

УДК 681.322:621.39

Ю.О. Гунченко¹, А.А. Гончарук², А.С. Шворов³¹ Одеський національний політехнічний університет, Одеса² Військова академія, Одеса³ в/ч К 1410, Київ

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ТРЕНАЖЕРНО-МОДЕЛЮЮЧОЇ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ ПІДРОЗДІЛІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті розроблена аналітична модель функціонування обчислювальної мережі тренажерно-моделюючої системи підготовки підрозділів спеціального призначення, за допомогою якої визначаються продуктивність ЕОМ та загальна орієнтована вартість системи.

Ключові слова: аналітична модель, обчислювальна мережа, тренажерно-моделююча система, підрозділи спеціального призначення.

Вступ

Зростання об'ємів навчальної інформації в обчислювальній мережі (ОМ) тренажерно-моделюючої системи (ТМС) підготовки фахівців спецпідрозділів (ФСП) призводять до різкого перенавантаження обчислювальної мережі, а в деяких випадках – до неточного відтворення навчально-інформаційної моделі (НІМ) тактичної обстановки у форматі 3d.

Обґрунтування вимог до ОМ передбачає проведення попередніх досліджень, необхідних для визначення техніко-економічних характеристик системи, при яких забезпечуються моделювання та імітація запланованої тактичної обстановки із заданим часовим циклом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що одним із шляхів визначення необхідних техніко-економічних оцінок системи є розробка та використання методів математичного моделювання. У даний час для одержання різних техніко-економічних оцінок розроблена досить велика кількість аналітичних моделей функціонування ОМ [1 – 6].

Однак, у даних моделях не повною мірою враховуються технічні та економічні характеристики ТМС для імітації тактичної обстановки у форматі 3d та можливість обробки інформації в умовах впливу збоїв на ОМ.

Мета досліджень. Розробка моделі функціонування ОМ для визначення техніко-економічних характеристик ТМС.

Виклад основного матеріалу дослідження

На початковому етапі проектування ТМС на базі локальної мережі ЕОМ виникає необхідність в обґрунтуванні техніко-економічних параметрів обчислювальної системи. При цьому передбачається, що ТМС складається з сервера (провідної ЕОМ), з'єднаного з персональними ЕОМ або вбудованими ЕОМ в шлеми ФСП.

Характерною рисою функціонування ТМС є те, що мережа ЕОМ повинна забезпечувати прийом, обробку й видачу інформації про НІМ за час, що не перевищує цикл відновлення інформації (ΔT_0) у форматі 3d про реальну тактичну обстановку. Очевидно, що для створення такої мережі ЕОМ треба, в першу чергу, визначити необхідну продуктивність кожної ЕОМ. Під необхідною продуктивністю ЕОМ розуміють середнє число наведених операцій, що виконуються машиною в одиницю часу з урахуванням усіх витрат часу: на введення й виведення інформації про НІМ, на виявлення й усунення збоїв, на обмін інформацією між оперативною й зовнішньою пам'яттю, базою знань і базою даних [7].

Таким чином, розрахунок необхідної продуктивності ЕОМ ТМС повинен здійснюватися з урахуванням впливу на ЕОМ короточасних переривань, а також відмов, які самоусуваються. При цьому необхідно враховувати, що відмови, які самоусуваються, призводять до переключування інформації про

НІМ, а в деяких випадках – і до порушення часового циклу імітації обстановки (ΔT_0) (функціонування ТМС). Для усунення наслідків впливу збоїв у цьому циклі (ΔT_0) виникає необхідність у перерахуванні відрізків програм, що знаходяться між моментом останнього контролю й моментом виникнення збою.

Таким чином, завдання початкового проектування ТМС зводиться до визначення необхідної продуктивності ЕОМ з урахуванням впливу збоїв на елементи ТМС у кожному циклі (ΔT_0) обробки й обміну інформації про НІМ.

Для розв'язання даного завдання представимо п структурно-функціональних елементів ТМС у вигляді розімкнутої стохастичної мережі, як показано на рис. 1.

Елементи ТМС характеризуються продуктивністю Y_1, \dots, Y_n , (обумовленою середньою кількістю наведених операцій, виконуваних ЕОМ за секунду); середньою кількістю оброблюваних повідомлень G_1, \dots, G_n , що поступають на вхід кожного з елементів за один цикл функціонування (ΔT_0), а також середньою кількістю наведених операцій $\theta_1, \dots, \theta_n$, які виконуються кожним елементом при обробці однієї заявки (одного повідомлення).

