

Лабораторна робота №16. Моделювання найпростіших та багатоканальних систем масового обслуговування. Забезпечення пріоритетного обслуговування

Мета: навчитися моделювати роботу найпростіших та багатоканальних систем масового обслуговування, забезпечувати пріоритетне обслуговування та зміну дисципліни обслуговування, використовуючи інструментарій системи GPSS/W.

Теоретична частина

16.1. Моделювання найпростіших систем масового обслуговування

Для моделювання найпростіших систем масового обслуговування використовуються наступні блоки.

GENERATE A,B,C,D,E

Блок GENERATE вводить транзакти в модель.

A – середнє значення інтервалу часу, через який кожний наступний транзакт надходить до моделі;

B – поле допуску для значення операнда A;

C – задає час появи в моделі першого транзакта;

D – задає максимальне число транзактів, яке має бути згенероване в блоці GENERATE;

E – визначає пріоритет транзактів.

TERMINATE A

Блок TERMINATE видаляє транзакти з моделі.

A – число, що віднімається з лічильника завершень.

SEIZE A

Блок SEIZE моделює зайняття пристрою.

A – ім'я або номер пристрою.

RELEASE A

Блок RELEASE призначений для вивільнення пристрою тим транзактом, яким він був зайнятий.

A – ім'я або номер пристрою.

ADVANCE A,B

Блок ADVANCE реалізує затримку транзакта на час обслуговування.

A – середній час перебування транзакта в блоці;

B – поле допуску для операнда A.

Для збору статистики за чергами використовуються блоки QUEUE (стати в чергу) і DEPART (покинути чергу).

QUEUE A,B

DEPART A,B

A – ім'я або номер черги;

B – число одиниць, на яке збільшується (зменшується) довжина черги.

Пріоритет назначається транзактам при генерації (операнд E блока GENERATE) або блоком PRIORITY у будь-якому місці моделі.

PRIORITY A,B

Блок встановлює пріоритет A активному транзакту. Якщо в полі B записано BUFFER, то призначений пріоритет діє негайно.

Переривання та подальше відновлення початого обслуговування організується блоками PREEMPT і RETURN. Заявка, яка є причиною переривання, сама не може бути перерваною.

PREEMPT A,B,C,D,E

A – ім'я або номер пристрою, що переривається;

B – режим зайняття пристрою. Операнд (необов'язковий) має бути PR або Null;

C – блок нового призначення транзакта, який у цей час володіє пристроєм;

D – номер параметра перерваного транзакта, який запам'ятовує недоданий час обслуговування, якщо перерваний транзакт видаляється зі списку майбутніх подій;

E – при значенні RE виключає перерваний транзакт з боротьби за пристрій (тоді операнд C необов'язковий).

Блок **RETURN A** звільняє пристрій A або видаляє перерваний транзакт з боротьби за пристрій.

Пристрої, окрім ступеня зайнятості, характеризуються поточною готовністю. Режим готовності пристрою вводиться блоком FAVAIL, режим неготовності – блоком FUNAVAIL. Ця властивість дозволяє моделювати поломки техніки, регламентні роботи, перерви у касирів на здачу грошей і продавців – на прийом товару, роботу з перервами на обід, тижневий і річний ритми. Часи поломок генеруються аналогічно моментам прибуття, інтервали між ними зазвичай підпорядковані розподілу Вейбулла.

FAVAIL A

Блок встановлює вказаний операндом А пристрій у стан готовності.

FUNAVAIL A,B,C,D,E,F,G,H

Блок переводить пристрій у стан неготовності для вхідних транзактів. Операнди:

А – ім'я або номер пристрою;

В – розпорядження подальших дій для транзакта, що займав пристрій. Операнд необов'язковий, може бути RE, CO (REmove – видалити або COntinue – продовжити) або Null;

С – наступний блок для транзакта, що займав пристрій;

Д – номер параметра для реєстрації часу, що залишився до закінчення обслуговування, якщо транзакт, що займав пристрій, видаляється зі списку майбутніх подій;

Е – розпорядження подальших дій для транзактів, обслуговування яких було перерване до виконання блока FUNAVAIL. Операнд має бути RE, CO або Null;

F – новий блок для транзактів, виконання яких було перерване раніше;

G – подальші дії для транзактів, що чекали можливості зайняти пристрій до виконання блока FUNAVAIL. Операнд має бути RE, CO або Null;

H – новий блок, до якого перейдуть транзакти, що чекали можливості зайняти пристрій до виконання блока FUNAVAIL.

Транзакти, що надійшли в період неготовності, будуть затримані і не допущені до пристрою. Якщо в операндах записана опція RE, транзакти перестають претендувати на зайняття пристрою. Якщо в полі G для транзактів, що чекали можливості зайняти пристрій, вказано RE, то для подальшого перенаправлення транзактів треба заповнити поле H.

Якщо використовується опція CO, то транзакти, що займали пристрій, можуть продовжувати його займати навіть у період неготовності. У статистичних даних з використання пристрою цей час враховуватиметься.

Якщо вказується блок нового призначення, транзакти звільняються від раніше встановлених зв'язків і прямують до нового блока. Затримані і перервані транзакти, керовані операндами G і H, не

можуть бути перенаправлені без опції RE. Транзакт, що зайняв пристрій і керований операндами B – D, а також перервані транзакти, керовані операндами E і F, можуть знову претендувати на заняття пристроєм, навіть будучи направленими за новим призначенням. Це робиться вказівкою зміненого призначення без використання опції RE.

Операнди B – D використовуються для управління транзактом, що володів пристроєм. Якщо B=CO, цей транзакт не позбавляється володіння пристроєм, але може отримати нове призначення через операнд C. При B=RE він видаляється і може продовжувати шлях у моделі, не заходивши в RETURN або RELEASE для даного пристрою. Тут операнд C обов'язковий.

16.2. Моделювання багатоканальних систем масового обслуговування

Часто в реальних системах обслуговуючі пристрої працюють паралельно, опрацьовуючи деяку кількість вимог, що надходять у систему. Такі пристрої характеризуються однаковою інтенсивністю обслуговування. Наприклад, автоматична телефонна станція, автобус, ПК, що працює в мультипрограмному режимі, тощо. Такі обслуговуючі пристрої в GPSS називають багатоканальними пристроями (БКП).

Оператор опису БКП має вигляд: **<ім'я БКП> STORAGE A.**

Операнд A визначає місткість БКП, під якою розуміють кількість обслуговуючих каналів у БКП або кількість пристроїв, об'єднаних у БКП.

Для моделювання багатоканальних систем використовуються наступні блоки ENTER (увійти в БКП) і LEAVE (вийти з БКП).

ENTER A,B

A – ім'я або номер БКП;

B – обсяг запиту транзакта (число одиниць, на яке зменшується місткість доступного БКП).

LEAVE A,B

A – ім'я або номер БКП;

B – кількість пристроїв, що вивільняється.

БКП, окрім ступеня зайнятості, характеризується поточною готовністю. На відміну від сукупності пристроїв, БКП може виявитися неготовим лише в цілому. Режим готовності БКП вводиться блоком SAVAIL, режим неготовності – блоком SUNAVAIL.

Недоступність тільки забороняє вхід транзактів у БКП, їх обробка продовжується. Здійснити імітацію виходу БКП з ладу, при якому всі транзакти, що перебувають в БКП на обслуговуванні, губляться, блоками SUNAVAIL і SAVAIL неможливо.

SAVAIL A

Блок SAVAIL встановлює БКП А в доступний стан. Якщо які-небудь транзакти чекають у списку затримки для цього БКП, вони отримують можливість увійти до БКП згідно з уже обговореним правилом. Ті транзакти, запити яких не можуть бути задоволені, залишаються в списку затримки.

SUNAVAIL A

Блок SUNAVAIL переводить БКП А в стан неготовності. Усі транзакти, що претендують на вхід в БКП, поміщатимуться в список затримки для цього БКП.

Усі зміни враховуються в статистиці, що збирається про функціонування БКП.

16.3. Використання функцій у моделях СМО

Генерація випадкових чисел

GPSS/W має датчики рівномірно розподілених псевдовипадкових чисел $\{RN_j\}$, які використовуються в блоках GENERATE для генерації інтервалів між транзактами, в ADVANCE – для формування затримок у пристроях і БКП, у блоці TRANSFER (статистичний режим) – для випадкового вибору напряму подальшого руху. Розподіл датчиків випадкових чисел (ДВЧ) за згаданими типами блоків задається в меню Edit – Settings на вкладці Random Numbers.

Потоки рівномірно розподілених псевдовипадкових чисел генеруються за допомогою мультиплікативного генератора з довжиною періоду $2^{31} - 2$ (нульове значення виключається). Початкове значення за замовчуванням збігається з номером відповідного ДВЧ.

Команда

RMULT A,B,C,D,E,F,G

дозволяє задати нестандартні початкові значення перших семи ДВЧ.

Початкові установки перших семи ДВЧ за допомогою команди RMULT можна задавати довільно, що дозволяє управляти парами потоків випадкових чисел через підбір початкових установок. Якщо для одного генератора випадкових чисел вибрана установка M, то при

виборі множника для іншого генератора $N=2^{31} - M=2147483648 - M$ останній формуватиме випадкові числа додаткові до чисел першого ДВЧ.

СЧА класу RN повертають цілі випадкові числа в інтервалі $[0, 999]$. При необхідності їх можна привести до будь-якого іншого цілочисельного діапазону, визначивши відповідну змінну за допомогою операції віднімання по модулю. Наприклад, конструкція $RN3@24+40$ дасть випадкові цілі числа з інтервалу $[40, 63]$.

У GPSS є сім датчиків рівномірно розподілених псевдовипадкових чисел, що позначаються $RN1 - RN7$. Якщо не використовується оператор $RMULT$, то всі датчики генерують однакові послідовності чисел. Оператор $RMULT$ дозволяє отримувати різні послідовності. Наявність семи незалежних датчиків дозволяє відтворювати певні послідовності значень у декількох прогонах. Наприклад, для порівняння декількох варіантів модельованої системи при одному входному потоці.

Примітка. Оператори $CLEAR$ і $RESET$ не змінюють значень індексів і множників датчиків.

Табличні функції

Табличну функцію $GPSS/W$ визначає оператор $FUNCTION$:

<ім'я функції> FUNCTION A,B

Ім'я функції записується в поле мітки оператора опису $FUNCTION$. Операнд A задає аргумент функції. Аргументом можуть бути стандартні числові атрибути, значення будь-якої іншої функції. Якщо як аргумент функції використовується випадкове число RNj , то значеннями аргумента будуть числа, рівномірно розподілені в інтервалі $0 \leq RNj < 1$. Операнд B задає тип функції й кількість координат (пара точок аргумент-функція $X[i]$ й $Y[i]$).

Розрізняють п'ять типів функцій:

C – неперервна числова функція. Значення функції знаходиться методом лінійної інтерполяції й береться як ціле число.

D – дискретна числова функція. Значення функції береться рівним значенню на правому кінці інтервалу як ціле число.

E – розширення поняття дискретної функції; у ній можна використати будь-який СЧА, крім матриць.

L – спискова числова функція, аргументом якої є відрізок натурального ряду, починаючи з 1.

M – розширення поняття спискової функції; значенням функції може бути будь-який СЧА.

За кожним оператором опису FUNCTION ідуть оператори для задання координат ($X[i]$ й $Y[i]$) функції. Не допускається використання коментарів між оператором опису FUNCTION й операторами, що задають значення функції.

При написанні операторів, що задають значення координат функції, необхідно дотримуватися наступних правил:

запис має починатися в позиції 1;

значення координат $X[i]$ й $Y[i]$ однієї точки функції розділяються комою;

набори координат розділяються знаком "/";

координати $X[i]$ й $Y[i]$, що відносяться до однієї точки, задаються одним оператором;

кожне наступне значення $X[i]$ має бути більше попереднього;

кожна функція повинна мати, принаймні, дві описані точки.

Звернення до функції можна записувати в операнді В блоків ADVANCE або GENERATE. У цьому випадку вона називається "функцією-модифікатором". Час затримки в цих блоках обчислюється як добуток операнда А на функцію-модифікатор.

Неперервні числові функції (Cn). Коли значення аргумента неперервної числової функції попадає в інтервал між двома заданими значеннями ($X[i], X[i+1]$), програма виконує лінійну інтерполяцію для визначення значення функції FN, що знаходиться в інтервалі між ($Y[i], Y[i+1]$). Результат береться як ціле число (десяткові знаки відкидаються).

