Анализ профилирования центрального процессора при запуске приложения сервера моделирования показал эффективность распараллеливание потоков и равномерную загрузку вычислительных ядер, что подтвердило правильность выдвинутой гипотезы и оптимистичность прогнозов оптимального использования кибернетической мощности вычислительной системы при моделировании работы оборудования ТЭЦ-1 Котласского ЦБК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. M V Krivov. The concept of building training systems for training operators of liquefied hydrocarbon warehouses/. M V Krivov, A G Kolmogorov, V Y Kobozev, N S Blagodarnyi, O V Sitosanova. // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1680, Computer-Aided Technologies in Applied Mathematics 7-9 September 2020, Tomsk State University, Tomsk, Russia
2. Концепция синтеза компьютерных тренажерных комплексов для подготовки операторов / Кривов М.В., Колмогоров А.Г., Кобозев В.Ю., Благодарный Н.С. // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2020. № 14. С. 104-108.
3. Кривов М.В., Благодарный Н.С. Динамический структурный синтез тренажерных моделей / Кривов М.В., Благодарный Н.С., Кобозев В.Ю., Колмогоров А.Г. // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2016. Т. 1. № 1. С. 131-138.

УДК 517.925

Сенотова Светлана Анатольевна,
к.т.н., доцент, доцент кафедры «Вычислительные машины и комплексы»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», тел.: 89021723488

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ СТАЦИОНАРНЫХ СОСТОЯНИЙ ОБРАТИМЫХ РЕАКЦИЙ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

Senotova S.A.

ON STABILITY OF STATIONARY STATES OF REVERSIBLE REACTIONS OF THE FIRST ORDER

Аннотация. *В статье рассматриваются обратимые реакции первого порядка. Записана система дифференциальных уравнений. Найден первый интеграл и стационарное состояние. С помощью прямого метода Ляпунова исследована устойчивость стационарного состояния.*

Ключевые слова: *Реакции первого порядка, дифференциальные уравнения, первый интеграл, стационарное состояние, прямой метод Ляпунова.*

Abstract. *The article discusses reversible first-order reactions. A system of differential equations is written. First integral and stationary state found. Using Lyapunov's direct method, stationary stability was investigated.*

Keyword: *First order reactions, differential equations, first integral, stationary state, direct Lyapunov method.*

Обратимые реакции

Обратимые реакции состоят из прямой и обратной реакций, протекающих с разными скоростями. Для реакций первого порядка они имеют вид:

$$A \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftarrows}} \mathrm{B}, \qquad (1)$$

где k_1 и k_2 – константы скоростей соответственно прямой и обратной реакций, c_1 и c_2 – концентрации соответственно веществ A и B в текущий момент времени t. Концентрации веществ в начальный момент времени обозначим c_{10} и c_{20} .

К таким реакциям типа (1) относятся изомерные превращения в различных классах органических соединений.

Запишем систему дифференциальных уравнений для реакции (1)

$$\frac{dc_1}{dt} = -k_1c_1 + k_2c_2$$
$$\frac{dc_2}{dt} = k_1c_1 - k_2c_2 \qquad (2)$$

Сложим первое и второе уравнения системы (2)

$$\frac{d(c_1 + c_2)}{dt} = 0.$$

В результате получим первый интеграл

$$c_1 + c_2 = const. \qquad (3)$$

Если начальные концентрации $c_{10} = c_A$ и $c_{20} = 0$, то формула (3) примет вид

$$c_1 + c_2 = c_A. \qquad (4)$$

Найдем стационарное решение системы (2), соответствующее положению равновесия. Для этого приравняем нулю производные в системе (2)

$$-k_1c_1 + k_2c_2 = 0$$
$$k_1c_1 - k_2c_2 = 0 \qquad (5)$$

Обозначим через c_{1s} и c_{2s} – концентрации веществ A и B в положении равновесия.

Из уравнений (5) найдем c_{2s}

$$c_{2s} = Kc_{1s}\ , \qquad (6)$$

где $K = \frac{k_1}{k_2}$ – константа равновесия.