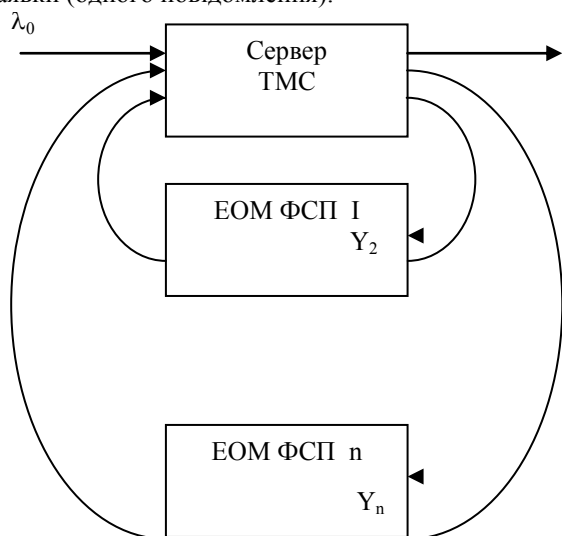


Рис. 1. Структура обчислювальної мережі ТМС

На вхід ЕОМ подаються сигнали синхронізації ТМС з інтенсивністю λ_0 :

$$\lambda_0 = \frac{1}{\Delta T_0}. \quad (1)$$

На кожний елемент впливає пуассонівський потік збоїв із середньою щільністю $\alpha_1, \dots, \alpha_n$. У всіх елементах ТМС здійснюється достовірний контроль їхнього функціонування й передбачається, що час перерахування відрізка програми між останнім контролем і моментом виникнення збоїв розподілено за експоненціальним законом з параметрами, відповідно для кожного елемента $\gamma_1, \dots, \gamma_n$.

Продуктивність кожного елемента ТМС (Y_1, \dots, Y_n) є функцією від вартості даного елемента (S_1, \dots, S_n) і може подаватися у вигляді лінійної за-

лежності. При цьому передбачається, що підвищення продуктивності i -го структурно-функціонального елемента ($i = \overline{1, n}$) може досягатися за рахунок збільшення вартості ЕОМ.

Продуктивність кожного елемента ТМС (Y_1, \dots, Y_n) є функцією від вартості даного елемента (S_1, \dots, S_n) і може подаватися у вигляді лінійної залежності. При цьому передбачається, що підвищення продуктивності i -го структурно-функціонального елемента ($i = \overline{1, n}$) може досягатися за рахунок збільшення вартості ЕОМ. Тому

$$S_i = K_i Y_i + K_i', \quad (2)$$

де K_i і K_i' – коефіцієнти пропорційності, що відбивають вартість одиниці продуктивності й додаткового встаткування i -го структурно-функціонального елемента.

При побудові моделі функціонування ТМС скористаємося аналогічними передумовами, що наведені у роботах [4, 5, 9]:

елементи ТМС розглядаються як незалежно функціонуючі системи масового обслуговування (СМО) з необмеженою чергою й дисципліною обслуговування в порядку надходження (FIFO);

конфігурація ТМС подається у вигляді розімкнутої стохастичної мережі (рис. 1);

на вхід кожної i -ї СМО надходить потік заявок з інтенсивністю λ_i ;

мережа функціонує в сталому режимі;

у кожній i -й СМО на процес обслуговування заявок впливає пуассонівський потік переривань (збоїв) із середньою щільністю α_i ;

після кожного переривання час дообслуговування заявок в i -й СМО визначається експоненціальним законом з параметром γ_i .

Постановка завдання оцінювання необхідної продуктивності ЕОМ ТМС формулюється в наступному вигляді.

Дано: n елементів ТМС, поданих у вигляді стохастичної мережі (рис. 1). Для кожного i -го ($i = \overline{1, n}$) елемента відомі: $\theta_i, \alpha_i, \gamma_i, G_i, K_i, K_i'$. Цикл функціонування ТМС дорівнює ΔT_0 . Необхідно визначити оптимальні значення Y_1, \dots, Y_n , при яких:

$$\begin{cases} M[\tau_\Sigma] \leq \Delta T_0; \\ S_\Sigma = \min_{Y_i} \left(\sum_{i=1}^n S_i \right), \end{cases} \quad (3)$$

де $M[\tau_\Sigma]$ – математичне сподівання часу обробки інформації n елементами тренажера з урахуванням впливу короточасних переривань (збоїв);

S_Σ – сумарна вартість ТМС.