Дискретні числові функції (Dn). Дискретні числові функції задають одне й те саме значення функції $FN=Y[i]$ для всіх значень аргумента $X[i-1]<X\leq X[i]$. Інтерполяція не проводиться, значення функції береться рівним значенню в правому кінці інтервалу. Нецілі значення функцій приводяться до цілих шляхом виділення цілої частини.

Спискові числові функції (Ln). У багатьох випадках значеннями аргумента $X[i]$ є неперервні послідовності цілих чисел 1,2,3...n.

Машинний час, необхідний для обчислення значень таких функцій, може бути значно зменшено, якщо ці функції описані як табличні. У цьому випадку значення аргумента X у операторах, що задають

значення координат функції, програмою уведення GPSS не розглядаються й приймаються рівними $X[1]=1, X[2]=2, \dots, X[i]=i, \dots, X[n]=n$.

Інтерпретатор використовує аргумент функції для прямого звертання до масиву заданих величин функції. Таким чином, не потрібен послідовний перегляд таблиці, пов'язаної з функцією.

Значення $Y[i]$ мають бути записані у відповідних полях операторів, що задають значення координат. Для зручності програміста в операторах можуть бути записані значення X , хоча вони ніколи не переглядаються. Якщо значення аргумента виходить за межі інтервалу $(1, n)$, то видається повідомлення про помилку на етапі виконання.

Дискретні (En) і спискові (Mn) атрибутивні функції. Дискретні атрибутивні функції (En) подібні дискретним числовим функціям (Dn); спискові атрибутивні функції (Mn) подібні списковим числовим функціям (Ln).

Як і у випадку дискретних, неперервних і табличних функцій, першим елементом упорядкованої пари точок, використовуваної для задання такої функції, є константа. Другим елементом кожної впорядкованої пари є СЧА. Це означає, що кожне значення функції задається при визначенні функції.

Оператори опису деяких імовірнісних розподілів:

1. Неперервні розподіли.

1.1. Рівномірний розподіл:

$$Real = UNIFORM(RN, a, b).$$

Характеристики:

$$\text{щільність розподілу на інтервалі } (a, b): f(x) = \frac{1}{b-a};$$

$$\text{середнє значення: } \nu = \frac{a+b}{2};$$

$$\text{дисперсія: } D = \frac{(b-a)^2}{12}.$$

1.2. Експоненціальний розподіл:

$$Real = EXPONENTIAL(RNj, m, s),$$

де m – зсув розподілу;

s – масштабний параметр.

Характеристики:

щільність розподілу: $f(x) = \frac{1}{s} \exp\left(-\frac{x-m}{s}\right)$, $x \geq m$;

середнє значення: $\nu = m + s$;

дисперсія: $D = s^2$.

1.3. Нормальний розподіл:

$$Real = NORMAL(RNj, m, s).$$

Характеристики:

щільність розподілу: $f(x) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-m)^2}{2s^2}\right)$;

середнє значення: $\nu = m$;

дисперсія: $D = s^2$.

2. Дискретні розподіли.

2.1. Дискретний рівномірний розподіл:

$$Integer = DUNIFORM(RNj, min, max).$$

Характеристики:

імовірність: $p(x) = \frac{1}{max - min + 1}$, $x \in \{min, min + 1, \dots, max\}$;

середнє значення: $\nu = \frac{min + max}{2}$;

дисперсія: $D = \frac{(max - min + 1)^2 - 1}{12}$.

2.2. Розподіл Пуассона:

$$Integer = POISSON(RNj, \nu),$$

де ν – середнє значення.

Характеристики:

імовірність: $p(x) = \frac{\nu^k}{k!} e^{-\nu}$, $k = 0, 1, \dots$;

дисперсія: $D = \nu$.

16.4. Використання змінних, виразів, збережуваних величин та матриць при моделюванні СМО

Змінні й вирази

Алфавіт мови GPSS складається з латинських букв, цифр і спеціальних символів. Великі й малі букви розрізняються тільки в рядкових константах і коментарях. Рекомендується службові слова набирати великими літерами, а індивідуальні імена об'єктів – малими, починаючи із великої.

При записі виразів використовуються наступні знаки операцій (у порядку убутання пріоритету): ^ – піднесення до степеня; # – множення; / – ділення; \ – ділення націло; @ – цілочисельний залишок; +, – – додавання й віднімання; >=, 'GE' – більше або дорівнює; <=, 'LE' – менше або дорівнює; >, 'G' – більше; <, 'L' – менше; =, 'E' – дорівнює; !=, 'NE' – не дорівнює; &, 'AND' – логічне множення; |, 'OR' – логічне додавання; 'NOT' – заперечення.

З математичних функцій дозволені ABS, ATN (арктангенс), COS, SIN, TAN, EXP, LOG (натуральний), SQR (корінь), INT (виділення цілого числа). Аргументи математичних функцій повинні бути взяті в дужки. Усі кути задаються в радіанній мірі.

Обчислювальні вирази являють собою комбінацію математичних операторів, бібліотечних функцій, СЧА і констант, що задовольняють правилам елементарної алгебри. Вони обчислюються згідно з ієрархією операторів, названих раніше, в напрямку зліва направо. Порядок обчислень можна змінити за допомогою дужок.

Арифметичні змінні дозволяють обчислювати арифметичні вирази, що складаються із стандартних числових атрибутів (СЧА). У виразі змінної використовують оператори, арифметичні дії і виклики бібліотечних функцій.

Команда VARIABLE задає арифметичну змінну (правило для одержання числового значення):

<ім'я> VARIABLE <вираз>

Арифметичні змінні з плаваючою комою аналогічні розглянутим вище арифметичним змінним, за винятком того, що всі операції над операндами виразів змінних з плаваючою комою виконуються без перетворення операндів і проміжних результатів до цілого виду. Лише остаточний результат обчислення перетвориться до цілого числа.

Для змінних з плаваючою комою недопустима операція ділення по модулю. Тільки при описі змінних з плаваючою комою допускається застосування дробових констант. Стандартний числовий атрибут V використовується для звернення як до арифметичних змінних, так і до змінних з плаваючою комою. Спосіб обчислення змінної V визначається оператором опису цією змінної.

Команда FVARIABLE задає арифметичну змінну з плаваючою комою:

<ім'я> FVARIABLE <вираз>

Булеві змінні дають можливість приймати рішення залежно від стану і значення багатьох об'єктів GPSS, використовуючи для цього лише один блок. Булевими змінними є логічні вирази, складені з різних стандартних числових атрибутів, у тому числі й інших булевих змінних.

У булевій змінній перевіряється одна або декілька логічних умов. Результатом перевірки є 1, якщо задані умови задовольняються, і 0, якщо вони не задовольняються.

У булевих змінних допускаються три типи операторів: логічні, булеві й оператори відношення. Логічні оператори пов'язані з об'єктами пристроїв і використовуються для визначення стану цих об'єктів. Оператори відношення проводять алгебраїчні порівняння операндів. Операндами можуть бути цілі константи або стандартні числові атрибути. Усі оператори відношення записуються в лапках. Булевих оператора два: оператор 'OR' ("або") і оператор 'AND' ("і").

Команда BVARIABLE задає булеву змінну:

<ім'я> BVARIABLE <вираз>

При посиланні на змінну вираз обчислюється при поточних значеннях параметрів активного транзакта, збережуваних значень тощо.

Команда EQU створює іменований об'єкт (змінну користувача) і привласнює йому обумовлене виразом числове значення:

<ім'я> EQU <вираз>

Збережувані величини і матриці

Транзакти не можуть безпосередньо посилатися один на одного. Їхнє спілкування реалізується через збережувані величини. Збережувані величини можуть бути скалярними і матричними.

SAVEVALUE A,B

Блок змінює значення комірки А. Операнд А може супроводжуватися знаком "+" або "-" для вказівки додавання або віднімання від існуючого значення. Операнд В вказує значення, що повинне бути занесене, додане або відняте.

ASSIGN A,B,C

Блок використовується для задавання або зміни значення параметра транзакта. Операнди:

А – номер параметра активного транзакта;

В – привласнюване значення;

С – номер функції (не обов'язковий).

PLUS A,B

Блок оцінює вираз А і поміщає результат в операнд В.

MARK A

Блок зчитує абсолютний час із системного годинника у параметр А активного транзакта.

INDEX A,B

Блок додає до параметра А активного транзакта числове значення, що зазначене у В. Результат поміщається в перший параметр активного транзакта.

SELECT O A,B,C,D,E,F

Блок вибирає об'єкт за умовою й поміщає його номер у параметр активного транзакта. Операнди:

О – логічний оператор або показчик відношення;

А – операнд для запису номера обраного елемента;

В – нижня межа діапазону пошуку;

С – верхня межа діапазону пошуку;

Д – опорне значення (база порівняння) з операндом Е;

Е – ім'я класу СЧА, обов'язковий тільки для умовної форми;

F – номер блока призначення, якщо не відібраний жоден об'єкт.

COUNT O A,B,C,D,E

Блок заносить число об'єктів у параметр активного транзакта.

Операнди:

О – логічний оператор або показчик відношення;

А – операнд для прийняття результату;

В – нижня межа діапазону об'єктів, що перевіряються;

С – верхня межа діапазону;

Д – опорне значення для операнда Е, обов'язкове тільки при наявності умови;

E – специфікатор класу об'єктів (для умовного режиму перевірки).

LOGIC O A

Блок призначений для вмикання, вимикання або інвертування стану логічного ключа. Якщо логічний оператор O дорівнює S або R, то ключ A встановлюється в стан "увімкнений" (Set) або "вимкнений" (Reset) відповідно. Якщо логічний оператор – I, то стан ключа інвертується. Блок LOGIC у режимі інвертування дозволяє чергувати альтернативи різного роду – маршрути, функції, числові значення й т. п.

Матриця являє собою прямокутний масив чисел. Розмір матриці повинен бути оголошений попередньо в пропозиції MATRIX:

<ім'я> MATRIX ,B,C

Мітка <ім'я> визначає ім'я матриці. Значення поля повинне бути ім'ям або номером.

Операнд A не використовується в даній версії GPSS, оскільки немає необхідності специфікувати точність збережуваних елементів матриці. Він залишений для сумісності з попередніми версіями GPSS.

Наступні операнди (до шести) задають довжину за вимірами. При необхідності у векторі останній оголошується як двовимірна матриця з одним рядком (стовпцем).

У поле B задається число рядків матриці, у поле C – число стовпців. Операнди B і C можуть бути додатніми цілими.

Індексування елементів за всіма вимірами починається з одиниці. Команда MATRIX повинна передувати першому посиланню на цю матрицю.

Оператор MATRIX створює матрицю в поточній моделі. Матриця не може бути видалена з поточної моделі. Якщо оператор MATRIX видаляється з виконуваної програми, зв'язок з матрицею в поточній моделі залишається. Матриця може бути перевизначена або ініціалізована повторно іншим оператором MATRIX з тією ж міткою. Перевизначення, при якому розмір матриці змінюється, викликає виділення пам'яті під нову матрицю. При цьому раніше розподілена оперативна пам'ять залишається зайнятою.

Комірки й матриці використовуються для зберігання й подальшого використання значень стандартних числових атрибутів. Початкові значення комірок і матриць можна задати за допомогою оператора опису INITIAL.

INITIAL A,B

A – елемент матриці або збережена величина;

B – значення, що записується в зазначену комірку.

Оператор INITIAL привласнює елементам матриці початкові значення. Наступні зміни значень робляться блоком MSAVEVALUE.

MSAVEVALUE A,B,C,D

Блок змінює значення елемента матриці (довільний доступ можливий тільки за першими двома вимірами, інші індекси мають бути на увазі одиничними). Операнди:

A – ім'я або номер матриці з необов'язковим знаком "+" або "-";

B, C – номери рядка й стовпця відповідно;

D – значення, що повинне бути записане, додане або відняте.

16.5. Моделювання систем зі зміненою дисципліною обслуговування

Послідовність проходження транзактами блоків у моделі можна змінити за допомогою ряду блоків.

TRANSFER A,B,C,D

Блок змінює траєкторію руху активного транзакта. Операнди:

A – режим блока, обраний з множини {BOTH, ALL, PICK, FN, P, SBR, SIM}, може бути також дробовим числом, ім'ям, константою, СЧА;

B – номер або ім'я блока (у режимі P – ім'я параметра);

C – номер або ім'я блока. У режимі функції (FN) або параметра (P) – збільшення;

D – збільшення номера блока для режиму ALL. За замовчуванням дорівнює 1.

