

ЕТАПИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ СКЛАДНОЇ ІНЕРЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗРОБЛЕНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ

В статті розглядається питання прогнозування складних інерційних систем з використанням моделей складних систем. Вказується, що вхідні дані моделі поділяються на три групи: група аргументів, значення яких визначаються дослідником, група аргументів, значення яких відстежуються дослідником, але на які дослідник впливу не має, група аргументів, які дослідником не враховані в ході вироблення прогнозу. Вихідними даними моделі є - реакція складної інерційної системи на вплив аргументів в минулому. Знаючи історію впливу зовнішніх факторів на систему та реакцію системи на впливи – є можливість розробити модель функціонування складної інерційної системи. В статті запропонований алгоритм розроблення та використання моделі для прогнозування поведінки складної інерційної системи. Зазначено, що алгоритм складається з трьох етапів: розроблення варіантів моделі складної системи; перевірка варіантів моделі складної системи на ефективність функціонування; використання моделі складної інерційної системи під час прогнозування. Застосування алгоритму розроблення та використання моделі для прогнозування поведінки складної інерційної системи дозволить формувати моделі, які будуть відповідати вимогам достатньої точності проведених розрахунків та адекватності протікання відтворюваних процесів в моделі процесам, які існують в складній інерційній системі.

Ключові слова: складна інерційна система; регресійна модель; ефективність прогнозування поведінки складної інерційної системи.

Вступ

Постановка проблеми. Одним з актуальних напрямів діяльності керівника (особи яка приймає рішення (ОПР)) – є ефективне управління складною системою в умовах впливу зовнішніх факторів. Доволі часто під ефективним управлінням розуміється варіант впливу на складну систему, яка приводить до бажаного результату. Одним з можливих варіантів прогнозування поведінки складної системи є розроблення моделі складної системи, яка в результаті отримання необхідних даних здатна спрогнозувати поведінку складної системи з певною точністю.

Розроблення моделі складної системи призводить до певних труднощів. Цими труднощами є, як правило, недостатня обізнаність дослідника в тонкощах процесів, які протікають в системі та навколо неї, не завжди відома інформація про взаємний вплив процесів один на один і т.ін., тому складна система, яка будується дослідником виходячи з власного досвіду функціонує з певними обмеженнями і недостатньою точністю для прийняття рішення керівником.

Одним з можливих варіантів вирішення питання побудови адекватної моделі є використання індуктивних методів математичного моделювання, які в ході складання моделі складної системи керуються фактичними даними і позбавлені суб'єктивності дослідника.

Так, відомо, що за принципом отримання результату математичні методи можливо поділити на два класи: клас дедуктивних методів і клас індуктивних методів [1, 2]. Особливістю індуктивних математичних методів є те, що модель складної системи будується регресійним або кореляційним методами на основі таблиць даних, які містять знання про поведінку системи в минулому. В подальшому модель складної системи використовується для дослідження можливої поведінки складної системи в майбутньому. Алгоритм розроблення моделі на основі індуктивних методів математичного моделювання подана в статтях [3-6].

Метою статті є створення алгоритму розроблення та використання моделі під час проведення процесу прогнозування поведінки складної інерційної системи.

Виклад основного матеріалу дослідження

Алгоритм розроблення та використання моделі для прогнозування поведінки складної інерційної системи складається з трьох етапів:

розроблення варіанту моделі складної системи; перевірка варіанту моделі складної системи на ефективність функціонування;

використання моделі складної системи для проведення прогнозування.

Виходячи з даних, які містяться в базі даних стосовно цільової функції та аргументів, які відібрані дослідником для проведення роботи з

побудови моделі складної системи [7], проводиться операція з винайдення формульного виразу відповідності аргументів від цільової функції [2, 5, 8-10]. Загальний вигляд функціонування системи представлений на рис 1.

В ході прогнозування поведінки складної системи дослідником з використанням індуктивних методів математичного моделювання створюється модель складної системи. При побудові моделі використовуються відомі впливові, з точки зору особи яка приймає рішення, аргументи та відомі результати функціонування складної системи на вплив аргументів в минулому.

