

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА

Бичковський В. О., к.т.н., доцент; Реутська Ю. Ю., аспірант

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», Київ, Україна*

Ефективність функціонування ергатичної системи суттєво залежить від можливостей людини-оператора, для якої виконання завдань не представляється можливим без достатньої кількості інформації про стан системи та вплив оточуючого середовища. Відсутність інформації викликає у оператора численні неупорядковані стани, які викликають суттєве зниження ефективності роботи ергатичної системи [1]. Таким чином, формалізацію задачі інформаційної підтримки оператора слід вважати актуальною як з теоретичної, так і з практичної точок зору.

Неупорядковані стани оператора характеризуються ентропією $H = H(t)$, яка збільшується у разі відсутності необхідної інформації та зменшується у разі надходження інформації. Нехай K_1 — константа швидкості збільшення ентропії у разі відсутності інформаційної підтримки оператора, K_2 — константа швидкості зменшення ентропії у разі надходження інформації $I = I(t)$. Тоді рівняння динаміки можна записати в наступному вигляді

$$\frac{dH}{dt} = K_1 H - K_2 I. \quad (1)$$

Перепишемо рівняння (1) у вигляді:

$$\frac{dH}{dt} - K_1 H = -K_2 I, \quad (2)$$

та помножимо ліву і праву частини рівняння (2) на множник $\exp(-K_1 t)$. Після виконання такої процедури рівняння (2) приймає наступний вигляд:

$$d[H \exp(-K_1 t)] = -K_2 I \exp(-K_1 t) dt. \quad (3)$$

Інтегруючи ліву частину рівняння (3) від початкового значення ентропії H_0 до H , а праву від 0 до t , визначаємо

$$(H_0 - H) \exp(-K_1 t) = K_2 \int_0^t I \exp(-K_1 t) dt. \quad (4)$$

Закономірність зменшення ентропії $H = H(t)$ залежить від закономірності надходження інформації $I = I(t)$. Хронологія зміни $I(t)$ може описуватися різноманітними математичними залежностями. Однією із розповсюджених моделей зміни $I(t)$ є експоненціальна, обґрунтуванням для застосування якої слід вважати підтверджену практикою можливість апрок-

симації з прийнятною точністю ряду експериментальних даних для випадків, коли спостерігається постійність відсоткової зміни кількості інформації [2, 3]. Таким чином, в даному випадку можна записати

$$I = I_0 \exp(Kt), \quad (5)$$

де I_0 — початкова інформація, яка є доступною для оператора. На підставі формул (4), (5) знаходимо

$$H_0 - H = \frac{K_2 I_0}{K - K_1} [\exp(Kt) - \exp(K_1 t)]. \quad (6)$$

Якщо виконується умова $K_1 t \ll 1$, $Kt \ll 1$, то розклавши експоненціальні функції в ряд та обмежившись першими двома складовими ряду, на підставі формули (6) визначаємо

$$H_0 - H = K_2 I_0 t. \quad (7)$$

Таким чином, для зменшення ентропії від H_0 до H згідно формули (7) необхідний час інформаційної підтримки оператора

$$t = \frac{H_0 - H}{K_2 I_0}. \quad (8)$$

Розглянемо окремо ситуацію, коли $K_1 = 0$. На підставі формули (6) знаходимо

$$H_0 - H = \frac{K_2 I_0}{K} \exp(Kt). \quad (9)$$

На підставі формули (9) визначаємо необхідний час інформаційної підтримки оператора

$$t = \frac{1}{K} \ln \frac{K(H_0 - H)}{K_2 I_0}.$$

Якщо використання моделі (5) не представляється можливим, то доцільно скористатися іншим підходом [4]. Нехай $x = x(t)$ — зменшення ентропії за час t , яке забезпечується відповідним збільшенням кількості доступної інформації. Тоді можна записати

$$H = H_0 - x; \quad I = I_0 + x. \quad (10)$$

На підставі формул (1), (10) визначаємо

$$\frac{dx}{dt} = (K_1 + K_2)(a + x), \quad (11)$$

де $a = (K_2 I_0 - K_1 H_0) / (K_1 + K_2)$.

Перепишемо рівняння (11) у вигляді

$$\frac{dx}{a + x} = (K_1 + K_2) dt$$

та проінтегруємо його ліву частину від 0 до x , а праву від 0 до t . Тоді можна записати

$$\ln \frac{a+x}{a} = (K_1 + K_2)t. \quad (12)$$

На підставі формули (12) визначаємо

$$x = \frac{K_2 I_0 - K_1 H_0}{K_1 + K_2} [\exp(K_1 + K_2)t - 1]. \quad (13)$$

Використання залежностей (10), (13) дає можливість визначити закономірності інформаційної підтримки людини-оператора.

На підставі отриманих результатів представляється можливим визначити необхідний час інформаційної підтримки людини-оператора в залежності від кількості початкової інформації, констант швидкості збільшення ентропії та доступної інформації і перевести процедуру аналізу інформаційної підтримки на якісно новий рівень.

Література

1. Шибанов Г. П. Количественная оценка деятельности человека в системах человек-техника / Г. П. Шибанов — М. : «Машиностроение», 1983. — 263 с.
2. Прохоренко В. А. Прогнозирование качества систем / В. А. Прохоренко, А. Н. Смирнов. — Минск: «Наука и техника», 1976. — 200 с.
3. Чуев Ю. В. Прогнозирование количественных характеристик процессов / Ю. В. Чуев, Ю. Б. Михайлов, В. И. Кузьмин. — М.: «Сов. Радио», 1975. — 400 с.
4. Стромберг А. Г. Физическая химия / А. Г. Стромберг, Д. П. Семченко. — М.: «Высшая школа», 1988. — 496 с.

Анотація

Розглянуто співвідношення між ентропією та інформацією, доступною для людини-оператора. Встановлено закономірності зміни ентропії та визначено необхідний час інформаційної підтримки людини-оператора.

Ключові слова: людина-оператор, ентропія, інформація.

Аннотация

Рассмотрены соотношения между энтропией и информацией, доступной для человека-оператора. Установлены закономерности изменения энтропии и определено необходимое время информационной поддержки человека-оператора.

Ключевые слова: человек-оператор, энтропия, информация.

Abstract

The correlations between entropy and accessible information for the man-operator were scrutinized. Legality of entropy alteration and information support time for the man-operator was determined.

Keywords: man-operator, entropy, information.