Блок TRANSFER може діяти в одному з дев'яти режимів. При необхідності випадкового вибору номер ДВЧ устанавлюється на вкладці Random Numbers в меню Edit – Settings....

Режим безумовного переходу. При відсутності операнда A активний транзакт переходить за адресою, специфікованою операндом B.

Статистичний режим. Якщо операнд A не є ключовим словом, то транзакт переходить за адресою, вказаною операндом C, з імовірністю, заданою операндом A. Якщо останній – ціле число, воно інтерпретується як кількість тисячних і перетворюється в дробову ймовірність. Альтернативне призначення специфікується операндом B. Його значення за замовчуванням – блок, наступний за TRANSFER.

Режим BOTH. Тут спочатку перевіряється блок, заданий операндом В. Якщо він не може прийняти активний транзакт, то перевіряється зазначений у С. Якщо обидва блоки відмовляться прийняти транзакт, то він залишиться у блоці TRANSFER, поки не зможе увійти в один із блоків, що перевіряються.

Режим ALL. Перевіряється послідовність блоків між операндами В і С включно до першого успіху. Адреса кожного наступного блока, що перевіряється, обчислюється додаванням операнда D (за замовчуванням 1) до адреси попереднього блоку. Якщо операнд С не використовується, перевіряється тільки один блок. Якщо жоден із блоків не зможе прийняти транзакт, він залишається в поточному блоці.

Режим PICK вибирає подальше призначення транзакта в інтервалі від В до С (послідовні номери) з рівними ймовірностями незалежно від можливого блокування.

Режим функції діє, коли операнд А є FN. Нове призначення вибирається обчисленням заданої операндом В цілочисельної функції, яка потім додається до необов'язкового зсуву, заданого операндом С.

Режим параметра задає операнд $A=P$. Активний транзакт переходить за адресою, що дорівнює сумі значення параметра і операнда С. Ім'я або номер параметра зазначені в операнді В.

Режим підпрограми реалізується при $A=SBR$. У цьому випадку активний транзакт завжди переходить за адресою, заданою операндом В. Адреса поточного блока поміщається в параметр транзакта, зазначений операндом С. Ця технологія дозволяє організувати перехід транзакта з поверненням, аналогічний передачі керування на підпрограму з поверненням на продовження основної програми. Повернення забезпечується блоком TRANSFER у параметричній моді.

У режимі **SIM** перехід залежить від "індикатора затримки" транзакта, безпосередньо не доступного програмістові. Цей індикатор вмикається, коли транзакт одержує відмову у вхід у який-небудь блок, і може бути вимкнений блоком TRANSFER. При увімкненому індикаторі (Set) транзакт переходить за адресою, зазначеною в С, і індикатор переводиться в Reset. У протилежному разі виконується перехід за адресою, зазначеною у В. Цей режим є рудиментом ранніх версій GPSS. Координовану оцінку стану декількох об'єктів простіше організувати через булеву змінну.

LOOP A,B

Блок LOOP (зациклити) модифікує параметр й управляє рухом активного транзакта, виходячи з результату цієї модифікації. Операнд А містить посилання на параметр транзакта, що відіграє роль лічильника, і значення параметра зменшується на 1. Якщо нове значення параметра не дорівнює нулю й операнд В специфікований, то планується перехід транзакта за адресою, зазначеною в В. Інакше транзакт переходить до наступного блока. Таким чином, блок LOOP можна використати для задавання циклічних маршрутів (не обчислень) з відомим числом повторень. Цикли виходять з від'ємним кроком і нижнім закінченням (обов'язковим проходженням тіла циклу). Допускаються вкладені цикли.

TEST O A,B,C

Блок порівнює значення зазначених СЧА й управляє напрямком руху транзакта, ґрунтуючись на результаті порівняння. Його операнди:

О – перевіряє відношення числових значень операндів А і В;

А, В – значення, що зіставляються;

С – альтернативний блок призначення.

Оскільки логічні значення в GPSS/W кодуються нулем й одиницею, у блоці TEST можна зіставляти й логічні значення.

При невиконанні умови, якщо операнд С не використовується, TEST діє в режимі відмови – блокує вхід активного транзакта, а при заданому С робить перехід по цьому операнду.

При заданому операнді С реалізується режим альтернативного виходу. При неуспішному порівнянні транзакт планується до передачі згідно з операндом С і поміщається в ЛПП у початок своєї пріоритетної групи.

Блоки TEST й GATE мають більші можливості, але неуспішні перевірки умови можуть викликати великі витрати машинного часу. Для скорочення їхньої частоти можна помістити транзакти в список користувача за допомогою блоків LINK й UNLINK.

GATE O A,B

Блок GATE (впустити) змінює рух транзакта за станом об'єкта, який перевіряється, – логічного ключа, пристрою або БКП, але не черги. Стан завжди має логічне значення. Операнди:

О – вид умови, що перевіряється. При виконанні умови активний транзакт переходить до наступного блоку.

Допустимі значення:

для пристроїв: **U / NU** (зайнятий / вільний), **I / NI** (обслуговує / неперерваний), **FV / FNV** (доступний / недоступний);

для БКП: **SE / SNE** (порожній / непорожній), **SF / SNF** (заповнений / незаповнений), **SV / SNV** (доступний / недоступний);

для логічних ключів: **LS / LR** (включений / виключений);

для транзактів: **M** – у блоці, заданому в полі A, у стані синхронізації перебуває транзакт, який належить до тієї самої сім'ї, що й транзакт, який перебуває в блоці GATE або робить спробу увійти до нього; **NM** – у блоці, заданому в полі A, у стані синхронізації немає жодного транзакта, який належить до тієї самої сім'ї, що й транзакт, який робить спробу увійти до блока GATE.

A – ім'я або номер об'єкта, який перевіряється. Тип елемента повинен бути погоджений з умовою;

B – номер блока, до якого направляється транзакт при невиконанні умови.

Якщо операнд B не використовується, GATE діє в режимі відмови й затримує транзакт до виконання умови. У поєднанні з БКП GATE може використовуватися для формування пачок постійного обсягу, що дорівнює ємності БКП.

Для розгалуження маршруту на два напрямки використовуються двопозиційні логічні ключі: замок є/немає, червоний або зелений сигнал світлофора, табличка "Місце немає", "Перерва". У випадку триколірного світлофора використовують блок TEST і числову змінну (VARIABLE).

Практична частина

Приклад 1. Модель системи з одним пристроєм і чергою.

1. Постановка задачі.

Необхідно промоделювати роботу верстата, що обробляє деталі. Деталі до верстата надходять рівномірно в інтервалі від 3 до 7 хвилин. Час обробки деталі складає 6 ± 4 хвилини. Деталі надходять до верстата, обробляються в порядку "першим прийшов – першого обслуговували", а потім залишають його.

Побудувати модель зі збором статистики за чергою. Визначити для однієї робочої зміни (8 годин) характеристики роботи системи. Проаналізувати ефективність роботи системи та внести пропозиції щодо покращення роботи системи.

2. Метод побудови моделі.

У цій моделі деталі ототожнюються з транзактами, а верстат – з пристроєм. Середній час надходження деталей складає 5 хвилин, половина поля допуску часу надходження складає 2 хвилини. Аналогічно, середній час обробки складає 6 хвилин, а половина поля допуску часу обробки – 4 хвилини. Деталі надходять до верстата і приєднуються до черги на обробку. Якщо верстат у момент приходу деталі вільний, то обробка починається відразу.

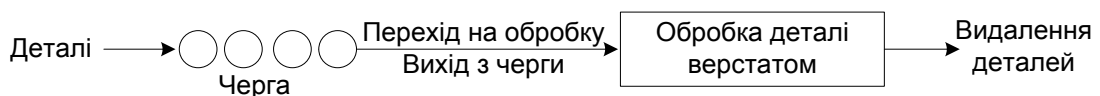
Надходження деталей моделюється блоком GENERATE, видалення деталей моделюється блоком TERMINATE. Блоки SEIZE і RELEASE моделюють зайняття і звільнення пристрою. Моделювання затримки на обробку здійснюється блоком ADVANCE. Збір статистики за чергою здійснюється за допомогою пари блоків QUEUE і DEPART. Пара блоків GENERATE і TERMINATE моделюють таймер. Час роботи системи – 480 хвилин.

3. Таблиця визначень.

Одиниця часу в моделі – 1 хвилина.

Елементи GPSS	Призначення
Транзакти	
1-й сегмент моделі	Обробка деталей
2-й сегмент моделі	Таймер
Пристрій	
VERSTAT	Верстат
Черга	
Q_ VERSTAT	Черга до верстата

4. Схематичне представлення роботи системи.



5. Роздруківка програми.

*Сегмент 1: Обробка деталей

```

GENERATE 5,2
QUEUE Q_ VERSTAT
SEIZE VERSTAT
DEPART Q_ VERSTAT
ADVANCE 6,4
RELEASE VERSTAT
TERMINATE
  
```

*Сегмент 2: Таймер

```

GENERATE 480
TERMINATE 1
*Запуск імітації
START 1

```

6. Вихідні дані програми.

Результати моделювання роботи верстата представлені нижче у вигляді стандартного звіту.

GPSS World Simulation Report - Model_8_1.2.1

Sunday, January 18, 2009 13:53:45

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	480.000	9	1	0

NAME	VALUE
Q_VERSTAT	10000.000
VERSTAT	10001.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	98	0	0
	2	QUEUE	98	26	0
	3	SEIZE	72	0	0
	4	DEPART	72	0	0
	5	ADVANCE	72	1	0
	6	RELEASE	71	0	0
	7	TERMINATE	71	0	0
	8	GENERATE	1	0	0
	9	TERMINATE	1	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY
VERSTAT	72	0.987	6.578	1	73	0	0	0

26

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)
Q_VERSTAT	26	26	98	1	12.371	60.593	61.217 0

FEC	XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
73	0		480.964	73	5	6		
100	0		482.112	100	0	1		
101	0		960.000	101	0	8		

7. Обговорення.

Протягом робочої зміни до верстата надійшло 98 деталей, з них 71 деталь була оброблена, одна залишилася в процесі обробки. На кінець робочої зміни на обробку залишилось чекати в черзі 26 деталей.

Верстат займався деталями 72 рази і був зайнятий 98,7% робочого часу. На обробку однієї деталі в середньому витрачалось 6,6 хв. Максимальний вміст черги протягом періоду моделювання – 26 деталей. Без черги на обслуговування потрапила тільки одна деталь (та, що надійшла до верстата першою). Оскільки максимальний і поточний вміст черги збігаються, без черги пройшла на обробку одна деталь, то можна зробити висновок, що черга постійно збільшується. Середній час перебування деталі в черзі склав 60,6 хв. з урахуванням усіх входів у чергу і 61,2 хв. без урахування нульових входів у чергу.

Для покращення роботи системи можна збільшити кількість верстатів, що дозволить обробити більшу кількість деталей, скоротити час перебування деталей у черзі.

Приклад 2. Модель системи з одним пристроєм і перервами в роботі пристрою.

1. Постановка задачі.

Візьмемо за основу приклад 1. Додамо ще одну умову: кожні 3 години проводиться технічний огляд верстата (5 хвилин і його налагодження (10 ± 3 хвилини).

Побудувати модель роботи верстата з перервами на технічний огляд і налагодження. Зібрати статистику за чергою. Визначити для однієї робочої зміни (8 годин) характеристики роботи системи. Проаналізувати ефективність роботи системи та внести пропозиції щодо покращення роботи системи. Порівняти отримані результати в прикладах 1 і 3.

2. Метод побудови моделі.

Див. приклад 1.

Перерви в роботі верстата моделюються блоками FUNAVAIL (переведення верстата в режим неготовності для обробки деталей) і FAVAIL (повернення в режим готовності).

3. Таблиця визначень.

Одиниця часу в моделі – 1 хвилина.

Елементи GPSS	Призначення
Транзакти	
1-й сегмент моделі	Обробка деталей
2-й сегмент моделі	Технічний огляд і налагодження верстата
3-й сегмент моделі	Таймер
Пристрій	

VERSTAT	Верстат
Черга	
Q_VERSTAT	Черга до верстата

4. Схематичне представлення роботи системи.

Див. приклад 1.

5. Роздруківка програми.

*Сегмент 1: Обробка деталей

```

GENERATE 5,2
QUEUE Q_VERSTAT
SEIZE VERSTAT
DEPART Q_VERSTAT
ADVANCE 6,4
RELEASE VERSTAT
TERMINATE

```

*Сегмент 2: Технічний огляд і налагодження верстата

```

GENERATE 180
FUNAVAIL VERSTAT
ADVANCE 5
ADVANCE 10,3
FAVAIL VERSTAT
TERMINATE

```

*Сегмент 3: Таймер

```

GENERATE 480
TERMINATE 1

```

*Запуск імітації

```

START 1

```

6. Вихідні дані програми.

