

УДК 519.87:004.9

МАРКОВСЬКІ МОДЕЛІ СИСТЕМ З ПОЕТАПНИМ ВІДНОВЛЕННЯМ

Воробйов М.К.

Наукові керівники: канд. техн. наук, доц. Наумейко І.В.,
канд. фіз.-мат. наук, доц. Сова Г.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ, каф. ВМ
м. Харків, Україна

тел. +38 (057) 70-21-436, email: mykyta.vorobiov1@nure.ua

The model of Human-Machine-Environment (HME) system which reduces the price of detrimental factor recovering is worked out. Subject of research: The Markov model of HME with protective subsystem. It changes discrete states continuously at random time. The considered model of a discrete dynamical system describes a situation, where the main subsystem "produces" harmful factor, and the second subsystem, the defense, is trying to reduce it.

Об'єкт дослідження: процес динаміки системи типу "Людина-Машина-Середовище" (ЛМС) при зовнішньому потоці природних або техногенних аварій.

Предмет дослідження: Марківська модель системи ЛМС із захисною підсистемою за неперервного випадкового часу зміни дискретних станів.

Актуальність теми: за останні роки системи ЛМС виділилися в особливий клас, що включає деякі важливі системи економіки, екології, військової справи та безпечної життєдіяльності. Ці елементи завжди входили до більшості кібернетичних систем, але розглядалися лише з погляду автоматизованого управління, із застосуванням обмеженого кола методів дослідження, наприклад, СМО та теорія надійності. На даний час найбільш актуальними з ЛМС є системи захисту.

Розглядається ЛМС з кінцевим простором станів S , що має Марківську властивість, тобто ймовірності переходу до нового стану цілком визначаються поточним станом і моментом часу. Такі системи виникають, зокрема, при відновленні об'єктів після катастроф силами особливих підрозділів. На сьогодні в Україні знос потенційно небезпечних технічних систем (заводи, електростанції та ін.) у середньому перевищує 70%, що робить особливо актуальним моделювання роботи систем безпеки цього типу. У розвитку роботи [1] тут розглядаємо модель динамічної системи, що описує ситуацію, коли основна підсистема «виробляє» шкідливий фактор, а друга підсистема – захист – намагається зменшити його абсолютно, або за прийнятну ціну. Замкнена стаціонарна модель ЛМС є ланцюгом Маркова і має вигляд

Розглянемо команду фахівців, які ліквідують певне пошкодження у підсистемі «Машина» за n етапів (не порушуючи загальності, нехай $n = 3$).

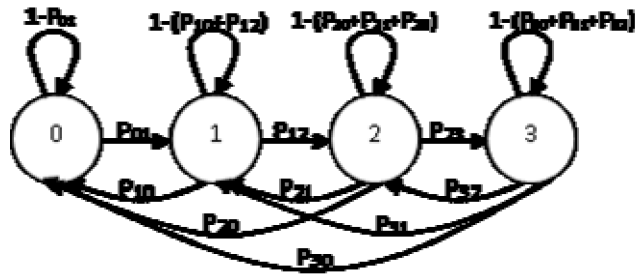


Рисунок 1

Завдання знаходження ймовірностей станів у цій постановці описано ланцюгом Маркова, дискретним, як за станами, так і за часом.

Матриця ймовірностей переходів системи з рис.1 має вигляд:

$$P = \begin{bmatrix} 1-p_{01} & p_{01} & 0 & 0 \\ p_{10} & 1-(p_{01}+p_{12}) & p_{12} & 0 \\ p_{20} & p_{21} & 1-(p_{20}+p_{21}+p_{23}) & p_{23} \\ p_{30} & p_{31} & p_{32} & 1-(p_{30}+p_{31}+p_{32}) \end{bmatrix}.$$

Наслідок із теорії марковських ергодичних ланцюгів такий, що матриця переходів для такої ЛМС за k кроків – P_k збігається до стохастичної матриці з однаковими рядками. Прийнятна точність (до 3-го знаку) досягається реальних P при $k < 10$.

Ймовірності p_{01} та ймовірності всіх «зворотних» переходів, крім p_{10} , (див. рис.1) є змінними, що спостерігаються, а всі інші – керованими.

Граничні ймовірності станів визначають середній нормований час перебування в цьому стані, отже, і вартість (збитки) від аварії та її ліквідації загалом, є математичне очікування. Якщо для керованих параметрів ймовірності переходів задані як функції витрат на захист, то природно постає завдання оптимізації загальних середніх втрат у результаті аварії при заданих C_i – значеннях цін станів: $E = \sum_i C_i P_i \rightarrow \min$.

Залежності P_i від керованих змінних p_{ij} – перехідних ймовірностей матриці P є поліноми k -го степеня. Функція не опукла, обмеження – n -вимірний поліедр, якщо немає інших обмежень, крім $\sum_j p_{i,j} = 1$. Чисельними методами вдається знайти кілька локальних мінімумів функції $E(P)$.

Список використаних джерел:

1. Наумейко, І.В., & Сова, Г.В. (2012). До розрахунку марківської моделі ергатичної системи. *Зб. наук.праць. 5-ї Ювілейної Міжнародної Наукової конференції "ФУНКЦІОНАЛЬНА БАЗА НАНОЕЛЕКТРОНІКИ" Харків-Крим.*