

МАКРОСКОПІЧНИЙ АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНУ В ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМАХ

*Бичковський В. О., к. т. н., доцент; Правенький Є. Є., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

Сучасні системи “людина-машина” (ергатичні системи) характеризуються надзвичайною складністю внутрішніх і зовнішніх взаємозв’язків та їх залежністю від дуже великої кількості факторів [1]. Тому формалізувати задачу аналізу системи на мікроскопічному рівні не представляється можливим, оскільки зайва деталізація процесів та міжелементних випадкових взаємодій перевантажує процедуру аналізу. Макроскопічний аналіз дає можливість перейти від випадкових внутрішньосистемних мікрвзаємодій до деякого регулярного процесу. З точки зору макроскопічного підходу доцільно виділити в ергатичній системі технічні засоби (ТЗ) та людину оператора (ЛО).

Нехай C_n — швидкість надходження інформації з ТЗ до ЛО. Тоді закономірність збільшення кількості інформації $I = I(t)$ в пам’яті ЛО:

$$\frac{dI}{dt} = C_n - \frac{\mu}{T}(I - I_3), \quad (1)$$

де $T = \frac{a}{C_n^{1,1}}$, $a = 2, 6 \dots 6$; $\mu \leq 1$; I_3 — кількість інформації, що залишається у пам’яті ЛО через досить великий час [2]. Приймаючи до уваги, що $C_n^{1,1} \approx C_n$, на підставі формули (1) можна записати:

$$\frac{dI}{dt} = C_n \left[1 - \frac{\mu}{a}(I - I_3) \right]. \quad (2)$$

На підставі формули (2) знаходимо:

$$\frac{adI}{a - \mu(I - I_3)} = C_n dt. \quad (3)$$

Інтегрування рівняння (3) за початкових умов $t = 0$, $I_0 = 0$ дає наступний результат:

$$I = \frac{a + \mu I_3}{\mu} \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{\mu}{a} \int_0^t C_n(t) dt \right] \right\}. \quad (4)$$

Приймаючи до уваги, що $I_n = I_n(t)$, $C_n = \frac{dI_n}{dt}$, на підставі формули (4) знаходимо:

$$I = \frac{a + \mu I_3}{\mu} \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{\mu I_n}{a} \right] \right\} \quad (5)$$

Закономірності надходження інформації до людини-оператора можна визначити на підставі різноманітних прогнозних моделей [3]. До найпростіших відносяться лінійна ($I_n = b_1 t$), степенева ($I_n = b_1 t^n$), експоненціальна ($I_n = a_1 + b_1 \exp(kt)$). Більш складними є залежності, які описують логістичну криву (залежності Перла, Гомперца, диференціально-поліномні залежності).

Нехай T_0 — час відображення інформації. Тоді в умовах зчитування інформації з рівномірним надходженням символів:

$$C_n = \frac{m \log_2 n}{T_0},$$

де n — загальна кількість символів; m — кількість правильно впізнаних символів [1]. Отже, в залежності (5) враховуємо $I_n = C_n t$.

Розглянемо ситуацію, коли оператор спостерігає за M пристроями. Тоді необхідний для оператора час $t_n = 0,6M + 0,6$ [4].

В разі використання декількох стрілочних пристроїв:

$$I_i = \log_2 \frac{x_{\max i} - x_{\min i}}{2\Delta\varepsilon_i},$$

де $x_{\max i} - x_{\min i}$ — довжина шкали; $\Delta\varepsilon_i$ — абсолютна помилка пристрою; $i = 1, 2, \dots, M$. Тоді визначаємо:

$$C_n = \frac{1}{t_n} \sum_{i=1}^M I_i.$$

Отже, в залежності (5) враховуємо, що $I_n = C_n t$.

Ентропія мовного повідомлення може бути представлена у вигляді середньої кількості інформації на кожний символ переданого повідомлення:

$$H = -\sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i,$$

де p_i — ймовірність появи звуків (фонем); N — число звуків (фонем) в повідомленні [1]. Тоді $I_n = H - H_y$, де H_y — умовна ентропія, тобто середня кількість втраченої інформації. Таким чином, можна визначити кількість інформації I_n яка враховується в правій частині формули (5).

Необхідно прийняти до уваги, що оператор виконує певні дії, а час реакції T_p залежить від кількості можливих альтернатив (формула Хіка). Для режиму оперативного реагування оператора можна прийняти $T_p = T_0$ або $T_p = t_n$ та визначити C_n .

Представляється можливим врахувати фактор втоми людини-опера-

тора в процесі роботи, якщо ввести нормовану величину його продуктивності $r = \gamma/\gamma_{\max}$ та в залежності (1) прийняти $\mu = 1 - r$ [5].

Отримані результати дають можливість визначити закономірність зміни кількості інформації в пам'яті людини-оператора за різноманітних умов надходження інформації від джерела, та прогнозувати її можливості в процесі виконання функціональних завдань. Вони доповнюють відомі дані та можуть використовуватись в процесі модернізації існуючих систем, на початковому етапі розробки нових систем та для прогнозування показників людини-оператора.

Перелік посилань

1. Шибанов Г. П. Количественная оценка деятельности человека в системах человек-техника. — М.: Машиностроение, 1983. — 263 с.
2. Присняков В. Ф. Математическое моделирование переработки информации оператором человеко-машинных систем / В. Ф. Присняков, Л. М. Приснякова. — М.: Машиностроение, 1990. — 248 с.
3. Кузнєцов Ю. М. Прогнозування розвитку технічних систем / Ю.М. Кузнєцов, Р.А.Склярів. — К.:ТОВ “ЗМОК” – ПП “ГНОЗИС”. — 2004. — 323 с.
4. Зигель А. Модели группового поведения в системе человек-машина / А. Зигель, Дж. Вольф. — М.: Мир. — 1973. — 235 с.
5. Ємченко І.В. Методи і технічні засоби митного контролю / І.В. Ємченко, А.П. Закусілов— М.: Центр учбової літератури, 2007. — 432 с.

Анотація

На підставі макроскопічного підходу до аналізу процесів в ергатичних системах формалізовано задачу інформаційного обміну між технічними засобами та людиною-оператором. З'ясовано закономірності зміни кількості інформації в пам'яті людини-оператора для різноманітних умов надходження інформації. Враховано типові прогнозні моделі надходження інформації. Розглянуто основні ситуації, які виникають в роботі оператора з різноманітними пристроями відображення інформації.

Ключові слова: ергатична система, людина-оператор, інформація

Аннотация

На основании макроскопического подхода к анализу процессов в эргатических системах формализовано задачу информационного обмена между техническими средствами и человеком-оператором. Выяснено закономерности изменения количества информации в памяти человека-оператора для различных условий поступления информации. Учтены типичные прогнозные модели поступления информации. Рассмотрены основные ситуации, которые возникают в работе оператора с различными устройствами отображения информации.

Ключевые слова: эргатической система, человек-оператор, информация

Abstract

On the basis of a macroscopic approach to the analysis of processes in the ergatic one, the problem of information exchange between technical means and the human operator is formalized. The patterns of the change in the amount of information in the memory of the human operator for various conditions of information receipt are clarified. Typical predictive models of information flow are considered. The main situations that arise in the operator's work with various information display devices are considered.

Keywords: ergatic system, human operator, information.