Результати моделювання роботи верстата представлені нижче у вигляді стандартного звіту.

GPSS World Simulation Report - Model_8_3.8.1

Sunday, January 18, 2009 14:05:58

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	480.000	15	1	0

NAME	VALUE
Q_VERSTAT	10000.000
VERSTAT	10001.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	97	0	0
	2	QUEUE	97	27	0

3	SEIZE	70	0	0
4	DEPART	70	0	0
5	ADVANCE	70	1	0
6	RELEASE	69	0	0
7	TERMINATE	69	0	0
8	GENERATE	2	0	0
9	FUNAVAIL	2	0	0
10	ADVANCE	2	0	0
11	ADVANCE	2	0	0
12	FAVAIL	2	0	0
13	TERMINATE	2	0	0
14	GENERATE	1	0	0
15	TERMINATE	1	0	0

FACILITY DELAY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY
VERSTAT	70	0.916	6.280	1	73	0	0	0

QUEUE RETRY	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)
Q_VERSTAT	28	27	97	1	13.375	66.185	66.874 0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
102	0	484.303	102	0	1		
73	0	486.469	73	5	6		
78	0	540.000	78	0	8		
103	0	960.000	103	0	14		

7. Обговорення.

Протягом робочої зміни до верстата надійшло 97 деталей, з них 69 деталей було оброблено, одна залишилася в процесі обробки. На кінець робочої зміни на обробку залишилось чекати в черзі 27 деталей. Верстат займався деталями 70 разів і був зайнятий обробкою деталей 91,6% робочого часу. На кінець моделювання верстат перебуває в стані готовності для обробки деталей. На обробку однієї деталі в середньому витрачалось 6,3 хв. Максимальний вміст черги протягом періоду моделювання – 26 деталей. Середній час перебування деталі в черзі склав 66,2 хв. з урахуванням усіх входів у чергу і 66,8 хв. без урахування нульових входів у чергу. За зміну двічі проводився технічний контроль і налагодження верстата.

Порівняння результатів моделювання, отриманих в прикладах 1 і 3: середній час очікування у черзі збільшився на 5,6 хв.; кількість оброблених деталей зменшилась на 2 деталі; верстат простоював 8,4% робочого часу (проти 1,3% у прикладі 1).

Приклад 3. Модель системи обслуговування із забезпеченням пріоритетного обслуговування і переривань в обслуговуванні.

1. Постановка задачі.

Телевізійна майстерня найняла одного майстра для капітального ремонту здаваних в оренду телевізорів, сервісного обслуговування техніки клієнтів і виконання дрібного негайного ремонту. Необхідність у капітальному ремонті телевізорів, що належать компанії, виникає кожні 20 ± 8 годин, ремонт займає 10 ± 1 година. Дрібний ремонт, наприклад, заміна плавкого запобіжника, налаштування каналів і налаштування телевізорів виконується негайно. Необхідність у дрібному ремонті виникає кожні 90 ± 10 хвилин, ремонт займає 15 ± 5 хвилин. Телевізори клієнтів, що вимагають звичайного обслуговування, прибувають кожні 5 ± 1 година, їх ремонт займає 150 ± 30 хвилин. Звичайне обслуговування телевізорів має вищий пріоритет, ніж капітальний ремонт техніки, що здається в оренду, і техніки, що перебуває у власності компанії.

Необхідно промодельювати роботу майстерні протягом 50 днів, врахувавши, що за цей період можна прийняти на капітальний ремонт 15 одиниць техніки, а робочий день триває 8 годин.

2. Метод побудови моделі.

У телевізійній майстерні майстер надає три типи послуг: капітальний ремонт телевізорів, сервісне обслуговування техніки клієнтів та дрібний ремонт. Моделювання надання кожного типу послуг проводитиметься окремим сегментом моделі. Черга на обслуговування у майстра формується одна. Позачергово проводитиметься звичайне обслуговування телевізорів (вищий пріоритет). Дрібний ремонт техніки проводиться негайно, а отже має найвищий пріоритет. "Негайно" – означає, що як тільки надійде замовлення на цей тип ремонту, майстер перериває виконувану на той момент роботу, і починає виконувати це замовлення.

Якщо на момент надходження нового замовлення на ремонт майстер вільний, то виконання замовлення починається відразу. У зв'язку з наявністю замовлень з різними пріоритетами, дисципліна обслуговування – "першим прийшов – першого обслуговували" дещо зміниться.

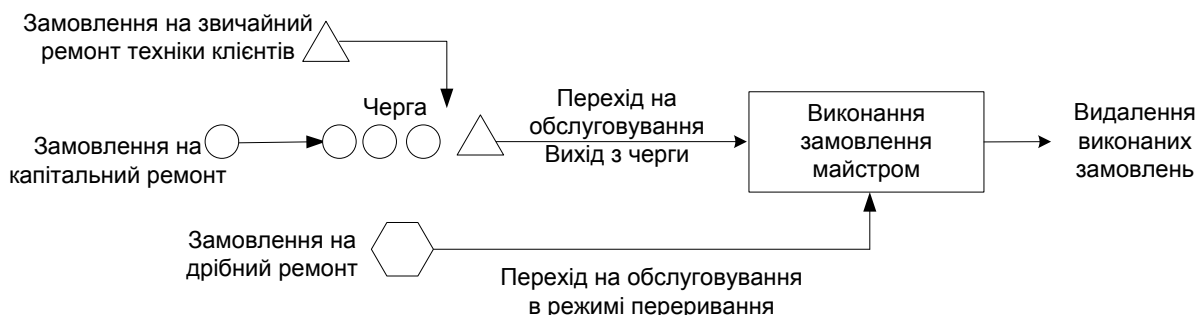
Надходження замовлень на ремонт моделюється блоком GENERATE, покидання системи виконаним замовленням моделюється блоком TERMINATE. Блоки SEIZE і RELEASE моделюють зайняття і звільнення пристрою (майстра). Блоки PREEMPT і RETURN моделюють зайняття і звільнення пристрою (майстра) в режимі переривання. Моделювання затримки на обслуговуванні здійснюється блоком ADVANCE. Збір статистики за чергою здійснюється за допомогою пари блоків QUEUE і DEPART. Обмеження на прийом техніки на капітальний ремонт задається операндом D в блоці GENERATE відповідного сегмента моделі. Пара блоків GENERATE і TERMINATE моделюють таймер. Час роботи системи – 50 робочих днів по 480 хвилин (в таймері кожен транзакт моделює один день).

3. Таблиця визначень.

Одиниця часу в моделі – 1 хвилина.

Елементи GPSS	Призначення
Транзакти	
1-й сегмент моделі	Капітальний ремонт техніки
2-й сегмент моделі	Звичайний ремонт техніки клієнтів
3-й сегмент моделі	Дрібний ремонт
4-й сегмент моделі	Таймер
Пристрій	
MASTER	Майстер
Черги	
Q_MASTER	Загальна черга замовлень до майстра
Q_KAP_REM	Черга з замовлень на капітальний ремонт
Q_TEX_KLIENT	Черга з замовлень на ремонт техніки клієнтів
Q_DRIB_REM	Черга з замовлень на дрібний ремонт

4. Схематичне представлення роботи системи.



5. Роздруківка програми.

*Сегмент 1: Капітальний ремонт орендованої техніки

```
GENERATE 1200,480,,15,1
QUEUE   Q_KAP_REM
QUEUE   Q_MASTER
SEIZE    MASTER
DEPART   Q_KAP_REM
DEPART   Q_MASTER
ADVANCE  600,60
RELEASE  MASTER
TERMINATE
```

* Сегмент 2: Звичайний ремонт техніки клієнтів

```
GENERATE 300,60,,,2
QUEUE   Q_TEX_KLIENT
QUEUE   Q_MASTER
SEIZE    MASTER
DEPART   Q_TEX_KLIENT
DEPART   Q_MASTER
ADVANCE  150,30
RELEASE  MASTER
TERMINATE
```

*Сегмент 3: Дрібний ремонт

```
GENERATE 90,10,,,3
QUEUE   Q_DRIB_REM
QUEUE   Q_MASTER
PREEMPT MASTER,PR
DEPART   Q_DRIB_REM
DEPART   Q_MASTER
ADVANCE  15,5
RETURN   MASTER
TERMINATE
```

*Сегмент 4: Таймер

```
GENERATE 480
TERMINATE 1
```

* Запуск імітації

```
START 50
```

6. Вихідні дані програми.

Результати моделювання роботи телевізійної майстерні представлені нижче у вигляді стандартного звіту.

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	24000.000	29	1	0

NAME	VALUE
MASTER	10002.000
Q_DRIB_REM	10000.000
Q_KAP_REM	10004.000
Q_MASTER	10001.000
Q_TEX_KLIENT	10003.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
	1	GENERATE	15	0	0	0
	2	QUEUE	15	0	0	0
	3	QUEUE	15	2	0	0
	4	SEIZE	13	0	0	0
	5	DEPART	13	0	0	0
	6	DEPART	13	0	0	0
	7	ADVANCE	13	0	0	0
	8	RELEASE	13	0	0	0
	9	TERMINATE	13	0	0	0
	10	GENERATE	80	0	0	0
	11	QUEUE	80	0	0	0
	12	QUEUE	80	0	0	0
	13	SEIZE	80	0	0	0
	14	DEPART	80	0	0	0
	15	DEPART	80	0	0	0
	16	ADVANCE	80	1	0	0
	17	RELEASE	79	0	0	0
	18	TERMINATE	79	0	0	0
	19	GENERATE	266	0	0	0
	20	QUEUE	266	0	0	0
	21	QUEUE	266	0	0	0
	22	PREEMPT	266	0	0	0
	23	DEPART	266	0	0	0
	24	DEPART	266	0	0	0
	25	ADVANCE	266	0	0	0
	26	RETURN	266	0	0	0
	27	TERMINATE	266	0	0	0
	28	GENERATE	50	0	0	0
	29	TERMINATE	50	0	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
MASTER	359	0.970	64.854	1	404	0	0	0	2

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)
RETRY							
Q_DRIB_REM	1	0	266	266	0.000	0.000	0.000 0
Q_MASTER	8	2	361	271	3.503	232.919	934.266 0
Q_TEX_KLIENT	3	0	80	4	1.104	331.171	348.601 0
Q_KAP_REM	5	2	15	1	2.400	3839.346	4113.585 0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
410	2	24035.902	410	0	10		

413	3	24051.356	413	0	19
404	2	24147.240	404	16	17
414	0	24480.000	414	0	28

7. Обговорення.

За 50 робочих днів у майстерню надійшло 15 замовлень на капітальний ремонт (з них 13 було виконано), 80 замовлень на ремонт техніки клієнтів (з них виконано 79, одне замовлення на кінець моделювання залишилося на виконанні) і 266 замовлень на дрібний ремонт були виконані повністю. Усі замовлення на дрібний ремонт виконувалися одразу, про що свідчить статистика за чергами. З 80 замовлень на звичайний ремонт техніки клієнтів 4 не очікували в черзі, а останні затрималися в ній у середньому на 348 хвилин (майже 6 годин). Майстер був зайнятий ремонтом 97% всього робочого часу і виконав 359 замовлень (одне не встиг закінчити).

У цілому, система працює добре, але можна дещо змінити дисципліну обслуговування – переривати роботу з капітального ремонту, щоб ремонтувати техніку клієнтів, оскільки за умовою цей вид робіт є пріоритетнішим. Це значно скоротить час перебування таких замовлень у черзі.

Приклад 4. Модель системи масового обслуговування з багатоканальним пристроєм.

1. Постановка задачі.

До перукарні, в якій працює два перукарі, приходять клієнти двох типів – чоловіки і жінки. Клієнти переходять на обслуговування до вільного перукаря. Інтервали приходу клієнтів розподілені рівномірно в інтервалі 30 ± 10 хвилин (для жінок) і 50 ± 15 хвилин (для чоловіків). Час обслуговування також розподілений рівномірно в інтервалі 40 ± 15 хв. (для жінок) і 30 ± 5 хв. (для чоловіків). Дисципліна обслуговування у перукарні – "першим прийшов – першого обслуговували". Після обслуговування клієнти залишають перукарню.

Промодельовати роботу перукарні протягом одного робочого дня (8 годин) зі збором статистики за чергами. Проаналізувати ефективність роботи системи та внести пропозиції щодо покращення роботи системи.

