



**IX Міжнародна конференція
КОНТРОЛЬ І УПРАВЛІННЯ
В СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ
(КУСС-2008)**

СЕКЦІЯ 1

Моделювання та керування складними системами

Підсекція 1.2

Моделювання і керування в умовах невизначеності

МЕТРИКА В ПРОСТОРІ НАПРЯМЛЕНИХ РІВНІВ НАЛЕЖНОСТІ СЛАБКО ЗАДАНИХ ПАРАМЕТРІВ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

В роботах авторів [1-5] запропоновано новий підхід до моделювання невизначених параметрів складних систем на основі розроблюваного ними апарату теорії слабких множин, який дозволяє моделювати невизначені параметри за умов відсутності не тільки числових, але й нечітких та лінгвістичних значень цих параметрів. Основним інструментом нової технології моделювання складних систем в умовах невизначеності даних є задана в універсумі X слабка множина \tilde{A} [2, 3, 6], яка на відміну від нечіткої множини \tilde{A} задається не функцією належності, а функцією рівнів $v_A : X \rightarrow M_{\alpha\omega}$, де $M_{\alpha\omega} = [0; 1] \times \{ +; - \} \setminus \{ (1; -) \}$ – простір напрямлених рівнів належності, який є декартовим добутком простору ненапрямлених рівнів належності $[0; 1]$ та простору напрямленостей $\{ +; - \}$.

Елементи простору $M_{\alpha\omega}$ є упорядкованими парами виду $\alpha^+ = (\alpha; +)$, $\beta^- = (\beta; -)$, $\alpha, \beta \in M_\alpha$ і називаються відповідно позитивно (α^+) та негативно (β^-) напрямленими рівнями належності.

В просторі ненапрямлених рівнів належності має місце звичайний нестрогий лінійний порядок, а в просторі напрямленостей – лінійний порядок $\{ (+, +), (+, -), (-, -) \}$. Що стосується простору $M_{\alpha\omega}$, то на ньому задано спеціальний строгий лінійний порядок $S_{\alpha\omega}$ такий, що

$$S_{\alpha\omega} = \forall (\alpha, \omega_\alpha), (\beta, \omega_\beta) \in M_{\alpha\omega} ((\beta, \omega_\beta) > (\alpha, \omega_\alpha) \Leftrightarrow (\beta > \alpha \wedge \omega_\beta = \omega_\alpha) \vee (\omega_\beta > \omega_\alpha)),$$

Лінійний порядок $S_{\alpha\omega}$ в просторі напрямлених рівнів належності суттєво відрізняється від звичного порядку на множині дійсних чисел. Тому в цьому просторі неможливо використовувати звичайну евклідову метрику [4].

Відомо, що багато фундаментальних понять та результатів математичного аналізу пов'язано не з алгебраїчною природою дійсних чисел, а лише з поняттям відстані в просторі дійсних чисел, тобто з множиною дійсних чисел, як метричним простором. До таких понять зокрема відносяться основні поняття та результати теорії границь, поняття неперервності та гладкості функцій та інші. Для того, щоб ввести аналогічні поняття в теорії слабких множин та, зокрема, важливі для застосувань цієї теорії поняття неперервних та розривних, спадних та зростаючих слабких множин, необхідно задати метрику в просторі напрямлених рівнів належності. Очевидно, що ввести метрику в просторі $M_{\alpha\omega}$ можна різними способами. В доповіді вводиться метрика ρ_M так, щоб на геометричному зображенні простору $M_{\alpha\omega}$ [4] відстань між будь-якою парою точок цього простору можна було виміряти з допомогою звичайної лінійки, а у випадку однонапрямленої множини рівнів належності метрика ρ_M збігалась із звичайною метрикою ρ_R дійсних чисел, тобто

$$\forall \alpha, \beta \in M_\alpha (\rho_M(\alpha^+, \beta^+) = \rho_M(\alpha^-, \beta^-) = \rho_R(\alpha, \beta)).$$

Отримані результати дозволяють зображати графіки неперервних та розривних, а також спадних та зростаючих функцій напрямлених рівнів належності в напрямлених осях координат [4] так, щоб вони виглядали аналогічно відповідним дійсним функціям в звичайних декартових осях. Це дає можливість значно спростити процес моделювання та аналізу невизначених параметрів складних систем з допомогою слабких множин.