У відомих методах розрахунку продуктивності елементів обчислювальних систем не враховується вплив короточасних відмов (збоїв) на процес обміну й обробки інформації. У зв'язку з цим виникає необхідність у розробці методики визначення оптималь-

них значень Y_1, \dots, Y_n з урахуванням впливу збоїв на елементи ТМС. При цьому в структурі розв'язання даного завдання можна виділити наступні його етапи.

Етап 1. За допомогою методу Лапласа-Стилтьєса обчислюється математичне сподівання $M[\tau_i]$ обробки інформації i -м елементом ТМС з урахуванням впливу короткочасних переривань.

Етап 2. Визначаються аналітичні залежності $M[\tau_\Sigma]$ від Y_i ($i = \overline{1, n}$).

Етап 3. Оптимальні значення Y_i ($i = \overline{1, n}$) обчислюються за допомогою методу невизначених множників Лагранжа.

Як показано в роботі [5, 9], середній час T^0 (обслуговування заявки i -ю СМО) визначається за формулою:

$$T_i^0 = \left(\frac{Y_i}{\theta_i} - \lambda_i \right)^{-1}. \quad (4)$$

Якщо під час обслуговування заявки було Z_i переривань, то час обслуговування T_1 , заявки i -ю СМО виражається у вигляді:

$$T_1 = \sum_{j=1}^{Z_i=1} T_{ij} + \sum_{j=1}^{Z_i} T'_{ij} = T_i^0 + \sum_{j=1}^{Z_i} T'_{ij}, \quad (5)$$

де T_{ij} – час обслуговування заявки i -ю СМО між $(j-1)$ -м та j -м перериванням; T'_{ij} – час дообслуговування заявки в i -й СМО після j -го переривання [8, 9].

Використовуючи методику обчислення математичного сподівання часу реалізації програм на ЕОМ, а також методику обчислення математичного сподівання часу передачі кодограм по нерезервованому тракті, обчислимо $M[\tau_i]$. За аналогією із зазначеними вище методиками за допомогою методу Лапласа-Стилтьєса спочатку знайдемо умовне математичне сподівання інтервалу T_1 , при

$$\sum_{j=1}^{Z_i+1} T_{ij} = T_i^0 \quad \text{і} \quad Z_i = Z_i^0 \quad (6)$$

маємо:

$$M \left[\exp \left\{ -PT_1 \right\} / T_i^0, Z_i \right] = M \left[\exp \left\{ -P \left(T_i^0 + \sum_{j=1}^{Z_i} T'_{ij} \right) \right\} / T_i^0, Z_i \right], \quad (7)$$

де $L_i(T_{ij}, P)$ – перетворення Лапласа-Стилтьєса функції розподілу $F_i(t)$ випадкової величини T_{ij} :

$$F_i(t) = \begin{cases} 1 - e^{-\gamma_i t} & \text{при } t > 0; \\ 0 & \text{при } t \leq 0; \end{cases} \quad (8)$$

$$L(T'_{ij}, P) = \int_0^\infty e^{-Pt} dF(t) = \int_0^\infty \gamma_i e^{-\gamma_i t} e^{-Pt} dt = \frac{\gamma_i}{\lambda_i + P}. \quad (9)$$

З огляду на те, що потік переривань обслуговування заявки є пуассонівським з параметром α_i для i -ї СМО ($i = \overline{1, n}$), знімаємо обмеження по Z .

Відповідно

$$M \left[e^{-PT_1} / T_i^0 \right] = e^{-PT_i^0} \sum_{Z=0}^\infty \left[L(T'_{ij}, P) \right]^Z \frac{\alpha_i T_i^0}{Z^0!} e^{-\alpha_i T_i^0} = e^{-T_i^0 \left\{ P + \alpha_i \left[1 - L(T'_{ij}, P) \right] \right\}}, \quad (10)$$

де $M \left[T'_{ij} \right] = \frac{dL(T_{ij}, P)}{dP} / P=0 = \frac{1}{\lambda_i}$.