2. Метод побудови моделі.

У цій моделі клієнти ототожнюються з транзактами, а перукарі – з багатоканальним пристроєм. Клієнти приходять до перукарні і

приєднуються до черги на обслуговування. У порядку черги клієнти переходять на обслуговування до того перукаря, який звільнився.

Прихід клієнтів моделюється блоком GENERATE, вихід клієнтів з перукарні моделюється блоком TERMINATE. Блоки ENTER і LEAVE моделюють вхід в БКП і вихід з нього. Моделювання затримки на обслуговуванні здійснюється блоком ADVANCE. Збір статистики за чергою здійснюється за допомогою пари блоків QUEUE і DEPART. Пара блоків GENERATE і TERMINATE моделюють таймер. Час роботи системи – 480 хвилин.

3. Таблиця визначень.

Одиниця часу в моделі – 1 хвилина.

Елементи GPSS	Призначення
Транзакти	
1-й сегмент моделі	Клієнти першого типу (чоловіки)
2-й сегмент моделі	Клієнти другого типу (жінки)
3-й сегмент моделі	Таймер
БКП	
PERUKARI	БКП Перукарі
Черга	
Q_PERUKAR	Загальна черга до перукарів

4. Схематичне представлення роботи системи.



5. Роздруківка програми.

*Багатоканальний пристрій

PERUKARI STORAGE 2

*Сегмент 1: Обслуговування клієнтів 1-го типу (чоловіки)

GENERATE 50,15

QUEUE Q_PERUKARI

ENTER PERUKARI

DEPART Q_PERUKARI

ADVANCE 30,5

LEAVE PERUKARI

TERMINATE

*Сегмент 2: Обслуговування клієнтів 2-го типу (жінки)

```
GENERATE 30,10
QUEUE    Q_PERUKARI
ENTER    PERUKARI
DEPART   Q_PERUKARI
ADVANCE  40,15
LEAVE    PERUKARI
TERMINATE
```

* Сегмент 3: Таймер

```
GENERATE 480
TERMINATE 1
```

* Запуск імітації

```
START 1
```

6. Вихідні дані програми.

Результати моделювання роботи перукарні представлені нижче у вигляді стандартного звіту.

GPSS World Simulation Report - Model_9_1.1.1

Thursday, January 15, 2009 21:18:25

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	480.000	16	0	1

NAME	VALUE
PERUKARI	10000.000
Q_PERUKARI	10001.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	9	0	0
	2	QUEUE	9	0	0
	3	ENTER	9	0	0
	4	DEPART	9	0	0
	5	ADVANCE	9	1	0
	6	LEAVE	8	0	0
	7	TERMINATE	8	0	0
	8	GENERATE	15	0	0
	9	QUEUE	15	0	0
	10	ENTER	15	0	0
	11	DEPART	15	0	0
	12	ADVANCE	15	0	0
	13	LEAVE	15	0	0
	14	TERMINATE	15	0	0
	15	GENERATE	1	0	0
	16	TERMINATE	1	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)
RETRY							
Q_PERUKARI	2	0	24	9	0.332	6.641	10.626 0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY
DELAY									
PERUKARI	2	1	0	2	24	1	1.726	0.863	0 0

FEC	XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
26	0		485.182	26	0	8		
25	0		500.706	25	5	6		
27	0		503.526	27	0	1		
28	0		960.000	28	0	15		

7. Обговорення.

Протягом робочого дня до перукарні прийшло 9 чоловіків і 15 жінок (усього 24 клієнти). На кінець періоду моделювання майже всі клієнти були обслуговані (один залишився в процесі обслуговування). 9 осіб не затрималися в черзі, тобто в момент приходу їх до перукарні один з перукарів був вільний і клієнти відразу проходили на обслуговування. Максимальний вміст черги за період моделювання складав 2 особи. На кінець періоду моделювання в черзі нікого не було. Середній час очікування клієнтів у черзі (без нульових входів) склав 10,6 хвилини. Багатоканальний пристрій був зайнятий 86,3% робочого періоду. Максимальна кількість одночасно зайнятих каналів – 2 (отже обидва перукарі працювали).

Приклад 5. Модель системи масового обслуговування з багатоканальним пристроєм і перервою в роботі.

1. Постановка задачі.

За основу візьмемо задачу з прикладу 4 цієї лабораторної роботи. Вкажемо додатково, що перукарня працює з 8.00 до 16.00, а перерва з 12.00 до 13.00.

2. Метод побудови моделі.

Див. приклад 1.

Для моделювання перерви в роботі перукарні використовуються блоки SUNAVAIL і SAVAIL. Перерва одна на робочий день, починається через 4 години (240 хвилин) після початку роботи і триває 1 годину (60 хвилин).

3. Таблиця визначень.

Одиниця часу в моделі – 1 хвилина.

Елементи GPSS	Призначення
Транзакти	
1-й сегмент моделі	Клієнти першого типу (чоловіки)
2-й сегмент моделі	Клієнти другого типу (жінки)
3-й сегмент моделі	Моделювання перерви в роботі
4-й сегмент моделі	Таймер
БКП	
PERUKARI	БКП Перукарі
Черга	
Q_PERUKAR	Загальна черга до перукарів

4. Схематичне представлення роботи системи.

Див. приклад 1.

5. Роздруківка програми.

*Багатоканальний пристрій

PERUKARI STORAGE 2

*Сегмент 1: Обслуговування клієнтів 1-го типу (чоловіки)

```
GENERATE 50,15
QUEUE Q_PERUKARI
ENTER PERUKARI
DEPART Q_PERUKARI
ADVANCE 30,5
LEAVE PERUKARI
TERMINATE
```

*Сегмент 2: Обслуговування клієнтів 2-го типу (жінки)

```
GENERATE 30,10
QUEUE Q_PERUKARI
ENTER PERUKARI
DEPART Q_PERUKARI
ADVANCE 40,15
LEAVE PERUKARI
TERMINATE
```

*Сегмент 3: Перерва в роботі

```
GENERATE 240,,,1
SUNAVAIL PERUKARI
ADVANCE 60
SAVAIL PERUKARI
TERMINATE
```

*Сегмент 4: Таймер

```
GENERATE 480
TERMINATE 1
```

*Запуск імітації

START 1

6. Вихідні дані програми.

Результати моделювання роботи перукарні представлені нижче у вигляді стандартного звіту.

GPSS World Simulation Report - Model_9_3.1.1

Sunday, January 18, 2009 16:50:24

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	480.000	21	0	1

NAME	VALUE
PERUKARI	10000.000
Q_PERUKARI	10001.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	9	0	0
	2	QUEUE	9	1	0
	3	ENTER	8	0	0
	4	DEPART	8	0	0
	5	ADVANCE	8	1	0
	6	LEAVE	7	0	0
	7	TERMINATE	7	0	0
	8	GENERATE	15	0	0
	9	QUEUE	15	2	0
	10	ENTER	13	0	0
	11	DEPART	13	0	0
	12	ADVANCE	13	1	0
	13	LEAVE	12	0	0
	14	TERMINATE	12	0	0
	15	GENERATE	1	0	0
	16	SUNAVAIL	1	0	0
	17	ADVANCE	1	0	0
	18	SAVAIL	1	0	0
	19	TERMINATE	1	0	0
	20	GENERATE	1	0	0
	21	TERMINATE	1	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)
RETRY							
Q_PERUKARI	5	3	24	5	1.978	39.559	49.970 0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY
DELAY									
PERUKARI	2	0	0	2	21	1	1.534	0.767	0 3

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
28	0	481.780	28	0	8		
22	0	486.924	22	12	13		
27	0	506.116	27	0	1		
23	0	510.914	23	5	6		
29	0	960.000	29	0	20		

7. Обговорення.

Протягом робочого дня до перукарні прийшло 9 чоловіків і 15 жінок (усього 24 клієнти). На кінець періоду моделювання одна жінка і один чоловік залишилися на обслуговуванні. 5 осіб не затрималися в черзі, тобто в момент приходу їх до перукарні один з перукарів був вільний і клієнти відразу проходили на обслуговування. Максимальний вміст черги за період моделювання складав 5 осіб. На кінець періоду моделювання в черзі очікувало 3 клієнти. Середній час очікування клієнтів у черзі (без нульових входів) склав 49,97 хвилини. Багатоканальний пристрій був зайнятий 76,7% робочого періоду. Максимальна кількість одночасно зайнятих каналів – 2 (отже обидва перукарі працювали).

Передбачена перерва майже в 5 разів збільшила середній час перебування клієнтів у черзі (не враховуючи тих, що пройшли на обслуговування без очікування). Як наслідок, зменшилась кількість обслугованих клієнтів (на 4 особи) і збільшився простій БКП – до 24,3% робочого часу (проти 13,7% при роботі без перерви).

Приклад 6. Використання функцій у GPSS-моделях.

1. Постановка задачі.

Двоє викладачів приймають екзамен у студентів. Час приходу студентів в аудиторію рівномірно розподілений на інтервалі від 5 до 10 хвилин (рівномірний закон розподілу). Взявши екзаменаційний білет, студент готується протягом 20 ± 5 хвилин і йде відповідати одному з викладачів. В аудиторії може знаходитися одночасно не більше 10 студентів. Час відповіді на основні запитання розподілений наступним чином: з імовірністю 0,2 – 3 хв., з імовірністю 0,3 – 5 хв., з імовірністю 0,4 – 8 хв. та з імовірністю 0,1 – 12 хв. Кожен студент отримує від 3 до 10 додаткових запитань, відповідь на кожне з яких триває 1,5 хвилини.

Після складання екзамену студент чекає 2 хв. (час, потрібний викладачеві для виставлення оцінки в екзаменаційну відомість і в залікову книжку) і залишає аудиторію.

Необхідно записати GPSS-модель роботи екзаменаційної комісії. Визначити час, потрібний комісії, щоб прийняти екзамен у 50 студентів.

Зробити висновки та внести пропозиції щодо поліпшення роботи приведеної системи масового обслуговування.

2. Метод побудови моделі.

Викладачі розглядаються як багатоканальний пристрій, оскільки студенти йдуть відповідати одному з двох викладачів. Оскільки в аудиторії може одночасно знаходитися не більше 10 студентів, то аудиторію можна розглядати як багатоканальний пристрій з 10 каналами обслуговування (місцями).

Прихід студентів на екзамен моделюється блоком GENERATE. Час приходу студентів описується рівномірним законом розподілу, який реалізований системі GPSS, і задається в операнді A. Операнд D – задає максимальну кількість студентів, що має прийти на екзамен (за умовою – 50 осіб). Час відповіді на основні запитання описується дискретною функцією і задається чотирма точками. Кількість додаткових запитань, що їх може отримати кожен студент, задається неперервною функцією з двома координатами: значення аргумента $x_1=0$ вказує на мінімальну кількість запитань – 3 запитання, тобто $y_1=3$; $x_2=1$ вказує на максимальну кількість запитань – 10 запитань (оскільки ДВЧ генерує значення в інтервалі від 0 до 0.999999, то щоб отримати 10 запитань, треба задати $y_2=11$). Посилання на цю функцію вказується в операнді D блока ADVANCE, і ця функція виступає як модифікатор. Управляючою картою START задається кількість студентів, що мають скласти екзамен.

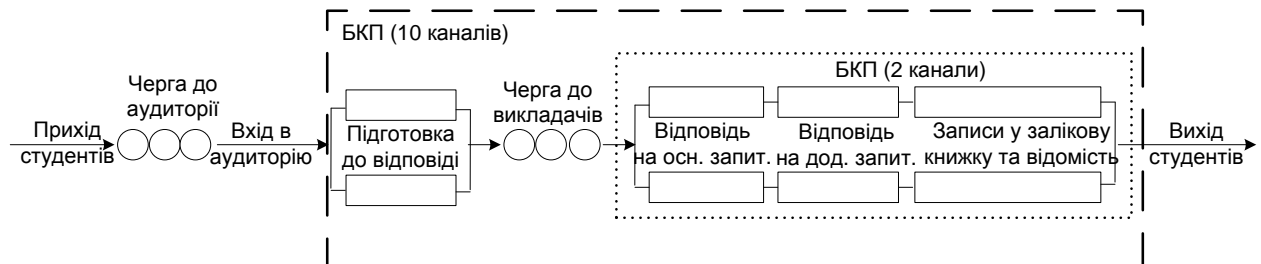
3. Таблиця визначень.

Одиниця часу в моделі – 1 хвилина.