Література

1. Мокін Б.І., Камінський В.В. Слабкі множини та їх застосування до розв'язання задач прийняття рішень в умовах невизначеності даних // Вісник ВПІ. - 2004. - №3. - С. 102-108.
2. Мокін Б.І., Камінський В.В. Основы теории слабых множеств и её прикладные аспекты // Материалы 12-й международной конференции по автоматическому управлению (Автоматика – 2005) – Харьков: Изд-во НТУ “ХПИ”. - 2005. - Т.1. - С. 22 - 23.
3. Мокін Б.І., Камінський В.В. Математичне моделювання невизначених параметрів режиму електромереж з допомогою слабких множин // Вісник ВПІ. - 2005. – №6. - С. 89 - 96.
4. Мокін Б.І., Камінський В.В. Геометрична інтерпретація слабких множин та їх систем нечітких реалізацій // Вісник ВПІ. - 2006. - №4. - С. 34 - 47.
5. Мокін Б.І., Камінський В.В. Слабкі множини як альтернатива нечітким множинам в моделюванні невизначених параметрів складних систем // Вісник ВПІ. - 2006.- №6. - С. 226-230.

В.М.Кутін, д.т.н., проф.; С.В.Матвієнко, аспірант; В.В.Луцяк, аспірант
ВИЗНАЧЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ СКЛАДНОГО ОБ'ЄКТА

В якості складного об'єкта розглядається система до якої входить ряд підсистем, що мають самостійне значення, тобто працездатність яких оцінюється окремо. Вважається, що складний об'єкт є працездатним, якщо працездатні всі підсистеми, що його складають і не працездатним, коли непрацездатна хоча б одна із підсистем.

Для оцінки запасу роботоздатності об'єкта запропоновано використовувати критерій

$$\xi(\bar{x}) = \frac{1}{B(\bar{x})}, \quad (1)$$

де $\bar{x} = (x_1 \dots x_n)$ – вектор, що відображає функцію роботоздатності об'єкта; $B(\bar{x})$ - числова величина, що відображає умови роботоздатності складного об'єкта, обчислюється за виразом

$$B(\bar{x}) = \sum_{i=1}^n a_i |x_i - y_i| / \sqrt{\prod_{i=1}^n |x_i - y_i|^\alpha}, \quad (2)$$

де x_i - діагностичний параметр підсистеми, який в процесі експлуатації може наблизитись до свого граничного значення y_i .

Величина $B(\bar{x})$ повинна відповідати умові $B(\bar{x}) > 0$ і зростає до ∞ при $\bar{x}(x_1, x_2 \dots x_n) \rightarrow y(y_1, y_2 \dots y_n)$, якщо хоча б одна із компонент, $x_y \rightarrow y_x$, тоді $B(\bar{x}) \rightarrow \infty$; більш вагомих компонент, що входить в \bar{x} , оцінюється коефіцієнтом a_i і сильніше впливає на величину $B(\bar{x})$; $\alpha > 0$ - довільне число; n – кількість підсистем складного об'єкта.

Із виразу (1) зрозуміло, що величина $\xi(\bar{x})$ буде змінюватись при зміні $\{x_i\}$ від ξ_{\max} до 0 (при $x_i = y_i$), характеризуючи ступінь працездатності складного об'єкта.

В тих випадках, коли структура об'єкта дозволяє здійснювати оцінку працездатності диференційно, складний об'єкт також можна розбити на підсистеми, роботоздатність яких характеризуються своїми показниками і для оцінки роботоздатності об'єкта можна використати вираз (1).

В якості вагових коефіцієнтів a_i в виразі (2) можна використати, в залежності від виду діагностичних моделей, значення кореневих чутливостей або чутливостей різних показників x_i до змін, які відбуваються в об'єкті. При оцінці роботоздатності в якості параметрів об'єкта можна розглядати параметри елементів, коефіцієнти передатної функції або параметри динамічних систем. Якщо в якості діагностичної моделі розглядається характеристичне рівняння, а в якості складових x розглядаються їх коефіцієнти, то їх вага a_i може бути оцінена по ступеню впливу на рішення задачі.

Недолік методу полягає в тому, що при несправності хоча б одного із елементів, $B(\bar{x})$ буде намагатись до ∞ , то об'єкт є непрацездатним. В дійсності він здатен виконувати основну функцію. Тому необхідно попередньо дати оцінку впливу окремих змінних на працездатність об'єкта в цілому і відкинути ті, які мало впливають, або попередньо спростити модель.

Наприклад, якщо в якості діагностичної моделі об'єкта використовується передатна функція, то еквівалентну модель можна отримати шляхом розкладу її а ланцюгову дріб і оцінити похибку при відкиданні залишку на кожному кроці.