С учетом (4) и (6) запишем

$$c_{1s} + Kc_{1s} = c_A. \qquad (7)$$

Из (7) найдем c_{1s}

$$c_{1s} = \frac{c_A}{(1+K)}. \qquad (8)$$

Из формулы (6) получим

$$c_{2s} = \frac{Kc_A}{(1+K)}. \qquad (9)$$

Рассмотрим отклонения от положения равновесия

$$c_1 = c_{1s} + x(t)$$
$$c_2 = c_{2s} + y(t). \qquad (10)$$

Подставим формулы (10) в систему (2)

$$\frac{dx}{dt} = -k_1c_{1s} - k_1x + k_2c_{2s} + k_2y$$
$$\frac{dy}{dt} = k_1c_{1s} + k_1x - k_2c_{2s} - k_2y. \qquad (11)$$

Стационарные концентрации от времени не зависят, поэтому их производные по времени равны нулю. Концентрации c_{1s} и c_{2s} являются решениями системы (5). Из системы (11), с учетом системы (5), получим систему уравнений возмущенного движения

$$\frac{dx}{dt} = -k_1x + k_2y$$
$$\frac{dy}{dt} = k_1x - k_2y. \qquad (12)$$

Приравняем нулю производные в системе (12). Получим частное решение системы (12)

$$x = 0$$
$$y = 0, \qquad (13)$$

которое отвечает положению равновесия и называется невозмущенным движением.

Прямой метод Ляпунова

Прямой метод Ляпунова позволяет определить устойчивость исследуемой системы, не отыскивая решения уравнений.

Пусть система дифференциальных уравнений

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(x_1,\ x_2, \dots, x_n\ ) \quad (i = 1,2, \dots, n) \qquad (14)$$

обладает положением равновесия в начале координат фазового пространства, т.е.

$$f_i(0, 0, \dots, 0\ ) = 0 \quad (i = 1,2, \dots, n).$$

При исследовании устойчивости системы (14) прямым методом Ляпунова рассматриваются функции $V(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, относительно которых предполагается, что они определены и однозначны в некоторой области G, включающей начало координат, обращаются в нуль при $x_1 = x_2 = \cdots = x_n = 0$ и обладают непрерывными частными производными первого порядка.

Функцию V называют знакопостоянной (положительной или отрицательной) в области G, если во всех точках этой области, кроме начала координат, она принимает значения лишь одного определенного знака, но может обращаться в нуль не только в начале координат.

Функцию V называют знакоопределенной (положительно определенной или отрицательно определенной) в области G, если во всех точках этой области, кроме начала координат, она принимает значения лишь одного определенного знака и обращается в нуль только в начале координат.

При исследовании устойчивости рассматривают поведение функции $V(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ вдоль фазовых траекторий изучаемой системы. Оно определяется полной производной функции V по времени, составленной в предположении, что $x_1, x_2, \ldots, x_n$ удовлетворяют уравнениям (14)

$$\frac{dV}{dt} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial V}{\partial x_i} \cdot \frac{dx_i}{dt} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial V}{\partial x_i} \cdot f_i \,,$$

т.е. производной функции V по времени, составленной в силу уравнений (14).

Пусть поведение системы описывается дифференциальными уравнениями вида (14).

Частные решения этой системы x_{is}, являющиеся корнями уравнений

$$f_i(x_1, x_2, \ldots, x_n) = 0 \quad (i = 1,2, \ldots, n),$$

отвечают положению равновесия и называются невозмущенными движениями в отличие от других движений, определяемых уравнениями (14), которые называются возмущенными.

А.М. Ляпунов дал определение устойчивости движения и доказал теоремы об устойчивости движения и об асимптотической устойчивости движения [1, 2].

Определение. Положение равновесия рассматриваемой системы x_{is} называется устойчивым по Ляпунову, если для всякого положительного числа ε, как бы мало оно ни было, найдется другое положительное число $\delta(\varepsilon)$, такое, что для всех возмущенных движений $x_i = x_i(t)$, для которых в начальный момент времени $t = t_0$ выполняются неравенства

$$|x_i(t_0) - x_{is}| \le \delta,$$

при всех $t > t_0$ будут выполняться неравенства

$$|x_i(t) - x_{is}| \le \varepsilon.$$

Если система не только остается вблизи положения равновесия, но с ростом времени неограниченно приближается к нему, т.е. $x_i(t) \to x_{is}$ при $t \to \infty$, то она обладает асимптотической устойчивостью.

