

УДК 519.95:530.1:539

## **ПРИКЛАД ПЕРСПЕКТИВНОГО І ЕКСТРЕМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ЗАХИСТОМ В ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМАХ**

Гайдук І.М.

Наукові керівники – доц. Наумейко І.В., проф. Сова Г.В.  
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ, ВМ,  
м. Харків, Україна  
тел. +38(057) 70-21-335, e-mail: [illia.haiduk@nure.ua](mailto:illia.haiduk@nure.ua)

Insurance is offered as a linear approach to the model of financing and the establishment of the local structure protection system. Critical limitations of this model are the type of function in the criteria and the self test, for which the expectation is selected. Thus, the problem of actuarial mathematics to determine the values of insurance premiums when insuring a given financial risk is a good model for describing the financial costs of the design process and long-term protection management. The object of fuser 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. The research method is maximization the information entropy.

Відомо, що за щільністю потенційно небезпечних промислових об'єктів України цілком можна порівняти з найбільш розвиненими державами Європи. Створення та управління захистом людини у такій системі належить до завдань управління за умов неповної інформації, тобто. за умов ризику. Оскільки за цілями, і навіть за мовою, це завдання має багато спільного зі страховою справою, є сенс використовувати багаторічні напрацювання страхових технологій для опису, а потім і математичного моделювання технічних систем захисту. Перша частина роботи присвячена спробі змістовного опису завдань управління захистом людини від небезпеки довільної природи у термінах актуарної справи. Потім для Марківських систем із захистом пропонується екстремальний принцип управління ймовірностями станів – метод максимізації інформаційної ентропії.

Захисні заходи, профінансовані та розраховані за страховою схемою, є технічними та організаційними діями. Вони безпосередньо впливають на суму можливого збитку (еквівалент страхової виплати) та на страховий внесок, що залежить від величини ризику. В наявності зворотний зв'язок – необхідний фактор управління.

Таким чином, видно, що завдання актуарної математики щодо визначення величин страхових премій при страхуванні заданого фінансового ризику є гарною моделлю для опису фінансових витрат на процес проектування та перспективного управління захистом, якщо відомий фінансовий еквівалент збитку від катастрофи чи аварії.

Далі важливими є завдання оптимізації функціонування людино-машинних систем, дослідженню та аналізу яких присвячена наступна частина роботи. 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 на основі їх макро-характеристичних показників. Цей підхід реалізується за допомогою методу максимізації інформаційної ентропії.

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

$$\sum p_i q_{ii} = M_i,$$

Використовуємо метод максимізації інформаційної ентропії широко застосований щодо динаміки як замкнених, так і нерівноважних систем, і названий Хакеном «другим началом синергетики».

$$S_1 = -\sum p_i \ln p_i, \quad (1)$$

Розглянемо підсистему «людина», яка може перебувати в одному з трьох можливих станів  $s_1$ =«здорова і працездатна»,  $s_2$ = «хвора, але працездатна»,  $s_3$ = «непрацездатна». Відповідно, критерій (1) є функція трьох змінних, і задача може мати не більше двох обмежень, одне з яких є тривіальним і присутнім завжди:  $\sum p_i = 1$ . Останнє обмеження може бути отримане для  $q_{ij}$  і  $M$ , наприклад, зі статистики для температури тіла:  $T(s_1)=36$ ,  $T(s_2)=37.5$ ,  $T(s_3)=39$ .

Після нормування обмежень завдання оптимізації має вигляд:

$$\begin{aligned} S_1 &= -\sum p_i \cdot \ln p_i \rightarrow \max; \\ \sum p_i &= 1, \quad 0 < p_i < 1; \\ 0.973 \cdot p_1 + 1.013 \cdot p_2 + 1.054 \cdot p_3 &= 1 \end{aligned}$$

Функція  $S_1$  опукла вгору з кожної змінної, отже, максимум єдиний.

Даний модельний приклад легко розв'язати аналітично методом множників Лагранжа, однак, при більшій кількості станів, потрібна програма або математичний пакет, наприклад Mathematica. Цьому прикладу відповідає скрипт:

```
S[p1_,p2_,p3_] = -(p1*Log[p1]+p2*Log[p2]+p3*Log[p3]);
Res = Maximize[{S[p1,p2,p3], p1+p2+p3 == 1 && p1 > 0 && p2 > 0 && p3 > 0 && 0.973 p1 + 1.013 p2 + 1.054 p3 == 1}, {p1,p2,p3}]
```

Отримано наступний результат для ентропії та оптимальних перехідних ймовірностей процесу:

```
{1.01542, {p1 @ 0.511347, p2 @ 0.306852, p3 @ 0.181802}}
```