Це наступні дані: група аргументів, значення яких визначалися дослідником $(x_{i,t})_{i=1,t=1}^{I,T-1}$ в минулому; група аргументів, значення яких відстежувалися дослідником, але на які дослідник впливу не мав $(z_{j,t})_{j=1,t=1}^{J,T-1}$, реакція складної системи на вплив аргументів в минулому $(y_t)_{t=1}^{T-1}$.

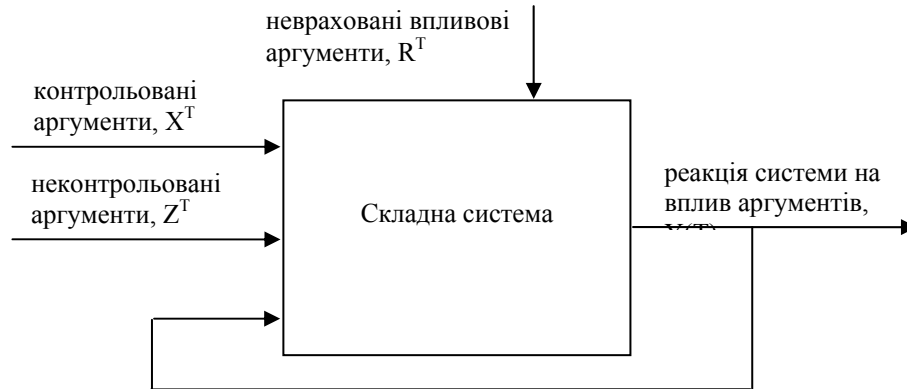


Рис.1. Загальний вигляд функціонування складної системи

де $x_{.T} = X^T = \begin{bmatrix} x_{1,T} \\ \dots \\ x_{I,T} \end{bmatrix}$ – група аргументів ($i=1..I$),

значення яких визначаються дослідником в T-ий момент часу;

$z_{.T} = Z^T = \begin{bmatrix} z_{1,T} \\ \dots \\ z_{J,T} \end{bmatrix}$ – група аргументів ($j=1..J$), на

які дослідник не має впливу в T-ий момент часу;

$r_{.T} = R^T = \begin{bmatrix} r_{1,T} \\ \dots \\ r_{K,T} \end{bmatrix}$ – група аргументів ($k=1..K$),

які дослідником не враховані в ході вироблення прогнозу в T-ий момент часу;

$Y(T)$ - реакція складної системи на вплив аргументів в T-ий момент часу.

Шляхом проведення регресійного аналізу отримується модель прогнозування поведінки складної системи. А саме, шляхом перетворень з використанням комбінаторного методу з обмеженою базою аргументів [3-6] знаходяться коефіцієнти шуканого рівняння $(c_n)_{n=1}^N$, де $n=1..N$ – кількість елементів рівняння моделі прогнозування поведінки складної системи.

Вигляд винайдення параметрів одного з рівнянь нелінійної множинної регресії в матричній формі подано в (1).

$$C = (XZ' \cdot XZ)^{-1} \cdot XZ' \cdot Y, \quad (1)$$

де $C = (c_n)_{n=1}^N$ – коефіцієнти шуканого рівняння моделі прогнозування поведінки складної системи;

$XZ = (x_{z_{n,t}})_{n=1,t=1}^{N,T-1}$ – матриця значень незалежних змінних зі складу групи аргументів, значення яких визначалися дослідником $(x_{i,t})_{i=1,t=1}^{I,T-1}$ в минулому, зі складу групи аргументів, значення яких відстежувалися дослідником, але на які дослідник впливу не мав $(z_{j,t})_{j=1,t=1}^{J,T-1}$ та їхніх комбінацій (варіанти та

кількість можливих комбінацій наведено в [4, 6]; XZ' - транспонована матриця XZ ;

$(XZ' \cdot XZ)^{-1}$ – обернена квадратна матриця розмірності $(N \cdot N)$;

$Y = (y_t)_{t=1}^{T-1}$ – реакція складної системи на вплив аргументів. В такому випадку прогноз поведінки складної інерційної системи на наступному кроці буде знаходитись за формульним виразом:

$$\hat{y}(t) = (XZ')^{-1} XZ \cdot XZ' \cdot C. \quad (2)$$

Після того, як сформовано модель прогнозування поведінки складної інерційної системи, є можливість перевірки її на ефективність функціонування (рис.2).

