МОДЕЛЮВАННЯ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМАХ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Рогаль Богдан Андрійович
магістрант спеціальності 014.09 Середня освіта (Інформатика, математика, STEM-освіта),
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,
bogdan.rogal3636@gmail.com
Грод Інна Миколаївна
кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформатики та методики її навчання,
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,
grodin@tnpu.edu.ua

Моделі масового обслуговування – це найбільш часто використовуваний клас моделей з випадковими факторами, що визначається повсюдністю даного типу систем.

На сьогоднішній день розроблено безліч моделей систем масового обслуговування, які мають аналітичне рішення. Але вони далеко не вичерпують всі способи, якими функціонують реальні сервісні системи. Крім того, припущення, що лежать в основі існуючих аналітичних моделей, не завжди виправдовуються на практиці.

Ефективним методом вирішення завдань з теорії масового обслуговування, а також багатьох інших, що не мають аналітичного рішення, є метод статистичного моделювання, який передбачає імітацію процесів, що відбуваються в досліджуваній системі на комп’ютері. У цьому випадку математичний опис процесу дається алгоритмічно. Алгоритм моделювання багаторазово відтворює досліджуваний випадковий процес, накопичує інформацію про його перебіг і після обробки дає оцінки показників продуктивності системи. Метою будь-якого комп’ютерного експерименту є збір інформації про значення змінних моделі, що спостерігаються під час експерименту, і стани черги, що виникають під час моделювання.

Було розглянуто наступну задачу: система масового обслуговування отримує звичайний, стаціонарний потік однорідних подій з обмеженим післяефектом і заданим розподілом *інтервалів часу F1(t)* між приходом послідовних вимог. Якщо на момент запиту є точки доступу, послуга запускається відразу. Якщо всі точки доступу зайняті, запит ставиться в чергу і відправляється в об’єкт Час обслуговування *T* є випадковою величиною з відомим розподілом *F2(t) для кожної точки доступу.* Немає обмежень на кількість джерел попиту, довжину черги та час, необхідний для очікування або перебування в системі. Необхідно визначитися з характеристиками системи: час простою точки доступу, середня довжина черги, середня кількість вимог в системі, середній час очікування на одну потребу в обслуговуванні.

У практичних задачах, пов’язаних з вивченням вхідного потоку вимог, зручно вивчати *розподіл часових інтервалів між виникненням сусідніх вимог* замість розподілу числа вимог *k на інтервали часу* t. Імовірність того, що в проміжок *часу t* після надходження однієї з вимог не буде попиту, відповідно до закону Пуассона [1], відповідає формулі $pnt = (\lambda t)n2e\text{-}\lambda t$, де – деяка константа; n – деяке ціле число.

Для моделювання черги в системі масового обслуговування згідно із зазначеною постановкою задачі, можна використати алгоритм подій. Програма повинна генерувати випадкові значення для величин А (проміжки між приходами клієнтів) та В (тривалість обслуговування), обчислювати всі інші зазначені величини і збирати статистику для обчислення середніх значень і дисперсій величин G (час, проведений в черзі) і H (час фахівця в очікуванні клієнта).

Основний алгоритм програми може мати такий вигляд:

1. Ініціалізувати змінні: чергу (queue) і поточний час (current_time).

```
queue = []
current_time = 0
```

2. Згенерувати випадкове значення для А (проміжок між приходами клієнтів).

```
A = random.randint(0, w1)  # Випадковий проміжок між приходами покупців
```

3. Збільшити поточний час на значення А.

4. Якщо черга порожня, згенерувати випадкове значення для В (тривалість обслуговування) і додати клієнта в чергу.

5. Якщо черга не порожня, клієнт додається до черги із значенням С (умовний час приходу).

6. Якщо фахівець вільний (черга має лише одного клієнта), обслуговування починається: збільшити поточний час на значення В; записати момент початку обслуговування (D); зберегти значення G (в черзі, в очікуванні обслуговування) та H (час, проведений фахівцем в очікуванні клієнта) для цього клієнта; збільшити поточний час на значення В; записати момент кінця обслуговування (E); зберегти значення F (тривалість часу, проведеного клієнтом на об’єкті в цілому) для цього клієнта; видалити клієнта з черги.

7. Повернутися до кроку 2, якщо поточний час не перевищує максимальний обсяг вибірки.

Створивши код симуляції черги, після завершення моделювання черги, можна обчислити середні значення і дисперсії величин G і H на основі зібраної статистики. Результат роботи програми можна проаналізувати, порівнюючи отримані середні значення і дисперсії з очікуваними значеннями. Якщо модель є адекватною, то отримані результати повинні бути близькими до очікуваних. Дослідження моделі може включати зміну параметрів А і В (наприклад, зміна розподілів або середніх значень) і спостереження за тим, як це впливає на середні значення і дисперсії величин G і H. Також можна провести експерименти зі зміною інших параметрів, наприклад, кількості фахівців або поведінки клієнтів, і вивчити їх вплив на систему масового обслуговування.

Важливо пам’ятати, що реальна система масового обслуговування може бути значно складнішою за цю спрощену модель, тому результати експериментів можуть бути корисними для визначення обмежень і можливих вдосконалень моделі.

Запускаємо нашу програму перший раз (рис. 1):

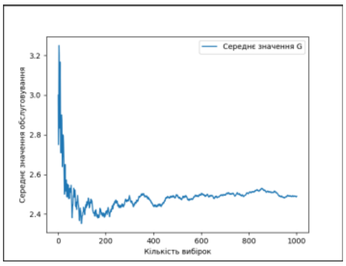

Рис. 1. Перший результат роботи програми

Аналізуючи наданий графік, можна відзначити, що з 1000 випадково вибраних осіб тривалість обслуговування спочатку була значною, але після приблизно 50-го клієнта різко знизилась і стабілізувалась на певному рівні.

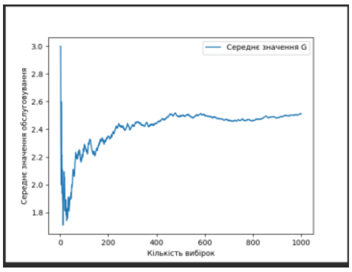

Рис. 2. Другий результат роботи програми

При аналізі другого графіка (рис. 2) можна відзначити, що початкова тривалість обслуговування була вже досить низькою, але з часом поступово збільшувалась і стабілізувалась на середньому рівні близько 2,5.

Розташовуючи функцію розподілу можна відповісти на будь-яке питання про характер процесу очікування в черзі.

Фактично створені проєкти частково показують значимість математичних моделей в суспільному житті, оскільки відповіді і розв’язки певного класу задач можна знайти наближено лише з допомогою комп’ютера.

Список використаних джерел

1. Балик Н. Р., Барна О. В., Василенко Я. П., Грод І. М., Мартинюк О. М., Мартинюк С. В., Олексюк В. П. Вибрані питання комп’ютерного моделювання процесів і явищ: колективна монографія / за ред. Н. Р. Балик. Тернопіль : Підручники і посібники, 2022. 272 с.

ПРОЄКТНЕ НАВЧАННЯ ЯК ЕЛЕМЕНТ ВПРОВАДЖЕННЯ STEM-ОСВІТИ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНИХ ПРЕДМЕТІВ ПРИРОДНИЧОГО ЦИКЛУ

Симчак Руслан Васильович
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії та методики її навчання,
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,
symchakr@gmail.com

Сорока Ольга Володимирівна
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,
coroka912@gmail.com