

Тема 11.

Блоки, що забезпечують побудову моделі типу "багатоканальні СМО". Засоби GPSS World, що використовуються для забезпечення точності результатів імітаційного моделювання

11.1. Блоки, що забезпечують побудову моделі типу "багатоканальні СМО"

Два та більше пристроїв, призначених для обслуговування, можуть бути змодельовані на GPSS відповідною кількістю пристроїв, розташованих поруч, тобто паралельно. Це стосується випадку, коли окремі пристрої є різними, тобто мають різні характеристики, наприклад, інтенсивність обслуговування.

Однак часто паралельно працюючі пристрої є однорідними. Наприклад, автоматична телефонна станція, автобус, ПК, що працює в мультипрограмному режимі, тощо. GPSS передбачає для моделювання однорідних паралельних пристроїв спеціальний засіб — багатоканальний пристрій. БКП може використовуватися кількома транзактами одночасно. Обмежень на кількість БКП у моделі немає. Для того щоб їх розрізнити їм дають різні імена. БКП визначається до його використання командою STORAGE. Її формат такий:

<ім'я БКП> STORAGE A.

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

У моделі можна організовувати функціонування БКП у двох режимах:

займання та звільнення БКП; доступність і
недоступність БКП.

Займання та звільнення БКП імітують блоки ENTER (увійти) і LEAVE (вийти, залишити). Формати блоків:

ENTER A,B

LEAVE A,B

A – ім'я або номер БКП;

B – кількість пристроїв, що вивільняється.

Операнд A в обох блоках використовують для позначення імені відповідного БКП. Операнд B задає кількість пристроїв (каналів), які мають бути зайняті у блоці ENTER або звільнені у блоці LEAVE у момент потрапляння до них транзакта. Зазвичай, поле операнда B порожнє, і в цьому випадку за замовчуванням займається або звільняється один канал. Якщо B = 0,

то блок вважається недієздатним.

Під час входження транзакта у блок ENTER операнд А слугує для знаходження БКП із зазначеним іменем. Якщо такого БКП немає, то відбувається зупинка внаслідок помилки. Якщо БКП існує і задано операнд В, то планувальник його підраховує, округлює до цілого, й отриманий результат використовує для оцінювання вільної ємності (кількості вільних каналів). Транзакт може увійти до блока ENTER, якщо БКП перебуває в доступному стані і достатньо ємності для виконання замовлення. В іншому випадку транзакт переводиться до списку затримки пристрою згідно з його пріоритетом.

Коли транзакт заходить до блока ENTER, планувальник виконує такі дії:

збільшує на 1 лічильник входжень БКП;

збільшує на значення операнда В (за замовчуванням на 1) поточний вміст БКП;

зменшує на значення операнда В (за замовчуванням на 1) доступну ємність БКП.

Якщо транзакт перед входженням у блок ENTER подає запит на більшу кількість каналів, ніж та, яка визначена командою STORAGE, тобто її операнд А менший від операнда В блока ENTER, то виникає помилка.

БКП можна перевизначити, тобто змінити ємність ще однією командою STORAGE з тим самим іменем. Наприклад:

Вкр STORAGE 3

Повторний опис:

Вкр STORAGE 5

Імітацію обслуговування протягом певного проміжку часу в БКП також здійснюють блоком ADVANCE.

БКП, окрім ступеня зайнятості, характеризується поточною доступністю. На відміну від сукупності пристроїв, БКП може виявитися недоступним лише в цілому. Режим доступності БКП вводиться блоком SAVAIL, режим недоступності – блоком SUNAVAIL.

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

Недоступність БКП моделюють за допомогою блока SUNAVAIL. Формат блока такий:

SUNAVAIL А

Блок SUNAVAIL переводить БКП А у стан недоступності.

Якщо в час переведення в недоступний стан у БКП перебували транзакти, тобто поточний вміст БКП не дорівнював нулю, то обслуговування цих транзактів продовжується, поки поточний вміст БКП не буде дорівнювати нулю. Транзакти, які намагаються зайняти БКП у час перебування його в недоступному стані, не заходять до блока ENTER і заносяться до списку затримки БКП.