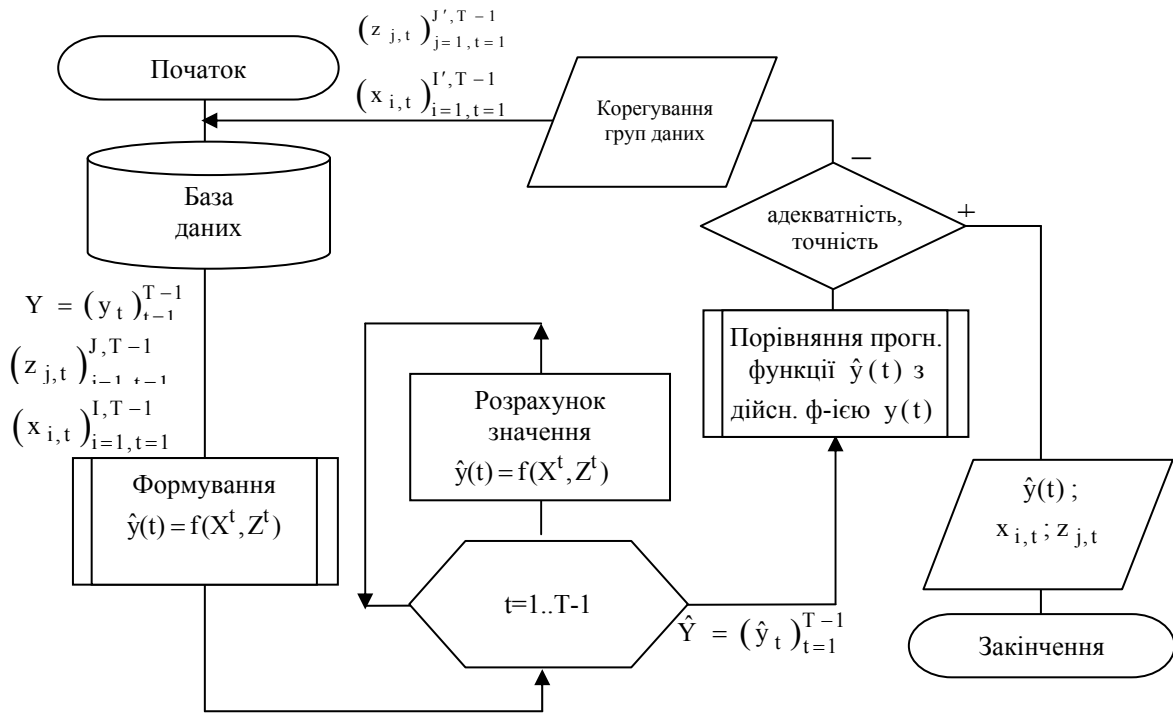


Рис. 2. Алгоритм оцінювання ефективності функціонування моделі прогнозування поведінки складної системи

де $(x_{i,t})_{i=1,t=1}^{I,T-1}$ – група аргументів, значення яких визначалися дослідником в минулому;

$(z_{j,t})_{j=1,t=1}^{J,T-1}$ – група важливих аргументів, значення яких відстежувалися дослідником, але на які дослідник не мав впливу;

$(y_t)_{t=1}^{T-1}$ – реакція складної системи на вплив аргументів в минулому;

$\hat{y}(t) = f(X^t, Z^t)$ – загальний вигляд моделі прогнозування поведінки складної системи (див. (2)).

На сформованій моделі проводиться розрахунок значень, що характеризують поведінку складної системи $\hat{y}(t)$. Далі розраховані дані порівнюються з дійсними значеннями поведінки складної системи $y(t)$ і проводиться їх оцінка на точність розрахунків і адекватність моделі складної системи, що побудована. Питання стосовно оцінювання точності розрахунків на моделі наведені в [5].