Исследуем устойчивость положения равновесия (13), которое соответствует стационарному состоянию системы (2). Выберем в качестве функции Ляпунова функцию

$$V(x, y) = \frac{1}{2}(k_1 x^2 + k_2 y^2).$$

Эта функция положительно определенная. Производная функции в силу системы (12) равна

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{2}\left(2k_1 x \frac{dx}{dt} + 2k_2 y \frac{dy}{dt}\right) =$$

$$= k_1 x(-k_1 x + k_2 y) + k_2 y(k_1 x - k_2 y) =$$

$$= -k_1^2 x^2 + 2k_1 k_2 xy - k_2^2 y^2 =$$

$$= -(k_1^2 x^2 - 2k_1 k_2 xy + k_2^2 y^2) =$$

$$= -(k_1 x - k_2 y)^2.$$

Производная будет знакопостоянной (отрицательной), так как она обращается в нуль не только при $x = 0$ и $y = 0$, но и при $k_1 x = k_2 y$. Из теоремы Ляпунова об устойчивости невозмущенного движения [1,2] следует, что положение равновесия (13) устойчиво.

С учетом формулы (4) запишем первое уравнение системы (2)

$$\frac{dc_1}{dt} = -k_1 c_1 + k_2(c_A - c_1) \qquad (15)$$

Приравняем нулю производную в уравнении (15)

$$-k_1 c_1 + k_2(c_A - c_1) = 0 \qquad (16)$$

и найдем стационарное решение c_{1s}, соответствующее положению равновесия, которое совпадает с (8).

Рассмотрим отклонение от положения равновесия

$$c_1 = c_{1s} + x(t) \tag{17}$$

Подставим формулу (17) в уравнение (15). Учтем, что c_{1s} удовлетворяет уравнению (16). В результате получим уравнение возмущенного движения

$$\frac{dx}{dt} = -(k_1 + k_2)\,x \tag{18}$$

Приравняем нулю производную в уравнении (18) и получим частное решение

$$x = 0, \tag{19}$$

которое отвечает положению равновесия.

Исследуем устойчивость положения равновесия (19), которое соответствует стационарному состоянию уравнения (15). Выберем в качестве функции Ляпунова функцию

$$V(x) = \frac{1}{2}\,x^2. \tag{20}$$

Функция (20) положительно определенная. Производная функции в силу уравнения (18) равна

$$\frac{dV}{dt} = -(k_1 + k_2)\,x^2 \tag{21}$$

Производная (21) определенно отрицательна. Из теоремы Ляпунова об асимптотической устойчивости невозмущенного движения [1,2] следует, что положение равновесия (19) асимптотически устойчиво.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольтер Б.В. Устойчивость режимов работы химических реакторов / Вольтер Б.В., Сальников И.Е. – Москва: "Химия", 1981. – 200 с.

2. Меркин Д.Р. Введение в теорию устойчивости движения / Меркин Д.Р. – Москва: "Наука", 1987. – 304 с.

УДК 004.032.26 : 004.056.5 : 004.492.3

Черниговский Александр Валерьевич,
аспирант кафедры «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
тел. 89041112385, e-mail: chernigovsky.alex@gmail.com
Кривов Максим Викторович,
к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
тел. 89025614935, e-mail: vmk@angtu.ru

ПРОБЛЕМА МАЙНИНГА В КОРПОРАТИВНОЙ СРЕДЕ

Chernigovskiy A.V., Krivov M.V.

THE PROBLEM OF MINING IN THE BUSINESS ENVIRONMENT

Аннотация. *В статье рассмотрено явление майнинга и связанные с ним проблемы, в особенности проблема информационной безопасности. Отдельное внимание уделено проблеме криптоджекинга в условиях корпоративной сети. Рассмотрены существующие способы ее решения. Выявлено, что наиболее перспективным в этом плане будет централизованное решение, основанное на методах машинного обучения.*

Ключевые слова: *майнинг, криптоджекинг, искусственные нейронные сети, информационная безопасность.*

Abstract. *In this paper we discuss the phenomenon of mining and the problems associated with it. In particular, much attention is considered to the problem of information security. Special attention is paid to the problem of cryptojacking in a corporate network. The existing methods of its solution are considered. It was revealed that the most promising in this regard will be a centralized solution based on machine learning methods.*

Keywords: *mining, cryptojacking, artificial neural networks, cyber security.*