

МАКСИМІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЕНТРОПІЇ ЯК МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ЛЮДИНО-МАШИНИХ СИСТЕМ

Соляник А.О.

Наукові керівники – канд. техн. наук, доц. Наумейко І.В.¹,

канд. фіз.-мат. наук, проф. Сова Г.В.²,

¹ Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,

² Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ВМ,

м. Харків, Україна

e-mail: anastasiia.solianyk1@nure.ua

The object of development is mathematical model of transitions between "health-and-state" of a human operator in operator-machine system. The object of study is the state probabilities of human efficiency with the system. Methods of research are maximization the information entropy. For calculation the package "Mathematica" is used.

В даний час, за високого рівня автоматизації праці, дуже важливими є завдання оптимізації функціонування людино-машинних систем, дослідженню та аналізу яких присвячено дану роботу. Її новизна та практична цінність полягає в тому, що в ній обґрунтовується та ілюструється порівняно новий та дуже ефективний підхід до моделювання складних систем, а саме, моделювання складних систем на основі їх макро-характеристичних показників. Цей підхід реалізується за допомогою методу максимізації інформаційної ентропії. У процесі роботи, як попередній, застосовано наступний підхід [1].

Перехідні ймовірності, від яких залежать ймовірності станів системи, визначимо за макро-характеристиками об'єкта, які мають характер математичних сподівань:

$$\sum p_i \cdot q_{ii} = M_i, \quad (1)$$

Використовуємо метод максимізації інформаційної ентропії:

$$S_I = -\sum p_i \cdot \ln p_i, \quad (2)$$

широко застосовуваний щодо динаміки як замкнутих, так і нерівноважних систем, і названий Хакеном «другим началом синергетики».

Далі, після отримання попередніх результатів, було визначено структуру подальшої роботи.

Об'єктом дослідження є система "людина-машина-середовище" (ЛМС), що складається з технічної системи, яка в стані «аварія» виділяє шкідливі фактори і людини-оператора, яка цей стан приводить до норми.

Предметом дослідження є математичні моделі функціонування ЛМС.

Мета дослідження – розробка динамічних та стаціонарних моделей ЛМС та обчислення їх параметрів.

Запланований результат – визначення ймовірностей стану системи загалом і підсистеми «людина», та уявлення результатів як розрахункових формул і графіків залежностей.

Методи та засоби – застосування прямого рішення рівняння Колмогорова та імітаційні методи СМО. Для обчислення ймовірностей стану здоров'я використовувався метод максимуму інформаційної ентропії.

Ресурсне забезпечення – дані про структуру та функціонування системи, гігієнічні норми, пакети Mathematica та (або) MathCad як математичне та програмне забезпечення.

Допущення та обмеження – передбачається, що перехід між станами системи керується, у першому наближенні, Пуассонівськими потоками подій; вхідний потік аварійних подій або Ерланговський, або його інтенсивність має задану залежність від часу. Система Марківська. Стан здоров'я оператора не відновлюється у процесі ліквідації аварії.

Розглянемо підсистему "людина", яка може перебувати в одному з трьох можливих станів s_1 = "здоровий і працездатний", s_2 = "хворий, але працездатний", s_3 = "непрацездатний". Відповідно, критерій (2) є функція трьох змінних, і завдання може мати не більше двох обмежень, одне з яких є тривіальним і є завжди: $\sum p_i = 1$. Остання зв'язок може бути отримана для q_{ij} і M , наприклад, статистики для температури тіла: $T(s_1)=36$, $T(s_2)=37.5$, $T(s_3)=39$.

Після нормування обмежень завдання оптимізації має вигляд:

$$\begin{aligned} S_I &= -\sum p_i \cdot \ln p_i \rightarrow \max; \\ \sum p_i &= 1, 0 < p_i < 1; \\ 0.973 \cdot p_1 + 1.013 \cdot p_2 + 1.054 \cdot p_3 &= 1. \end{aligned} \quad (3)$$

Функція S_I випукла вгору по кожній змінній, отже, максимум єдиний.

Даний модельний приклад легко вирішити аналітично методом множників Лагранжа, проте, при більшій кількості станів, буде потрібна програма або математичний пакет, наприклад, Mathematica. Отримано наступний результат для ентропії та перехідних ймовірностей процесу:

$$\{1.01542, \{p_1 \rightarrow 0.511347, p_2 \rightarrow 0.306852, p_3 \rightarrow 0.181802\}\},$$

який не тільки має фізичний сенс, а й підтверджує актуальність і працездатність даної методики.

Список використаних джерел:

1. Наумейко И. В. Марковская модель ликвидации нестационарного потока аварий при ограничениях на работоспособность оператора. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2013. № 3/4 (63). С. 20–23.