Стосовно оцінювання адекватності (відповідність характеру відпрацювання моделлю поведінки складної інерційної системи) необхідно зауважити, що перевірка моделі на адекватність проводиться шляхом аналізу розбіжностей $\varepsilon(t)$ між розрахованими та дійсними значеннями поведінки складної системи (3).

$$\varepsilon(t) = y(t) - \hat{y}(t). \quad (3)$$

Модель вважається адекватною, якщо розбіжності [11]:

- є випадковими;
- розподілені за нормальним законом;

їх середнє значення дорівнює нулю $\bar{\varepsilon} = 0$; розбіжності між собою незалежні.

Перевірка випадковості розбіжностей основана на доведенні факту відсутності тенденції між розбіжностями. Для цього використовується критерій серій. Після визначення медіани розбіжностей $\bar{\varepsilon}_m$, проводиться порівняння кожної розбіжності з медіаною і визначаються серії зі значень розбіжностей які менші або більші за визначену медіану. Таким чном визначається довжина максимальної серії L_{\max} та їх кількість l . Розбіжності вважаються випадковими на рівні значимості 0,05, якщо виконуються умови (4) і (5).

$$L_{\max} < 3,3 \cdot (\lg(T-1) + 1) \quad (4)$$

$$l > 0,5 \cdot (T-1,96 \cdot \sqrt{T-2}) \quad (5)$$

Розбіжності вважаються розподіленими за нормальним законом якщо виконуються умови (6) і (7).

$$|\bar{N}_a| < 1,5 \cdot \delta_a, \quad (6)$$

де \bar{N}_a – вибіркова характеристика асиметрії

$$\bar{N}_a = \frac{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^{T-1} \varepsilon(t)^3}{\sqrt{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^{T-1} \varepsilon(t)^2}};$$

δ_a – середньоквадратична помилка вибіркової

характеристики асиметрії: $\delta_a = \sqrt{\frac{6 \cdot (T-3)}{T \cdot (T+2)}}$.

$$\left| \bar{N}_e + \frac{6}{T} \right| < 1,5 \cdot \delta_e, \quad (7)$$

де \bar{N}_ϵ – вибіркова характеристика ексцеса

$$\bar{N}_\epsilon = \frac{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^{T-1} \epsilon(t)^3}{\sqrt{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^{T-1} \epsilon(t)^2}} - 3;$$

δ_ϵ – середньоквадратична помилка вибіркової характеристики ексцеса:

$$\delta_\epsilon = \sqrt{\frac{24 \cdot (T-1) \cdot (T-3) \cdot (T-4)}{T^2 \cdot (T+2) \cdot (T+4)}}.$$

Перевірка середнього значення ряду розбіжностей $\bar{\epsilon} = 0$ здійснюється з використанням критерію Стюдента. Середнє значення ряду розбіжностей не визнається рівним нулю при виконанні умови (8).

$$t_\epsilon = \frac{|\bar{\epsilon}| \cdot \sqrt{T-1}}{\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{T-1} (\epsilon(t) - \bar{\epsilon})^2}{T}}} > t_{1-\alpha, T-2}, \quad (8)$$

де $t_{1-\alpha, T-2}$ - значення критерію Стюдента. При цьому перший коефіцієнт визначає заданий рівень значимості, другий коефіцієнт – кількість ступенів свободи.

Незалежність ряду розбіжностей (відсутність автокореляції) перевіряється тестом Брешуа-Годфрі за оцінюванням значущості коефіцієнтів авторегресійного рівняння, який отриманий методом найменших квадратів. Наявність значущих коефіцієнтів в рівнянні говорить про наявність автокореляції між розбіжностями.

Після перевірки на адекватність та точність приймається рішення про відповідність моделі системі яка моделюється і приймається рішення про використання моделі для прогнозування поведінки складної інерційної системи в майбутньому. У разі негативної відповіді в ході перевірки моделі, приймається рішення про формування нової групи аргументів значення яких визначаються дослідником $(x_{i,t})'_{i=1,t=1}^{I',T-1}$ та групи аргументів, значення яких відстежуються дослідником $(z_{j,t})'_{j=1,t=1}^{J',T-1}$.