Перебування в недоступному стані триває до того часу, поки транзакт не увійде до блока SAVAIL. Формат блока:

SAVAIL A

Блок SAVAIL встановлює БКП A в доступний стан.

Якщо в момент відновлення доступності БКП у його списку затримки були транзакти, їм надається можливість зайняти БКП відповідно до дисципліни "first-fit-with-skip" (перший придатний з перервою). Ті транзакти, запити яких не можуть бути задоволені, залишаються у списку затримки.

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

11.2. Засоби GPSS World, що використовуються для забезпечення точності результатів імітаційного моделювання

Оцінка точності результатів моделювання пов'язана з побудовою довірчих інтервалів для вихідних змінних (відгуків) моделі. Кількість реалізацій (прогонів моделі) та час прогону для кожної реалізації моделі визначають точність результатів. Якщо модель детермінована, то для отримання точних результатів моделювання достатньо одного прогону. У загальному випадку дані одного прогону моделі є одиничною вибіркою або часовим рядом. Часовий ряд — кінцева реалізація випадкового процесу, тобто в результаті кожного прогону моделі утворюються часові ряди для кожного відгуку моделі досліджуваних стохастичних процесів. Для стохастичних моделей розглядають два режими роботи: перехідний і стаціонарний. Стаціонарний режим визначається стаціонарним процесом на виході моделі.

Якщо модель працює в перехідному режимі, то необхідну кількість прогонів моделі можна розрахувати за формулами:

$$N = t_{\alpha}^2 \frac{\rho(1-\rho)}{\varepsilon^2} + 1 \quad (11.1)$$

або

$$N = \frac{t_{\alpha}^2 \sigma^2}{\varepsilon^2} + 1, \quad (11.2)$$

де p – імовірність настання деякої події, що визначає стан модельованої системи;

σ^2 – середнє квадратичне відхилення;

ε – точність, може бути задана рівною $\pm 5\%$ від середнього значення величини, для якої будується довірчий інтервал при $\alpha = 0.95$;

t_{α} – табличне значення критерія Стюдента.

Після проведення прогонів моделі розраховуються оцінки загального середнього значення вихідної змінної та середньоквадратичного відхилення і будується довірчий інтервал для середнього значення. Більшість програмних засобів імітаційного моделювання забезпечують автоматичне проведення таких розрахунків. Так, у GPSS World для цього призначена процедура ANOVA. Після останнього прогону моделі достатньо викликати процедуру ANOVA, яка і побудує довірчі інтервали для вихідних змінних.

Якщо кількість прогонів невелика (менше ніж 30), то для побудови довірчого інтервалу використовують розподіл Стюдента (t -розподіл). За наявності більшого числа прогонів для визначення значення t_{α} можна використовувати нормальний розподіл.

Розглянемо детальніше процедуру ANOVA.

До більшості складних систем застосовний принцип Парето, згідно з яким 20 % факторів визначають властивості системи на 80 %. Тому першочерговим завданням дослідника імітаційної моделі є відсіювання незначущих факторів, що дозволить зменшити розмірність задачі оптимізації моделі.

Аналіз дисперсії (Analysis of Variation — ANOVA) оцінює відхилення спостережень від загального середнього. Потім варіація розбивається на частини, кожна з яких має свою причину. Залишкова частина варіації (residual), яку не вдається пов'язати з умовами експерименту, вважається його випадковою похибкою. Похибка оцінюється в середньоквадратичних відхиленнях. Зазвичай тільки ті ефекти, які перевищують величину СКВ, вважаються значущими. Для підтвердження значущості використовується спеціальний тест — F-статистика.

При імітації похибки дослідів можливо зробити незалежними, застосовуючи в різних дослідах різні послідовності випадкових чисел. Ці похибки не обов'язково повинні бути нормально розподіленими із загальною дисперсією, однак F-критерій мало чутливий до порушення нормальності.

Нижче наведений приклад ANOVA-таблиці.