Є.Покровський, О.Савчук, І.Захаренко

МОДЕЛЬ КОНСТРУКТОРА МЕРЕЖЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ НАДІЙНОСТІ

Мережева структура обробки даних в широкому сенсі може розглядатися як структура системи/моделі масового обслуговування (СМО) з дискретними станами і безперервним часом. Вже в такій постановці аналітичного завдання, коли вхід/вихід структури пов'язаний з сигналом/пакетом даних, можуть бути поставлені і вирішені питання параметризації мережі, - перш за все, оцінені параметри її ефективності: швидкодія, пропускна спроможність тощо. Такий підхід, не претендуючи на оригінальність, може бути реалізований в двох відомих варіантах моделювання - імітаційному (через програму відтворення характерних точок модельованого процесу) і аналітичному (через побудову графа станів, складання і розв'язання системи диференціальних рівнянь Колмогорова). У останньому випадку негайно виникає проблема розмірності задачі, що знімається, як відомо, розглядом граничного режиму (коли час прямує до нескінченності) і переведенням диференціальних рівнянь в алгебраїчні.

Подальший розвиток моделі параметризації мережі СМО дозволяє виділити в ній самостійний параметр надійності (безвідмовності/ безпомилковості/ беззбійності) структури і пов'язати його з параметром ефективності. Тут виникають два можливі підходи до аналізу - згаданий вище класичний підхід, коли вхід структури асоціюється з сигналом/пакетом/запросом, і пропонується в даній роботі підхід «ланцюгового» розвитку відмови, коли із загальної структури мережі виділяється її підструктура, в якій входом - заявкою на обслуговування є відмова/збій попереднього елемента структури, що вражає подальші елементи виділеної підструктури.

Узагальнення зв'язаних параметрів ефективності і надійності складної мережі СМО в її взаємодії з розподіленими структурами баз даних/знань може бути піднято на рівень аналізу моделі рівноважності/стійкості комбінованої структури «мережа-база» з підключенням адекватного математичного апарату теорії стійкості і теорії катастроф.

Самостійне значення при цьому може також придбати задача діагностики мережі і локалізації компоненту, що відмовив. В роботі запропонований алгоритм та програма для розпізнання паралельних та послідовних структур різного вкладання для наступного розрахунку показників надійності.

А.В. Усов, д.т.н., проф., Е.Н. Богданова, аспирант

РОБАСТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ

Аннотация. С целью обеспечения требуемых характеристик качества обрабатываемых поверхностей, предлагается использовать робастные системы управления термомеханическими процессами при механической обработке

Abstract. With the purpose of providing of the required descriptions of quality of the processed surfaces, it is suggested to use robastnye control system by termomekhaniches processes for tooling.

Ключевые слова робастная система управления, термомеханические процессы, качество , механическая обработка, изделие.

Среди процессов, присущих механической обработке, важное место принадлежит термомеханическим явлениям. Они оказывают существенное влияние на уровень нагрева элементов технологической системы, на контактные явления трущихся пар, на энергозатраты в процессе обработки, на качество рабочих поверхностей деталей. Поэтому управление термомеханическим состоянием технологических систем является одним из резервов повышения качества изделий.

Известны автоматические устройства, стабилизирующие за счет изменения режимов обработки силы резания контактную и импульсную температуры механической обработки. Эти устройства снабжены датчиками контактной и импульсной температур, усилителем мощности, логическим блоком выбора исполнительных органов, органами сравнения и задающими устройствами.

Недостатком известных устройств является то, что стабилизация каждого из этих параметров в отдельности не гарантирует стабильного сохранения высокого качества обрабатываемых деталей. Кроме того, аналоговые устройства, к которым относятся все известные устройства по обеспечению качества поверхностного слоя деталей при механической обработке, не реагируют на быстроизменяющиеся параметры процесса. Поэтому схемы управления процессом обработки на аналоговых устройствах являются громоздкими и неадекватно отрабатывают изменение управляемых параметров. С целью обеспечения требуемых характеристик качества обрабатываемых поверхностей, необходимо использовать робастные системы управления термомеханическими процессами. Многие современные подходы к синтезу делают акцент на робастность систем – робастность устойчивости и робастность качества – в условиях неопределенности. Эти подходы, прежде всего, учитывают тот факт, что реальные физические системы и окружающие условия, в которых они работают, не могут быть смоделированы абсолютно точно, они могут изменяться непредсказуемым образом, и могут подвергаться всевозможным возмущениям. Методы синтеза систем управления, термомеханическими процессами при механической обработке деталей , предполагали, что модели объекта и регулятора известны, и они имеют постоянные параметры. Однако модель реальной физической системы всегда будет неточной по следующим причинам: изменение параметров в силу тех или иных обстоятельств; не учтенное запаздывание по времени; помехи в работе датчиков; инерционные свойства исполнительных органов; непредсказуемые внешние возмущения. Робастная система управления термомеханическим состоянием технологической системы обладает требуемым качеством, несмотря на существенную неопределенность характеристик объекта управления.