Після отримання ефективної моделі складної інерційної системи, наступає етап її використання для проведення прогнозування (рис.3).

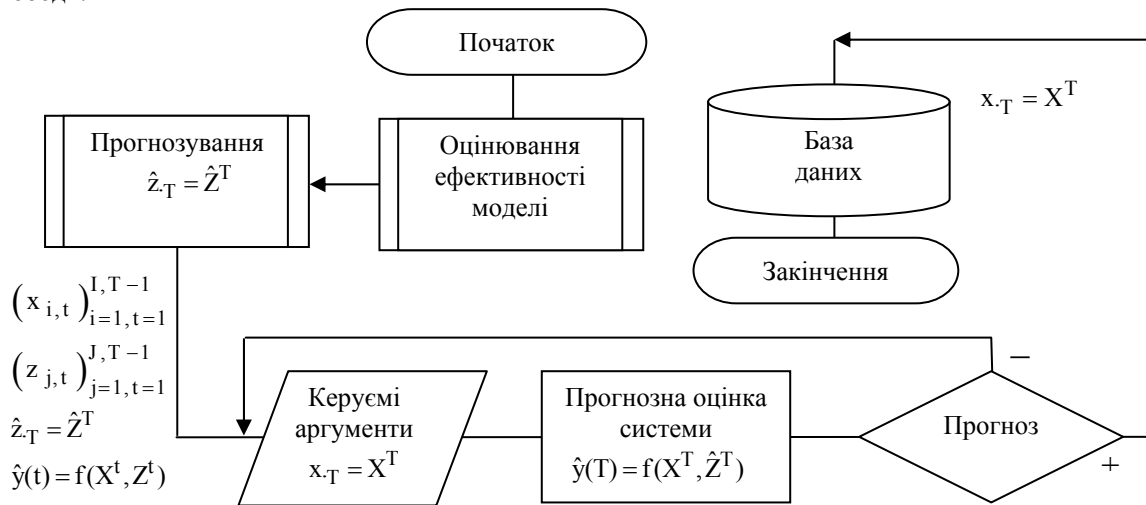


Рис. 3. Алгоритм прогнозування поведінки складної інерційної системи з використанням розробленої моделі

де $x_T = X^T = \begin{bmatrix} x_{1,T} \\ \dots \\ x_{I,T} \end{bmatrix}$ – група аргументів в T-ий

момент часу, значення яких визначаються дослідником;

$\hat{z}_T = \hat{Z}^T = \begin{bmatrix} \hat{z}_{1,T} \\ \dots \\ \hat{z}_{J,T} \end{bmatrix}$ – група важливих аргументів

на які дослідник не має впливу, значення яких прогнозується на T-ий момент часу за допомогою модуля побудови автокореляційної функції;

$\hat{y}(T) = f(X^T, \hat{Z}^T)$ – прогнозування стану складної інерційної системи в результаті впливу аргументів в момент часу T.

Робота з моделлю прогнозування поведінки складної системи починається з введення початкових аргументів управління (впливу на систему з боку ОПР) $x_T = X^T = \begin{bmatrix} x_{1,T} \\ \dots \\ x_{I,T} \end{bmatrix}$. З іншого

боку автокореляційний модуль прогнозує поведінку набору факторів, на які дослідник не може вплинути, але вважає важливими для

функціонування складної інерційної системи:

$$\hat{z}_{j,T} = \hat{Z}^T = \begin{bmatrix} \hat{z}_{1,T} \\ \dots \\ \hat{z}_{j,T} \end{bmatrix}. \text{ Загальна формула винайдення}$$

прогнозного значення окремого впливового аргумента у вигляді рівняння другого порядку подана нижче (9).