ANOVA

Джерел о варіації	Сума квадратів	Степен і свобод и	Середні й квадрат	F	Критичне значення F ($p = 0.05$)
A	28.000	2	14.000	5.600	3.89
B	21.000	3	7.000	2.800	3.49
AB	11.000	6	1.833	0.733	3.00
Похибка	30.000	12	2.500		
Всього	90.000	23			

Рівень		Лічильни к	Середнє значення	Min	Max	95 % інтервал
A	B					
1	1	2	3.000	2.000	4.000	[0.564, 5.436]
1	2	2	1.000	1.000	1.000	[-1.436, 3.436]

Унизу таблиці загальна сума квадратів розділена, і компоненти її пов'язані з факторами та їх взаємодіями. Залишкова сума квадратів показана у рядку "Похибка". Середня сума квадратів похибкового члена використовується для оцінки СКВ експерименту.

Кожна сума квадратів має дільник, що дорівнює числу степенів свободи. Фактори і їх взаємодія у статистичній моделі представляються в таблиці окремими рядками. У кожному рядку маємо суму квадратів і степені свободи, пов'язані з цією оцінкою. З них виводяться інші необхідні величини. Просте ділення дає середній квадрат; діленням цієї величини на середньоквадратичну похибку з нижнього рядка таблиці отримуємо F- статистику для цього ефекту. Наведена таблиця показує, що ефект фактора A значущий, а ефекти B і AB незначущі.

Іноді експеримент не виявляє ефект, навіть якщо він реально існує. Одна з цілей — зробити таку ситуацію якомога найменш імовірною. Для цього є два шляхи: збільшити F-статистику або зменшити критичне значення. Бажано видалити частини суми квадратів похибок, пов'язані з будь-яким важливим фактором, що не включений в аналіз, — тоді F- статистика стане більшою. При

природньо-наукових експериментах це досягається проведенням їх в максимально однорідних умовах. При імітаційному моделюванні треба врахувати додаткові фактори, які впливають на результати експерименту.

Два інших підходи пов'язані зі збільшенням числа степенів свободи похибкового члена. Перший полягає у збільшенні кількості реплік. Це найбільш затратний, але простий і надійний шлях. Друга можливість пов'язана з плануванням експерименту і вдосконаленням статистичної моделі, покладеної в основу ANOVA. Середній квадрат похибки фактично і є залишком після видалення інших квадратів. Якщо віднайдемо прийнятний шлях зберегти більше даних після віднімання ефектів, отримаємо оцінку СКВ з більшим числом степенів свободи. Критичне значення F-статистики буде меншим, збільшиться потужність критерія. Саме це відбувається при ігноруванні деяких взаємодій.

У багатофакторних експериментах часто видаляють взаємодії високого порядку, щоб покращити ту інформацію про головні фактори і взаємодії низького порядку, які мають. Якщо взаємодії високого порядку відсутні, додаткові степені свободи використовуються для кращої оцінки F-статистики. Крім того, збільшення числа степенів свободи означає менше критичне значення F. У протилежному випадку краще використовувати додаткові репліки.

Не всі експерименти потребують "реплічного" вимірювання. При використанні метода латинських квадратів ANOVA здатна отримати оцінку СКВ і без того. Коли ANOVA не може розрахувати F-статистику, необхідно додати репліки, або видалити зі статистичної моделі взаємодії високого порядку. Обидва ці підходи потребують зміни в організації виклику ANOVA. Однак більш ефективними методами покращення статистичної значущості результатів є зменшення їх дисперсії.

Висновки

1. Багатоканальні пристрої призначені для моделювання однорідних паралельних пристроїв. БКП визначаються до їх використання в моделі.
2. Обслуговування транзакта багатоканальним пристроєм не може бути перерване.
3. Оцінка точності результатів моделювання пов'язана з побудовою довірчих інтервалів для вихідних змінних (відгуків) моделі. Для цього в GPSS World призначена процедура ANOVA

Контрольні запитання та завдання

1. Дайте визначення багатоканального пристрою.
2. Назвіть відмінності пристрою від багатоканального пристрою з ємністю 1.
3. Назвіть блоки, що забезпечують побудову моделі типу "багатоканальні СМО". Особливості їх роботи.
4. Назвіть засоби GPSS World, які використовуються для забезпечення точності результатів імітаційного моделювання. Дайте їх коротку характеристику.