Оскільки $T_i^0 = (Y_i / \theta_i - \lambda_i)^{-1}$, $M[\tau_i]$ визначається так:

$$M[\tau_i] = \left(\frac{Y_i}{\theta_i} - \lambda_i \right)^{-1} \left(1 + \frac{\alpha_i}{\gamma_i} \right). \quad (11)$$

Математичне сподівання часу обслуговування G_i ($i = \overline{1, n}$) заявок n СМО обчислюється за формулою:

$$M[\tau_\Sigma] = \sum_{i=1}^n G_i \left(\frac{Y_i}{\theta_i} - \lambda_i \right)^{-1} \left(1 + \frac{\alpha_i}{\gamma_i} \right). \quad (12)$$

Таким чином, у результаті виконання першого і другого етапів отримано аналітичні вирази для обчислення $M[\tau_i]$ (11) і $M[\tau_\Sigma]$ (12).

На третьому етапі визначаються оптимальні значення Y_i з урахуванням умов:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n G \left(\frac{Y_i}{\theta_i} - \lambda_i \right) \times \left(1 + \frac{\alpha_i}{\gamma_i} \right) = \Delta T_0; \\ S_\Sigma = \min \sum_{i=1}^n (K_i Y_i + K'_i). \end{cases} \quad (13)$$

Відповідно до методик розв'язання аналогічних завдань утворимо функцію Лагранжа I :

$$I = \sum_{i=1}^n (K_i Y_i + K'_i) - \chi \left[\Delta T_0 - \sum_{i=1}^n G_i \left(\frac{Y_i}{\theta_i} - \lambda_i \right) \times \left(1 + \frac{\alpha_i}{\gamma_i} \right) \right], \quad (14)$$

де χ – невизначений множник. Прирівнюючи до нуля, матимемо:

$$K_i - \chi G_i \left(1 + \frac{\alpha_i}{\gamma_i} \right) \times \left(\frac{Y_i}{\theta_i} - \lambda_i \right)^{-2} \theta_i^{-1} = 0, \quad (i = \overline{1, n}), \quad (15)$$

звідки

$$Y_i = \lambda_i \theta_i + \sqrt{\chi} \times \sqrt{G \theta_i \left(1 + \frac{\alpha_i}{\gamma_i} \right) K_i^{-1}}; \quad (16)$$

$$\sqrt{\chi} = \frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n \sqrt{K_i G_i \theta_i \left(1 + \frac{\alpha_i}{\gamma_i} \right)}. \quad (17)$$

Остаточно Y_i ($i = \overline{1, n}$) визначається за формулою:

$$Y_i = \lambda_i \theta_i + \frac{1}{\Delta T_0} \sqrt{G_i \theta_i \left(1 + \frac{\alpha_i}{\gamma_i} \right) K_i^{-1}} \cdot \sum_{j=1}^n \sqrt{K_j G_j \theta_j \left(1 + \frac{\alpha_j}{\gamma_j} \right)}, \quad (18)$$

або, враховуючи співвідношення $G_i = \lambda_i / \lambda_0$, знаходимо:

Висновок

$$S_{\Sigma} = (\Delta T_0)^{-1} \times \left\{ \sum_{i=1}^n K_i G_i \theta_i + \left[\sum_{i=1}^n \sqrt{G_i \theta_i K_i \left(1 + \frac{\alpha_i}{\gamma_i} \right)} \right]^2 \right\} + \sum_{i=1}^n K_i', \quad (19)$$

При оптимальних значеннях Y_i ($i = \overline{1, n}$) вартість ТМС (S_{Σ}) обчислюється за формулою:

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n K_i \lambda_i \theta_i + \frac{1}{\Delta T_0} \left(\sum_{i=1}^n \sqrt{K_i G_i \theta_i \left(1 + \frac{\alpha_i}{\gamma_i} \right)} \right)^2 + \sum_{i=1}^n K_i'.$$

Якщо $\lambda_i = \frac{G_i}{\Delta T_0}$, то

$$Y_i = (\Delta T_0)^{-1} \times \left\{ G_i \theta_i + \sqrt{\frac{G_i \theta_i \left(1 + \frac{\alpha_i}{\gamma_i} \right)}{K_i} \left[\sum_{j=1}^n \sqrt{G_j \theta_j K_j \left(1 + \frac{\alpha_j}{\gamma_j} \right)} \right]} \right\} \quad (20)$$