$$\begin{aligned} \hat{z}_{j,T} = & A_0 + A_1 z_{j,1} + \dots + A_n z_{j,T-1} + A_{n+1} z_{j,1}^2 + \\ & + \dots + A_{n+T-1} z_{j,T-1}^2 + A_{n+T} z_{j,1} z_{j,2} + \\ & + \dots + A_{n+2(T-1)} z_{j,1} z_{j,T-1} + \dots + A_N z_{j,T-2} z_{j,T-1} \end{aligned}$$

Після введення в модель прогнозування поведінки складної системи значень аргументів управління на T -ий момент часу і завершення процесу прогнозування значень некерованих впливових аргументів, отриманий результат ефективності функціонування складної інерційної системи $\hat{y}(T)$ оцінюється керівником для прийняття рішення стосовно його прийнятності в умовах функціонування, що склалися. В разі негативної оцінки прогнозу майбутнього стану системи, необхідно міняти значення аргументів управління до винайдення прийнятного результату.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Алгоритм розроблення та використання моделі для прогнозування поведінки складної інерційної

системи складається з трьох етапів: розроблення варіантів моделі складної системи; перевірка варіантів моделі складної системи на ефективність функціонування; використання моделі складної системи для проведення прогнозування.

Після розроблення варіантів моделей складних систем, з них обирається найефективніший за критеріями точності та адекватності. В разі незадовільного результату відтворення винайденою моделлю процесів, що протікають в складній інерційній системі, є можливість корегування процесу створення моделі за рахунок зміни складу групи аргументів, значення яких визначаються дослідником та групи аргументів, значення яких відстежуються дослідником.

Модель складної системи, яка розроблена з використанням комбінаторного методу з обмеженою базою аргументів, дозволяє проводити процес прогнозування поведінки складної інерційної системи з високою точністю.

В наступній статті пропонується висвітлити питання процесу визначення значень показників групи важливих аргументів, на які дослідник не має впливу, значення яких має прогнозуватися з використанням модуля побудови автокореляційної функції.

Література

1. Биченков В. В. Вибір математичного апарату для розроблення методики вирішення завдання оцінки ризиків досягнення визначених можливостей у залежності від рівня фінансування в системі оборонного планування / В. В. Биченков, Р. Г. Єфімова, А. С. Паламарчук // Труды університету № 114. – К., 2012. – С. 49–55. **2. Сбітнев А. І.** Алгоритм побудови моделі складної системи з використанням комбінаторного алгоритму з обмеженою базою аргументів / А. І. Сбітнев, В. В. Биченков // Труды університету. – 2014. – № 124. – С. 198–204. **3. Биченков В. В.** Разработка комбинаторного метода с ограниченной базой аргументов для построения моделей сложных систем / В. В. Биченков // Современный научный вестник, ООО “Руснаучкнига”. – 2014. – № 45 (241). – С. 29–37. **4. Биченков В. В.** Разработка алгоритма перебора вариантов полиномов по показателю уникальности вариантов набора аргументов формульных выражений / В. В. Биченков // Уральский научный вестник, ТОО “Уралнаучкнига”, – 2014. – № 42 (121). – С. 120–130. **5. Биченков В. В.** Розроблення системи критеріїв селекції формульних виразів для алгоритму побудови моделі складної системи з використанням комбінаторного методу з обмеженою базою аргументів / В. В. Биченков, В. Ф. Заїка // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2014. № 3(31). – С. 44–49. **6. Биченков В. В.** Алгоритм оптимального перебору формульних виразів комбінаторних алгоритмів з