Елементи GPSS	Призначення
Транзакти	
1-й сегмент моделі	Проведення екзамену
БКП	
AUDITOR	БКП Аудиторія
VIKLADACH	БКП Викладачі
Черги	

Q_AUDITOR	Черга студентів до аудиторії
Q_VIKLADACH	Черга студентів до викладачів
Функції	
UNIFORM	Вбудована, рівномірний розподіл
VIDP_OSN	Час відповіді на основні запитання
KILK_DOD	Кількість додаткових запитань

4. Схематичне представлення роботи системи.



5. Роздруківка програми.

*Багатоканальні пристрої

AUDITOR STORAGE 10

VIKLADACH STORAGE 2

*Функція розподілу часу відповіді на основні запитання

VIDP_OSN FUNCTION RN1,D4

.2,3/.5,5/.9,8/1,12

*Функція для визначення кількості додаткових запитань

KILK_DOD FUNCTION RN1,C2

0,3/1,11

*Проведення екзамену

GENERATE (UNIFORM(RN1,5,10)),,50

QUEUE Q_AUDITOR

ENTER AUDITOR

DEPART Q_AUDITOR

ADVANCE 20,5

QUEUE Q_VIKLADACH

ENTER VIKLADACH

DEPART Q_VIKLADACH

ADVANCE FN\$VIDP_OSN

ADVANCE 1.5, FN\$KILK_DOD

ADVANCE 2

LEAVE VIKLADACH

LEAVE AUDITOR

TERMINATE 1

* Запуск імітації

START 50

6. Вихідні дані програми.

Результати моделювання проведення екзамену представлені нижче у вигляді стандартного звіту.

GPSS World Simulation Report - Model_11_1.1.1

Friday, January 16, 2009 11:43:43

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	515.684	14	0	2

NAME	VALUE
AUDITOR	10000.000
KILK_DOD	10003.000
Q_AUDITOR	10004.000
Q_VIKLADACH	10005.000
VIDP_OSN	10002.000
VIKLADACH	10001.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
	1	GENERATE	50		0	0
	2	QUEUE	50		0	0
	3	ENTER	50		0	0
	4	DEPART	50		0	0
	5	ADVANCE	50		0	0
	6	QUEUE	50		0	0
	7	ENTER	50		0	0
	8	DEPART	50		0	0
	9	ADVANCE	50		0	0
	10	ADVANCE	50		0	0
	11	ADVANCE	50		0	0
	12	LEAVE	50		0	0
	13	LEAVE	50		0	0
	14	TERMINATE	50		0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)
RETRY							
Q_AUDITOR	6	0	50	24	0.951	9.807	18.860 0
Q_VIKLADACH	8	0	50	2	4.167	42.973	44.764 0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY
DELAY									
AUDITOR	10	10	0	10	50	1	7.930	0.793	0 0
VIKLADACH	2	2	0	2	50	1	1.844	0.922	0 0

7. Обговорення.

Щоб прийняти екзамен у 50 студентів екзаменаційна комісія витратила майже 516 хвилин. Усього в аудиторію увійшло 50 студентів. На кінець періоду моделювання в аудиторії студентів не було. При такій організації приходу студентів на екзамен в черзі до аудиторії було максимум 6 студентів, а до викладачів на відповідь очікувало максимум 8 студентів. Без черги в аудиторію увійшло 24 студенти, а до викладачів – двоє. За час проведення екзамену аудиторія використовувалася протягом 79,3% часу, а викладачі були зайняті протягом 92,2% часу.

Приклад 7. Зміна дисципліни обслуговування

1. Постановка задачі.

Продовольчий магазин складається з трьох прилавків та однієї каси на виході з магазину. Вхідний потік покупців має пуассонівський характер із середнім інтервалом приходу покупців 75 с. Увійшовши до магазину, кожен покупець бере кошик і може обійти один або кілька прилавків, вибираючи продукти. Імовірність виконання покупок для першого прилавка – 0,75, для другого – 0,55, для третього – 0,82. Час, потрібний для того, щоб обійти прилавок, і число покупок, вибраних біля прилавка, розподілені рівномірно. Час обходу першого прилавка – 120 ± 60 с, другого – 150 ± 30 с, третього – 120 ± 45 с. Число покупок, зроблених біля першого прилавка – 3 ± 1 шт., другого 4 ± 1 шт., третього – 5 ± 1 шт.

Після того як товар вибрано, покупець стає в кінець черги до каси. Стоячи в черзі, покупець може зробити ще 2 ± 1 покупку. Час обслуговування покупця в касі пропорційний до числа зроблених покупок, на одну покупку витрачається 3 с. Після оплати покупок покупець залишає кошик і покидає магазин.

Необхідно побудувати модель, що описує процес покупок у магазині протягом 8-годинного робочого дня. Вважати, що число кошиків необмежене. Визначити навантаження касира, максимальну довжину черги протягом робочого дня, максимальне число кошиків, що перебували у покупців одночасно.

2. Метод побудови моделі.

Щоб показати необмежене число кошиків, необхідно задати в моделі багатоканальний пристрій з дуже великою місткістю. Процедура взяття кошика моделюється як вхід у багатоканальний пристрій.

Кількість покупок, зроблених біля кожного прилавка та біля каси моделюється за даними задачі за допомогою функцій.

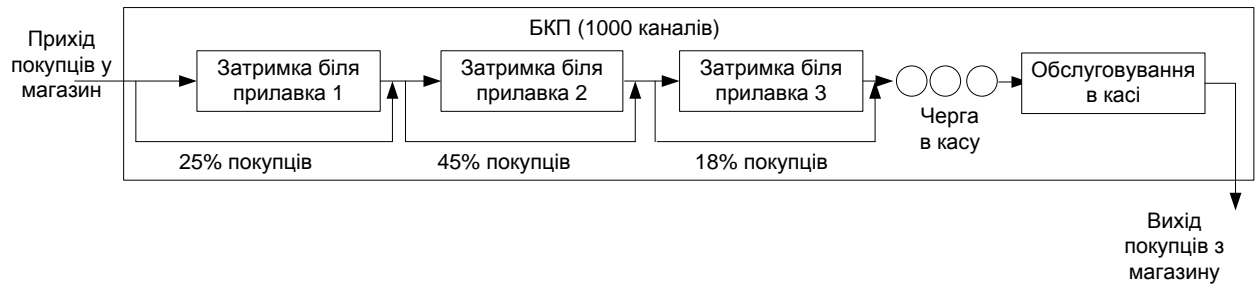
Підхід до кожного прилавка моделюється з використанням блока TRANSFER у статистичному режимі. Якщо покупець вирішує не робити покупок біля одного з прилавків, то він проходить далі до нового блока TRANSFER. Якщо покупець залишається щоб зробити покупку, то він затримується біля прилавка на деякий час. Кількість покупок, зроблених біля кожного прилавка моделюється з використанням неперервної функції. Число покупок, починаючи з початку моделі, накопичується (використовується блок ASSIGN у режимі приросту). Зробивши покупки, покупці приєднуються до черги в касу. Стоячи в черзі, покупці можуть зробити ще покупки, кількість яких моделюється неперервною функцією. Час обслуговування касиром визначається розрахунком функції, аргументом якої є параметр, що містить значення загальної кількості зроблених покупок. Час роботи магазину – 8 годин або 28 800 с.

3. Таблиця визначень.

Одиниця часу в моделі – 1 секунда.

Елементи GPSS	Призначення
Транзакти	
1-й сегмент моделі	Робота магазину
2-й сегмент моделі	Таймер
БКП	
CARTS	Кошики в магазині
Пристрій	
KASSA	Каса в магазині
Функції	
PRIL1	Кількість покупок, зроблених біля прилавка 1
PRIL2	Кількість покупок, зроблених біля прилавка 2
PRIL3	Кількість покупок, зроблених біля прилавка 3
POK_KASSA	Кількість покупок, зроблених біля каси
OPLATA	Час обслуговування покупця в касі
Параметри транзактів	
1	Для прийняття значень: кількість зроблених покупок

4. Схематичне представлення роботи системи.



5. Роздруківка програми.

*Багатоканальний пристрій - кошики в магазині

CARTS STORAGE 1000

*Функції, що визначають кількість покупок, зроблених біля кожного з прилавків

PRIL1 FUNCTION RN2,C2

0,2/1,5

PRIL2 FUNCTION RN2,C2

0,3/1,6

PRIL3 FUNCTION RN2,C2

0,4/1,7

*Функція, що визначає час обслуговування покупця в касі

OPLATA FUNCTION P1,C2

0,3/18,54

*Функція, що визначає кількість покупок, зроблених біля каси

POK_KASSA FUNCTION RN1,C2

0,1/1,4

*Обслуговування покупців в магазині

GENERATE (POISSON(RN2,75))

ENTER CARTS

TRANSFER .25,,MET1

ADVANCE 120,60

ASSIGN 1, FN\$PRIL1

MET1 TRANSFER .45,,MET2

ADVANCE 150,30

ASSIGN 1+, FN\$PRIL2

MET2 TRANSFER .18,,OUT

ADVANCE 120,45

ASSIGN 1+, FN\$PRIL3

OUT QUEUE KASSA

ASSIGN 1+, FN\$POK_KASSA

SEIZE KASSA

DEPART KASSA

ADVANCE FN\$OPLATA

RELEASE KASSA

LEAVE CARTS

TERMINATE

*таймер

GENERATE 28800

```

    TERMINATE 1
*Запуск імітації
    START      1

```

6. Вихідні дані програми.

Результати моделювання роботи магазину представлені нижче у вигляді стандартного звіту.

GPSS World Simulation Report - 14_1.1.1

Monday, January 19, 2009 02:50:33

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	28800.000	21	1	1

NAME	VALUE
CARTS	10000.000
KASSA	10006.000
MET1	6.000
MET2	9.000
OPLATA	10004.000
OUT	12.000
POK_KASSA	10005.000
PRIL1	10001.000
PRIL2	10002.000
PRIL3	10003.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
	1	GENERATE	389	0	0	
	2	ENTER	389	0	0	
	3	TRANSFER	389	0	0	
	4	ADVANCE	297	1	0	
	5	ASSIGN	296	0	0	
MET1	6	TRANSFER	388	0	0	
	7	ADVANCE	231	2	0	
	8	ASSIGN	229	0	0	
MET2	9	TRANSFER	386	0	0	
	10	ADVANCE	311	1	0	
	11	ASSIGN	310	0	0	
OUT	12	QUEUE	385	0	0	
	13	ASSIGN	385	0	0	
	14	SEIZE	385	0	0	
	15	DEPART	385	0	0	
	16	ADVANCE	385	1	0	
	17	RELEASE	384	0	0	
	18	LEAVE	384	0	0	
	19	TERMINATE	384	0	0	
	20	GENERATE	1	0	0	
	21	TERMINATE	1	0	0	

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY
KASSA	385	0.498	37.278	1	387	0	0	0

0

QUEUE RETRY	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)
KASSA	2	0	385	229	0.157	11.747	28.990 0

STORAGE DELAY	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY
CARTS	1000	995	0	7	389	1	4.310	0.004	0 0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
387	0	28817.420	387	16	17	1	11.290
391	0	28826.000	391	0	1		
386	0	28837.458	386	10	11	1	9.455
390	0	28848.729	390	4	5		
388	0	28855.832	388	7	8	1	2.199
389	0	28870.889	389	7	8	1	3.225
392	0	57600.000	392	0	20		

7. Обговорення.

Протягом робочого дня до магазину увійшло 389 покупців. 296 покупців зробили покупки і 1 покупець ще затримався біля першого прилавка, 229 покупців зробили покупки і ще двоє затрималися біля другого прилавка, 310 покупців зробили покупки і 1 покупець затримався біля третього прилавка. До каси підійшло 385 покупців. На кінець моделювання 384 покупця вже вийшли з магазину, один покупець обслуговується касиром. Касир був зайнятий майже 50% робочого часу. У середньому на обслуговування одного покупця касир витрачав близько 37,3 с. Протягом усього періоду моделювання було взято одночасно 7 кошиків, ресурс багатоканального пристрою використовувався на 0,4%.

Завдання

Варіант 1

1.1. На одноканальний комутатор автоматизованої телефонної станції надходять заявки на телефонні розмови кожні 1 – 3 хвилини. Середня тривалість однієї розмови – 2 хв. Комутатор час від часу виходить з ладу. Середній час напрацювання на відказ дорівнює 1 000 хв. Для усунення несправності у середньому потрібно 100 хв. Якщо заявка на розмову надійде в момент, коли комутатор несправний, то заявка загубиться.

