кельтон. Имитационное моделирование. - СПб.: Питер, Издательская группа ВНУ. 2004. - 848 с.
3. Бражник А.Н. Имитационное моделирование: возможности GPSS WORLD. - СПб. : Реноме, 2006. - 439 с.
4. Боев В.Д, Сыпченко Р.П. Компьютерное моделирование. Элементы теории и практики. Учеб. пособие. - СПб.: Военная академия связи, 2009. - 432 с.
5. Боев В.Д. Моделирование систем. Инструментальные средства. GPSS World. - Спб.: Санкт-Петербург, ВНУ, 2004.- 368 с.
6. Харин Ю.С., Степанова М.Д. Практикум на ЭВМ по математической статистике. - Мн.: Университетское, 1987. - 303 с.
7. Исмаилов Б.Г. Модели распределенных сетей обслуживания разнотипных информационных потоков. Издательство Национальной Академии Авиации. Баку, 2018. - 222с.
8. Лобач В.И. и др. Имитационное и статистическое моделирование. Практикум. -Мн.: БГУ, 2004.-189 с.
9. Кельтон В.Д., Лоу А.М. Имитационное моделирование. Классика. - Спб.: Санкт-Петербург, ВНУ, 2004.- 847 с.
10. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания/ Л.Клейнрок. -М.: Машиностроение, 1979,-432с.
11. Кирпичников А.П. Методы прикладной теории массового обслуживания/ Науч. ред. Елизаров. Изд.2-е, доп. - М.: ЛЕНАНД, 2017,-224с.

12. Кудрявцев Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. - М.: ДМК Пресс, 2004. - 320 с.
13. Саати Т. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения/ Т. Саати. - М.: URSS,2010,-520с.
14. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учеб. для вузов - 3-е юд., перераб. и доп.-М.: Высш. шк., 2001. — 343 с.
15. Томашевский В., Жданова Е. Имитационное моделирование в среде GPSS. - М.: Бестселлер, 2003. – 416с.
16. Шрайбер Т.Д. Моделирование на GPSS. - М.: Машиностроение, 1980. - 592 с.
17. Язык моделирования GPSS World (студенческая версия).
18. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование: Теория и технологии. СПб.: КОРОНА принт, 2004. - 384 с.
19. Tomashevskiy V. Automatic generating of GPSS/PC programs. Proceedings 15th European Simulation Multi-conference, Prague, 2001.

B.Q. İsmayılov, M.İ. Fəttahova

Sistemlərin simulyasiyası

Dərs vəsaiti

Çapa hazırlanmışdır 17.05.2019.

Texniki redaktor: Ramazanadə A.M.

Korrektor: Əliyeva O.V.

Dərs vəsaiti «Azərbaycan Hava Yolları»

Qapalı Səhmdar Cəmiyyəti

Milli Aviasiya Akademiyasının

Poliqrafiya Mərkəzində çap olunmuşdur.

Format – 60x84^{1/16}

Tirajı 30 nüsxə.