визначеною базою аргументів / Биченков В.В. // Труды університету. – 2014. – № 126. – С. 100–107. **7. Биченков В. В.** Технологія розроблення знанняорієнтованих систем підтримки рішень в умовах ризиків та невизначеностей (етап “оброблення початкових даних”) / В. В. Биченков, Л. А. Заїка, Є. О. Судніков // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2013. – № 18. – С. 8–12. **8. Биченков В. В.** Оцінювання ефективності функціонування регресійної моделі, розробленої на основі алгоритму побудови моделі складної системи з використанням комбінаторного методу з обмеженою базою аргументів при побудові рівнянь першого ступеня / В. В. Биченков // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2015. – № 22. – С. 12–18. **9. Биченков В. В.** Оцінювання ефективності функціонування регресійної моделі складної системи при побудові рівнянь з різним характером залежностей / В. В. Биченков // Труды університету – 2015. – № 128 – С. 98–108. **10. Биченков В. В.** Оценка эффективности функционирования модели разработанной с использованием комбинаторного метода с ограниченной базой аргументов в зависимости от размера учебной выборки / В. В. Биченков // Современный научный вестник, ООО “Руснаучкнига”. – 2015. – № 5 (252). – С. 89–101. **11. Шанченко Н. И.** Лекции по эконометрике / Шанченко Н. И. – Ульяновск : УлГТУ, 2008. – 139 с.

ЭТАПЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ СЛОЖНОЙ ИНЕРЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗРАБОТАННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ

Василий Васильевич Быченков (канд. техн. наук, с.н.с.)

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

В статье рассматривается вопрос прогнозирования сложных инерционных систем с использованием моделей сложных систем. Указывается, что исходные данные модели делятся на три группы: группа аргументов, значения которых определяются исследователем, группа аргументов, значения которых наблюдаются исследователем, но исследователь на них влияния не имеет, группа аргументов, значения которых не учтены в ходе прогнозирования. Выходные данные системы это – реакция сложной системы на влияние аргументов. Зная историю воздействий внешних факторов на систему и реакцию системы на воздействия – есть возможность создания модели функционирования сложной инерционной системы. В статье предложен алгоритм создания и использования модели для прогнозирования поведения сложной инерционной системы. Отмечено, что алгоритм состоит из трех этапов: разработки вариантов модели сложной системы; проверки эффективности вариантов модели сложной системы; использования модели сложной инерционной системы во время прогнозирования. Использование алгоритма создания и использования модели для прогнозирования поведения сложной инерционной системы позволит формировать модели, которые будут отвечать требованиям достаточной точности проводимых расчетов и адекватности протекания отображенных процессов в модели процессам, которые существуют в сложной инерционной системе.

Ключевые слова: сложная инерционная система; регрессионная модель; эффективность прогнозирования поведения сложной инерционной системы.

PREDICTION STAGES OF THE DIFFICULT INERTIA SYSTEM BEHAVIOR WITH THE USE OF THE DEVELOPED SYSTEM MODEL

Vasyl V. Bychenkov (Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow)

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

The difficult inertia systems prediction question with the use of the difficult systems models is considered in the article. It is indicated, that the entrance model data consist of three groups: the arguments group when argument's values are determined by a researcher, the arguments group when argument's values are observed by a researcher, but researcher doesn't have an impact on this arguments, the arguments group when values are not taken into account during prediction. The system output data is –the difficult system reaction on epyarguments effect. From knowledge of the external factors effect on the system history and system response to epy effect - there is possibility of creating the difficult inertia system model. The model creation and use algorithm for prediction of the difficult inertia system behavior is offered in the article. It is marked, that the algorithm consists of the three stages: developing difficult system model variants; checking difficult system model variants efficiency; using difficult inertia system model during prediction. The use of the model creation and use algorithm for prediction of the difficult inertia system behavior will allow developing models, which will meet requirements of adequate calculations accuracy which are conducted and adequacy execution of the represented processes in the model to the processes which exist in the difficult inertia system.

Keywords: difficult inertia system; regressive model; prediction efficiency of the difficult inertia system behavior.