Побудувати GPSS-модель роботи станції протягом семи днів. Визначити коефіцієнт завантаження комутатора.

1.2. На склад по запасні частини приходять робітники. По запасні частини першого типу робітники приходять з періодичністю 10 ± 5 хв. і обслуговуються протягом 7 ± 4 хв., по запасні частини другого типу робітники приходять кожні 7 ± 3 хв. і обслуговуються 5 ± 2 хв. Оскільки важливішими є замовлення на запасні частини першого типу, то робітники, що прийшли по них, обслуговуються у першу чергу. По запасні частини третього типу робітники приходять двічі на годину і обслуговуються поза чергою.

Промодельовати роботу складу протягом 8-годинної робочої зміни, якщо на складі працює три комірники. Після 3 – 4 відпрацьованих годин дозволяється одна перерва на 30 – 40 хв.

1.3. На СТО працює 3 механіки, які виконують ремонт машин. Інтервали приїзду машин на ремонт розподілені за нормальним законом з параметрами (20, 5). Час ремонту розподілений так:

Вид ремонту	Частка машин, %	Час ремонту, хв.
1	50	до 40
2	30	40 – 70
3	20	70 – 100

Промодельовати роботу СТО протягом 12 годин.

1.4. У художній майстерні працює 2 художника-портретиста і фотограф. Час, потрібний художнику для малювання портрета, складає $1,5 \pm 0,5$ години. Вартість портрета складає 45 грн. Час, потрібний фотографу для проведення фотосесії та її вартість, розподілені наступним чином:

Частка замовлень, %	5	25	30	15	25
Кількість знімків	5	10	15	20	25
Час, хв.	10	25	40	50	65
Вартість фотосесії, грн	35	60	75	90	110

Клієнти, що бажають замовити портрет, приходять щогодини, а якщо обидва художника зайняті, то залишають майстерню. Клієнти, що бажають замовити фотосесію, приходять кожні 40 ± 10 хв. і чекають на обслуговування тільки в тому випадку, якщо в черзі не більше 5 осіб.

Промодельовати роботу художньої майстерні. Оцінити час, необхідний для обслуговування 10 клієнтів.

Варіант 2

2.1. У ремонтний підрозділ з одним каналом обслуговування надходять засоби зв'язку, що вийшли з ладу і потребують поточного ремонту. Інтервали часу надходження несправних засобів зв'язку розподілені рівномірно в інтервалі 18 ± 6 годин. Час ремонту теж розподілений рівномірно в інтервалі 16 ± 4 години. Ремонт виконується по мірі надходження: першим надійшло – першим відремонтовано.

Промодельювати функціонування ремонтного підрозділу протягом 10 діб, зібравши статистику за чергою. Врахувати можливість технічної перерви на 2 години наприкінці кожної доби.

2.2. Троє викладачів проводять консультації для студентів. Вид консультацій, час приходу студентів і час консультації наведені нижче.

Вид консультації	Час приходу студентів, хв.	Час консультації, хв.
3 теоретичного матеріалу	15 ± 10	15 ± 5
3 практичної роботи	20 ± 5	15 ± 10

Промодельювати роботу викладачів. Оцінити час, необхідний для консультиування 10 студентів.

2.3. У відділенні банку працює два вікна на прийом платежів. Вид платежу, частота появи і тривалість обслуговування розподілені так:

Вид платежу	Частота появи	Час обслуговування, хв.
Комунальні платежі	0,6	10 – 20
За навчання	0,25	8 – 10
За Інтернет	0,15	5 – 7

Записати GPSS-модель роботи відділення банку, якщо час приходу клієнтів на оплату розподілений за експоненціальним законом із середнім часом 5 хв.

2.4. У відділенні лікарні працює два лікарі. До першого лікаря приходять пацієнти трьох типів: звичайні відвідувачі, інваліди та люди похилого віку. Люди похилого віку обслуговуються поза чергою, а інваліди приєднуються до загальної черги. Час приходу звичайних відвідувачів 20 ± 2 хв., інвалідів – 30 ± 10 хв., а людей похилого віку – 40 ± 15 хв. На прийом одного пацієнта лікар витрачає 15 хв. незалежно від категорії. Після огляду 20% пацієнтів направляється на додаткове обстеження іншим лікарем, де пацієнти затримуються з імовірністю 0,5 на 30 хв., з імовірністю 0,3 на 40 хв., та з імовірністю 0,2 на 55 хв. Останні пацієнти покидають лікарню.

Записати GPSS-модель роботи двох лікарів протягом 8-годинного робочого дня.

Варіант 3

3.1. На СТО працює механік, який може виконати 3 види ремонту. Інтервали приїзду машин на ремонт та час обслуговування (ремонту) розподілені так:

Вид ремонту	Інтервали приїзду машин	Час ремонту
1	40 ± 10	30 ± 20
2	60 ± 15	50 ± 10
3	240 ± 60	110 ± 20

Промодельювати роботу СТО протягом доби, врахувавши можливість трьох перерв (по 1 год.) після кожних 7 – 8 відпрацьованих годин. Проаналізувати отримані результати.

3.2. На СТО працює 2 механіки, кожен з яких може виконати 2 види ремонту (1-й і 2-й). Є ще один механік, який виконує 3-й вид ремонту. Інтервали приїзду машин на ремонт та час обслуговування (ремонту) розподілені так:

Вид ремонту	Інтервали приїзду машин, хв	Час ремонту, хв.
1	40 ± 10	30 ± 20
2	50 ± 10	50 ± 10
3	150 ± 60	90 ± 20

Промодельювати роботу СТО протягом 16 годин, врахувавши можливість двох перерв після кожних 6 відпрацьованих годин.

3.3. На пакування надходять дитячі іграшки. Час надходження рівномірно розподілений на інтервалі від 1 до 3 хвилин. Іграшки пакуються на чотирьох робочих місцях. Час пакування розподілений наступним чином:

Частка іграшок, %	20	30	15	35
Час пакування, хв.	5	7	10	12

Після пакування іграшки передаються на склад.

Записати GPSS-модель роботи пакувальників. Підрахувати кількість упакованих іграшок.

3.4. На обчислювальну систему, що містить три процесори, надходить експоненціальний потік завдань із середнім інтервалом надходження 140 одиниць модельного часу. Кожне завдання з

імовірністю 0,2 відноситься до одного з п'яти видів: 1, 2, 3, 4 або 5. Середній час обслуговування завдань кожного виду складає відповідно 90, 100, 110, 120 і 130 одиниць модельного часу. Побудувати GPSS-модель, що дозволяє оцінити середні значення часу очікування завдань кожного типу.

Варіант 4

4.1. У магазині працює два продавці: один у відділі хлібобулочних виробів, а другий – у відділі молочних продуктів. По хлібобулочні вироби покупці приходять з періодичністю 5 ± 3 хв., по молокопродукти – кожні 10 хв. Час обслуговування покупців першим продавцем – 5 ± 2 хв., а другим – 7 ± 2 хв. Протягом години приходять три покупці, які купують спочатку хліб, а потім і молочні продукти.

Промодельювати роботу магазину протягом доби. Перерви в роботі допустимі на 10 – 20 хв., кожні 4 ± 0.5 години, але не більше 5 перерв.

4.2. У швейному цеху працює 2 кравці та 4 швачки. У цеху виготовляються жіночі костюми-трійки. Кравець повністю розкроює костюм, швачка повністю шиє його сама. Вихідні дані задачі наведені в таблиці.

	Час на виконання роботи, хв.	
	розкрій	пошиття
Спідниця	10 ± 3	30 ± 10
Брюки	15 ± 5	60 ± 5
Жакет	25 ± 10	120 ± 15

Записати GPSS-модель роботи швейного цеху протягом 10-годинного робочого дня. Визначити, скільки костюмів буде пошито.

4.3. Вхідний потік деталей до цеху описується нормальним законом з параметрами (7, 3). Деталі обробляються групою верстатів (20 шт.). Тривалість обробки групою верстатів розподілена так:

Відносна частота, %	15	43	31	11
Тривалість обробки, хв.	4	5	2	1

Після обробки деталі надходять до відділу технічного контролю, де працює один робочий. Тривалість контролю – 1 ± 0.5 хв.

Побудувати GPSS-модель обробки деталей у цеху протягом 8-годинної зміни зі збором статистики за чергами. Визначити характеристики роботи наведеної системи масового обслуговування.

4.4. У перукарні є два зали – чоловічий і жіночий. Вихідні дані наведені в таблиці. Вважатимемо, що всі клієнти бажають підстригтися,

45% чоловіків бажають поголитися, а 30% жінок – пофарбувати волосся.

	Чоловіки		Жінки	
	Час, хв.	Вартість, грн	Час, хв.	Вартість, грн
Прихід клієнтів	50 ± 10	–	40 ± 15	–
Стрижка	20 ± 5	Від 7 до 15	40 ± 10	Від 10 до 30
Гоління	15 ± 4	Від 5 до 8	–	–
Фарбування волосся	–	–	40 ± 15	Від 5 до 30

Промодельювати роботу перукарні протягом 8 годин зі збором статистики за чергами. Визначити, які послуги і в якій кількості були надані протягом робочого дня.

Варіант 5

5.1. У швейному цеху працює 1 кравець та 1 швачка. У цеху виготовляються жіночі костюми-трійки. Кравець повністю розкроює костюм, швачка повністю шиє його сама. Вихідні дані задачі наведені в таблиці.

	Час на виконання роботи, хв.	
	Розкрій	пошиття
Спідниця	10 ± 3	30 ± 10
Брюки	15 ± 5	60 ± 5
Жакет	25 ± 10	120 ± 15

Записати GPSS-модель роботи швейного цеху. Оцінити час, потрібний для пошиття 12 костюмів.

5.2. У масажний кабінет, в якому працює три масажисти, приходять клієнти двох типів. Клієнти першого типу приходять кожні 15 – 45 хв. на профілактичний масаж, який триває 30 – 40 хв. Клієнти другого типу приходять з періодичністю 10 – 20 хв. і обслуговуються у масажиста протягом 20 – 30 хв. Після масажу клієнти плавають протягом 30 хв. у басейні і залишають салон.

Промодельювати роботу масажного кабінету протягом 6-годинного робочого дня. Вважати, що в басейні одночасно може знаходитись не більше 10 осіб.

5.3. Супермаркет працює 14 годин на добу. Час приходу покупців описується нормальним законом розподілу з параметрами (2, 0.25).

Спочатку покупці обирають товар протягом 15 – 20 хвилин, а потім ідуть до каси. Час обслуговування біля каси залежить від кількості обраних товарів (2 с на одиницю товару). Розподіл кількості покупок наступний:

Частка покупців, %	20	30	50
Кількість покупок, од.	від 2 до 7	від 7 до 10	від 10 до 20

Промодельювати роботу супермаркету протягом 5 днів, якщо в ньому працює сім кас.

5.4. Потрібно змодельювати розв'язання завдань у двопроцесорним комп'ютером зі спільною пам'яттю, розділеною на вісім блоків. Кожному завданню відводиться при його розв'язанні один блок. Інтервали часу між надходженнями завдань розподілені рівномірно в інтервалі $[2, 14]$ одиниць часу, час обробки завдання підпорядкований експоненціальному закону з інтенсивністю $\nu_1=5$ у процесорі CPU1 і з $\nu_2=2$ в процесорі CPU2.

Після обробки чергового завдання з імовірністю 0,6 можливе звернення до зовнішньої пам'яті, в якій час обслуговування розподілений рівномірно в діапазоні $[2, 8]$. З імовірністю 0,4 завдання виявляються розв'язаними і залишають систему.

Моделювання виконати на відрізок часу, що відповідає розв'язанню 100 завдань.

Варіант 6

6.1. На автовокзалі працює дві каси. У першій касі продаються квитки на місцеві автобуси, а в другій – на автобуси дальнього сполучення. Час обслуговування у першій касі – 2 хв., а в другій – 4 хв. До першої каси пасажери підходять кожні 3 – 5 хв., а до другої – кожні 7 хв. У другу касу перший клієнт прийде тільки об 11.00. Робочий день починається о 8.00.

Перша каса кожні 3 години, а друга – кожні 2 години зачиняються на технічну перерву (15 хв.).

Промодельювати роботу кас автовокзалу протягом 12 годин робочого дня, зібравши статистику за чергами.

6.2. Обчислювальна система включає три ЕОМ. У систему в середньому через 30 с надходять завдання, які потрапляють в чергу на обробку до будь-якої з ЕОМ, де вони обробляються близько 30 с. в першому режимі і 14 ± 5 с у другому режимі.