$(i = \overline{1, n});$

$$S_{\Sigma} = (\Delta T_0)^{-1} \times \left\{ \sum_{i=1}^n K_i G_i \theta_i + \left[\sum_{i=1}^n \sqrt{G_i \theta_i K_i \left(1 + \frac{\alpha_i}{\gamma_i} \right)} \right]^2 \right\} + \sum_{i=1}^n K_i'. \quad (21)$$

Таким чином, за допомогою виразу (20) визначається необхідна продуктивність елементів обчислювальної мережі ТМС з урахуванням впливу на них короткочасних відмов (збоїв), що самоусуваються.

При використанні виразу (21) обчислюються орієнтовні вартісні витрати ТМС.

Отже, на етапі початкового проектування ТМС можна визначити необхідну продуктивність кожної ЕОМ і на цій основі здійснити вибір конкретного типу ЕОМ. При цьому необхідна продуктивність конкретного типу i -ї ЕОМ повинна бути не менше обчисленого за формулою (20) значення Y_i ($i = 1, \dots, n$).

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ТРЕНАЖЕРНО-МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ю.О. Гунченко, А.А. Гончарук, А.С. Шворов

В статье разработана аналитическая модель функционирования вычислительной сети тренажерно-моделирующей системы подготовки подразделений специального назначения, с помощью которой определяются производительность ЭВМ и общая ориентировочная стоимость системы.

Ключевые слова: аналитическая модель, вычислительная сеть тренажерно-моделирующая система, подготовка подразделений специального назначения.

ANALYTICAL MODEL OF FUNCTIONING OF COMPUTER NETWORK OF TRAINER-DESIGNING SYSTEM OF PREPARATION OF SUBSECTIONS OF THE SPECIAL SETTING

Yu.O. Gunchenko, A.A. Goncharuk, A.S. Shvovor

The paper developed an analytical model of the computer network of a fitness-simulation system for training of special forces, which measures the performance of computers and overall system cost.

Keywords: analytical model, fitness area network modeling system, training of special forces.

Таким чином, запропонована аналітична модель функціонування ОС ТМС враховує можливість впливу збоїв на процес обробки та передачі повідомлень про НІМ. Ця модель дозволяє за допомогою методів Лапласа-Стилтьєса і множників Лагранжа визначити математичне сподівання часу обробки та передачі інформації для імітації НІМ у форматі 3d та необхідну продуктивність ЕОМ і орієнтовану вартість ТМС.

Список літератури

1. Брюхович Е.И. Экономическая стратегия разработки вычислительных средств: Место и роль вычислений / Е.И. Брюхович // Управляющие системы и машины. – 1990. – № 2. – С. 3-18.
2. Бунин С.Г. Вычислительные сети с пакетной радиосвязью / С.Г. Бунин, А.П. Войтер. – К.: Техника, 1989. – 223 с.
3. Головкин Б.А. Техничко-экономические модели и оценки ЭВМ / Б.А. Головкин. – М.: Радио и связь, 1988. – 94 с.
4. Зайченко Ю.П. Структурная оптимизация сетей ЭВМ / Ю.П. Зайченко, Ю.В. Гонга. – К.: Техніка, 1986. – 165 с.
5. Основы теории вычислительных систем: учеб. пособие для вузов; под ред. С.А. Майорова. – М.: Высшая школа, 1978. – 408 с.
6. Проектирование управляющих вычислительных комплексов для АСУ ТП / Щенников Ю.Ф. и др. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 184 с.
7. Гунченко Ю.А. Отказоустойчивая вычислительная система / Ю.А. Гунченко, А.С. Омельченко, О.В. Банзак // Праці III Міжнародної науково-практичної конференції «Обробка сигналів і негауссівських процесів». – Черкаси: ЧДТУ, 2011. – С. 188-189.
8. Рожков Л.И. Средства передачи данных в АСУ / Л.И. Рожков. – К.: Техника, 1977. – 184 с.
9. Янбых Г.Ф. Методы анализа и синтеза сетей ЭВМ / Г.Ф. Янбых, Б.Я. Эттингер. – Л.: Энергия, 1980. – 96 с.

Надійшла до редколегії 21.11.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Ленков, Військовий інститут Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, Київ.