References

- 1. Bychenkov V.V.,** Jefimova Y.H., Palamarchuk A.S. (2012), Choice of mathematical method for development of definite risks estimation task method of decision possibilities in dependence on the level of financing in the defensive planning system. [Vybir matematychnoho aparatu dlia rozroblennia metodyky vyryshennia zavdannia otsinky ryzykiv dosiahnennia vyznachenykh mozhlyvostei u zalezhnosti vid rivnia finansuvannia v systemi oboronnoho planuvannia], Trudy universytetu, No. 114, pp. 49–55.
- 2. Sbitniev A.I.,** Bychenkov V.V. (2014), Algorithm of construction of the difficult system model with the use of combination algorithm with the limited arguments base. [Alhorytm pobudovy modeli skladnoi systemy z vykorystanniam kombinatornoho alhorytmu z обмеженоiu bazoiu arhumentiv], Trudy universytetu, No. 124, pp. 198–204.
- 3. Bychenkov V.V.** (2014), Development of combined method with the limited base of arguments for models construction of the difficult systems. [Razrabotka kombinatornogo metoda s ogranichennoj bazoj argumentov dlja postroenija modelej slozhnyh sistem], Sovremennyj nauchnyj vestnik, No. 241, pp. 29–37.
- 4. Bychenkov V.V.** (2014), Development of algorithm of polynomials variants surplus on the index of uniqueness of arguments set variants of equations. [Razrabotka algoritma perebora variantov polinomov po pokazatelju unikal'nosti variantov nabora argumentov formul'nyh vyrazhenij], Ural'skij nauchnyj vestnik, No. 121, pp. 120–130.
- 5. Bychenkov V.V.,** Zaika V.F. (2014), Development of the selection criteria system of equations for the algorithm of model construction of the difficult system with the use of combined method with the limited base of arguments. [Rozroblennia systemy kryteriiv seleksii formulnykh vyraziv dlia alhorytmu pobudovy

modeli skladnoi systemy z vykorystanniam kombinatornoho metodu z obmezhenoiu bazoiu arhumentiv], Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku, No. 31, pp. 44–49. **6. Bychenkov V.V.** (2014), Algorithm of optimum surplus of equations of combined method with the definite base of arguments. [*Alhorytm optimalnoho pereboru formulnykh vyraziv kombinatornykh alhorytmiv z vyznachenoiu bazoiu arhumentiv*], Trudy universytetu, No. 126, pp. 100–107. **7. Bychenkov V.V., Zajika L.A., Sudnikov Y.O.** (2013), Technology of the knowledge decisions acceptance support system development in the risks and vaguenessesconditions (stage of the initial “data processing”). [*Tekhnologhija rozroblennja znannjaorijentovanykh system pidtrymky rishenj v umovakh ryzykiv ta nevyznachenostej (etap “obroblennja pochatkovykh danykh”)*], Suchasni informatsiini tekhnologii u sferi bezpeky ta oborony, No. 18, pp. 5–10. **8. Bychenkov V.V.** (2015), Evaluation of efficiency functioning of the regressive model developed on the basis of algorithm of construction of the difficult system model with the use of combination method with the limited base of arguments at construction of the first degree equalization. [*Otsiniuvannia efektyvnosti funktsionuvannia rehresiinoi*

modeli, rozroblenoj na osnovi alhorytmu pobudovy modeli skladnoi systemy z vykorystanniam kombinatornoho metodu z obmezhenoiu bazoiu arhumentiv pry pobudovi rivnian pershoho stupenia], Suchasni informatsiini tekhnologii u sferi bezpeky ta oborony, No. 22, pp. 12–18. **9. Bychenkov V.V.** (2015), Evaluation of efficiency of functioning of the regressive model of the difficult system at construction of equalization with a different character. [*Otsiniuvannia efektyvnosti funktsionuvannia rehresiinoi modeli skladnoi systemy pry pobudovi rivnian z riznym kharakterom zalezhnostei*], Trudy universytetu, No. 128, pp. 98–108. **10. Bychenkov V.V.** (2015), The efficiency estimation of functioning of model with the use of combination method with the limited base of arguments depending of the educational selection size. [*Ocenka jeffektivnosti funkcionirovanija modeli razrabotannoj s ispol'zovaniem kombinatornogo metoda s ogranichennoj bazoj argumentov v zavisimosti ot razmera uchebnoj vyborki*], Sovremennyj nauchnyj vestnik, No. 252, pp. 89–101. **11. Shanchenko N. I.** (2008), Lectures of mathematical economy. [*Lekcii po jekonometrike*], UIGTU, Uljanovsk, 139 p.

Отримано: 15.06.2015 р.