Змодельювати 4 год. роботи системи. Визначити необхідну місткість накопичувачів перед ЕОМ, коефіцієнти завантаження системи.

6.3. Вхідний потік пацієнтів до терапевта має пуассонівський характер з інтенсивністю 6 осіб у годину. Тривалість терапевтичного огляду розподілена так:

Відносна частота, %	15	43	31	11
Тривалість огляду, хв.	10	12	20	15

Після огляду терапевт робить запис про стан здоров'я пацієнта. Тривалість запису – 5 ± 2 хв.

Побудувати GPSS-модель терапевтичного огляду протягом 8-годинної зміни зі збором статистики за чергою. Визначити характеристики роботи наведеної системи масового обслуговування.

6.4. Обчислювальна система складається з трьох комп'ютерів. З інтервалом 3 ± 1 хв. у систему надходять завдання, які з імовірністю $P_1 = 0,4$, $P_2 = P_3 = 0,3$ адресуються одному з трьох комп'ютерів. Перед кожним комп'ютером є черга завдань, довжина якої не обмежена. Після обробки завдання на першому комп'ютері воно з імовірністю $P_{12} = 0,3$ надходить в чергу до другого комп'ютеру і з імовірністю $P_{13} = 0,7$ – в чергу до третього комп'ютеру. Після обробки на другому або третьому комп'ютері завдання вважається виконаним. Тривалість обробки завдань на різних комп'ютерах характеризується інтервалом часу: $T_1 = 7 \pm 4$ хв., $T_2 = 3 \pm 1$ хв., $T_3 = 5 \pm 2$ хв.

Змоделювати процес обробки 200 завдань. Визначити максимальну довжину кожної черги і коефіцієнти завантаження комп'ютерів.

Варіант 7

7.1. Робочий день перукарні починається о 8.00 ранку. До перукаря приходять клієнти двох типів: перші – підстригтися, другі – пофарбувати волосся. Обслуговування першого типу клієнтів продовжується 20 ± 5 хв., а другого – 30 ± 10 хв. Клієнти першого типу приходять кожні 20 – 40 хв., клієнти другого типу приходять кожні 40 ± 10 хв., причому перший клієнт цього типу прийде тільки об 11.00 ранку.

Промоделювати роботу перукарні, якщо робочий день триває до 19.00, а перерва в роботі – з 13.00 до 14.00. Зібрати статистику за чергою.

7.2. Морський порт має два причали – один на 9 місць, а другий – на 6. Кожні 5 – 20 годин прибувають малі судна, які швартуються біля другого причалу і за своєю довжиною займають 2 місця на період 2 – 10

годин. Кожні 30 годин прибувають великі судна, які швартуються біля першого причалу і за своєю довжиною займають 3 місця на 12 – 18 годин.

Промодельовати роботу порту протягом трьох місяців за умови цілодобової роботи.

7.3. Вхідний потік покупців до магазину має рівномірний характер на інтервалі 5 – 30 хв. У магазині працюють три прилавки, де можна зробити рівнозначні покупки. Тривалість обслуговування біля будь-якого з трьох прилавків розподілена експоненціально із середнім значенням, що залежить від кількості покупок:

Кількість покупок	4	2	5	1
Середня тривалість обслуговування, хв.	8	2	9	1

Кількість покупок розподілена так:

Відносна частота, %	15	40	25	20
Кількість покупок	4	2	5	1

Після оплати покупці залишають магазин.

Промодельовати роботу магазину протягом 10-годинного робочого дня. Проаналізувати отримані результати.

7.4. Абітурієнти приходять у приймальню комісію нашого університету. Прийом документів на кожну спеціальність обслуговує 1 секретар. Процедура прийому документів наступна: 1) фотографування – 2 хв., 2) написання заяви – 10 хв., 3) передача документів та їх перевірка секретарем – 15 – 25 хв. Фотографування проводиться в окремому кабінеті, куди приходять усі абітурієнти незалежно від того, на який факультет вони подають документи. Написання заяви, передача документів та їх перевірка відбуваються у секретаря.

Час приходу абітурієнтів розподілений за пуассонівським законом розподілу з середнім часом 30 с., причому тільки 25% від усіх абітурієнтів бажають подати документи на факультет економічної інформатики на одну з трьох спеціальностей: економічна кібернетика (ЕК), економічна статистика (ЕС), інформаційні управляючі системи та технології (ІС) факультету економічної інформатики. Останні подають документи на інші факультети. З тих, хто подає документи на факультет економічної інформатики, 35% йдуть до секретаря ЕК, 25% – до секретаря ЕС, 40% – до секретаря ІС.

Промодельовати роботу приймальної комісії протягом 9-годинного робочого дня. Визначити: а) скільки абітурієнтів подасть заяви на кожну спеціальність; б) яке навантаження припадає на кожного секретаря; в) скільки абітурієнтів встигли сфотографуватися.

Варіант 8

8.1. На склад по товар приходять продавці. По товар першого виду продавці приходять з періодичністю 20 ± 15 хв. і обслуговуються протягом 25 хв., по товар другого виду продавці приходять двічі на годину і обслуговуються 25 ± 10 хв. Оскільки важливішими є замовлення на товар другого типу, то продавці, що прийшли по нього, обслуговуються у першу чергу.

Промодельовати роботу складу протягом 10-годинного робочого дня, якщо на складі працює один комірник.

8.2. У морському порту є два причали: старий і новий. Біля старого причалу одночасно можуть швартуватися два судна. Тут працюють два портові крани, що проводять розвантаження-вантаження судна за 40 ± 10 год. Біля нового причалу є місце для п'яти судів. Тут працюють три крани, що проводять розвантаження-вантаження за 20 ± 5 год. Судна прибувають в акваторію порту кожні 7 ± 3 год. А кожні 9 ± 3 год. прибувають судна, що мають пріоритет в обслуговуванні. В очікуванні місця біля причалу судно кидає якір на рейді. Для швартовки і відходу судна від причалу треба по 1 год. часу. Суднам, що мають пріоритет в обслуговуванні, місце біля причалу надається в першу чергу. Розвантаження-вантаження судна завжди проводить один кран.

Змодельовати процес початку навігації в морському порту за умови, що в акваторію порту зайшли 150 суден. Підрахувати число суден, обслугованих на кожному причалі, і зафіксувати максимальну кількість суден на рейді. Визначити середній час очікування місця біля причалу окремо для суден, що мають і не мають пріоритету в обслуговуванні, а також коефіцієнти завантаження портових кранів.

8.3. На склад по запасні частини приходять робітники. По запасні частини першого типу робітники приходять з інтервалом часу, рівномірно розподіленим на інтервалі 7 – 15 хв. По запасні частини другого типу робітники приходять кожні 7 ± 3 хв. Оскільки важливішими є замовлення на запасні частини першого типу, то робітники, що прийшли по них, обслуговуються у першу чергу.

Час обслуговування робітників, що прийшли по деталі першого типу, розподілений наступним чином:

Відносна частота, %	15	20	5	60
Тривалість обслуговування, хв.	3	5	2	4

Час обслуговування робітників, що прийшли по деталі другого типу, складає 5 ± 2 хв.

Промодельювати роботу складу протягом 8-годинної робочої зміни, якщо на складі працює три комірники. Зібрати статистику за чергами.

8.4. На автомийку, де надаються 3 послуги, приїжджають автомобілі. Час їх прибуття рівномірно розподілений на інтервалі 15 – 25 хв.

Послуга	Мийка кузова	Полірування кузова	Чистка салону
Час обслуговування, хв.	20	30 ± 10	40 ± 15
Вартість послуги, грн	Від 25 до 35	Від 45 до 100	Від 30 до 70
Частка авто, що користуються даною послугою, % від усіх авто, що приїхали на автомийку	90	70	55

Промодельювати роботу автомийки протягом 10-годинного робочого дня, зібравши статистику за чергами на кожну послугу. Обчислити, в якому обсязі була надана кожна з послуг (кількість автомашин, що скористалися послугою).

Варіант 9

9.1. На пристрій автоматизованої обробки інформації надходять заявки кожні 1 – 2 хв. Середня тривалість обробки – 2 хв. Пристрій час від часу виходить з ладу. Середній час напрацювання на відмову дорівнює 1 000 хв. Для усунення несправності у середньому потрібно 100 хв.

Побудувати модель роботи пристрою протягом 96 годин.

9.2. У ремонтний підрозділ з двома каналами обслуговування надходить техніка, що вийшла з ладу і потребує поточного ремонту. Інтервали часу надходження несправної техніки розподілені рівномірно в інтервалі 5 ± 3 години. Час ремонту теж розподілений рівномірно в

інтервалі 9 ± 2 години. Ремонт виконується по мірі надходження: першим надійшло – першим відремонтовано.

Промодельювати функціонування ремонтного підрозділу протягом 15 діб, причому кожні 2 доби робиться технічна перерва на 4 години.

9.3. Державна екзаменаційна комісія приймає захист дипломних робіт. Час представлення дипломної роботи розподілений за нормальним законом розподілу з параметрами (10; 2). Після доповіді студент отримує ряд додаткових запитань, відповідь на кожне з яких триватиме 2,5 хв. Кількість додаткових запитань та ймовірність, з якою вони будуть задані, представлена в таблиці.

Імовірність	0,2	0,3	0,3	0,2
Кількість запитань	3	5	8	12

Промодельювати роботу ДЕК протягом 5 годин, відведених на захист дипломних робіт. Вважати, що на захист прийшли 10 студентів одночасно до початку роботи ДЕК. Зробити висновки.

9.4. Розподілений банк даних системи збору інформації організований на базі комп'ютерів, з'єднаних дуплексним каналом зв'язку. Запит, що надходить, обробляється на першому комп'ютері і з імовірністю 50% необхідна інформація виявляється на місці. Інакше необхідне посилання запиту до другого комп'ютера. Запити надходять через 10 ± 3 с, первинна обробка запиту займає 2 с, видача відповіді вимагає 18 ± 2 с, передача по каналу зв'язку займає 3 с. Часові характеристики другого комп'ютера аналогічні першій.

Змодельювати проходження 400 запитів. Визначити необхідну місткість накопичувачів перед комп'ютерами, що забезпечує безвідмовну роботу системи.

Варіант 10

10.1. Два суднохідні канали з'єднані між собою шлюзом, який дозволяє переправляти судна з одного каналу в інший. Час заповнення шлюзу водою складає 25 хв., час переміщення судна в шлюзі до іншого каналу – 20 хв., а час спуску води зі шлюзу – 10 хв. Шлюз працює в одному напрямку, тому для повернення шлюзу в вихідне положення відведено 10 хв.

Промодельювати роботу шлюзу, якщо судна прибувають кожні 50 ± 10 хв. Оцінити час, необхідний для переправлення в другий канал

15 суден. Зробити висновки та внести пропозиції щодо покращення роботи системи.

10.2. На обчислювальну систему, що містить три процесори, надходить потік завдань із середнім інтервалом надходження 140 одиниць модельного часу. Завдання обслуговується одним із процесорів протягом 90 – 130 одиниць модельного часу.

Побудувати модель, що дозволяє оцінити середні значення часу очікування завдань на обслуговування.

10.3. Екзаменатор приймає екзамен у студентів. Інтенсивність приходу студентів на екзамен – 10 студентів за годину. Для підготовки до відповіді студент має 20 ± 5 хв. Після відповіді на основні запитання студент отримує ряд додаткових запитань, тривалість відповіді на які розподілена наступним чином:

Імовірність	0,2	0,3	0,3	0,2
Тривалість відповіді, хв.	3	5	6	4

Промодельювати роботу екзаменатора протягом 5 годин. Визначити, скільки студентів встигне скласти екзамен. Зробити висновки. Внести пропозиції щодо покращення роботи модельованої системи.

10.4. Час надходження деталей до цеху розподілений рівномірно на інтервалі від 3 до 8 хв. 40% деталей оброблюється першою групою верстатів, до якої входять п'ять верстатів (тривалість обробки – 7 ± 3 хв.). Ця група верстатів дає 3% браку, що визначається контролером (2 ± 1 хв.). Усі браковані деталі повторно оброблюються на своїй групі верстатів. 60% деталей оброблюється другою групою верстатів (три верстати), причому тривалість обробки залежить від поточної довжини черги:

Довжина черги	Тривалість обробки, хв.
≤ 12	7
> 13	5

Після обробки деталі залишають цех. Побудувати GPSS-модель функціонування системи протягом восьмигодинного робочого дня та зробити висновки.