А. И. Дервянко, к.т.н., доц., А. В. Евтушенко, аспирант
ИМПУЛЬСНЫЙ МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ХАОТИЧЕСКИМ
РЕЖИМОМ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

С момента выхода работы [1] было предложено большое количество алгоритмов управления хаосом. Их можно разбить на две группы. Алгоритмы, относящиеся к первой группе, требуют знания о модели системы. Алгоритмы второй группы предполагают, что система является черным ящиком.

В [2, 3] предложен метод подавления хаоса в нелинейных системах путем импульсного воздействия на параметры системы через промежутки времени T :

$$x_i(t) \leftarrow x_i(t) [1 + \lambda_i \delta(t - jT)], \quad j = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

где x_i – i -й параметр системы, λ_i – коэффициент пропорциональности, который определяет интенсивность воздействия на i -й параметр системы.

Основное достоинство этого метода управления в том, что для его применения нет необходимости моделировать систему.

На рисунке 1 представлены результаты численного эксперимента по подавлению хаотического поведения для цепи Чуа:

$$\frac{dx}{dk} = \alpha [y - x - I(x)], \quad \frac{dy}{dk} = x - y + z, \quad \frac{dz}{dk} = -\beta y - yz \quad (2)$$

где $I(x) = ax + bx^3$, k – безразмерное время.

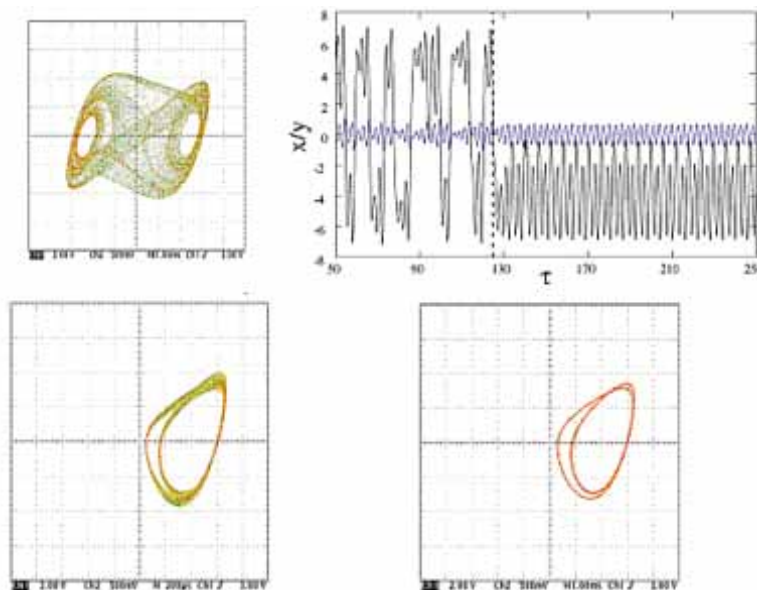


Рисунок 1 – Эволюция фазового пространства во времени при численном эксперименте.

В системе, находящейся в хаотическом движении, в определенный момент времени включается импульсное воздействие на переменную y . На рисунке 1 показано, что движение фазовых траекторий системы, под воздействием управляющих импульсов, стабилизируется до колебаний периода 2.

Литература

1. Ott T., Grebogi C., Yorke G. Controlling Chaos // Phys. Rev. Lett. 1990. V. 64. № 11. p. 1196-1199
2. Фрадков А.Л. Кибернетическая физика: принципы и примеры. СПб.: Наука, 2003. – 208 с.
3. P. Ruiz, J.M. Gutierrez, J. Guemez. Experimental mastering of nonlinear dynamics in circuits by sporadic pulses // Chaos, Solitons and Fractals. 2008. V. 36 p. 635-645

А.Н. Воронин, д. т. н., проф.; Л.Н. Колос, аспирантка

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ТРУДНОФОРМАЛИЗУЕМЫХ, СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ЗАДАЧАХ

Крупномасштабные социально-экономические системы представляют собой, как правило, многомерные, многоуровневые, многосвязные объекты. Вследствие этого подлежащие решению задачи являются многокритериальными [1] и требуют учета и оценки многих влияний, сил и последствий, характеризующих варианты решений. Основной проблемой при решении таких задач является значительное превышение объема информации о сравниваемых альтернативах над возможностями человеческого мозга по ее оперативной обработке. В качестве средства решения указанной проблемы методология системного анализа предлагает декомпозиционно-агрегативный подход к решению многокритериальных задач. Декомпозиция сложных задач традиционно осуществляется путем формирования иерархии критериев на этапе постановки задачи, а агрегирование – путем калькулирования (как правило, на базе взвешенного суммирования) оценок, полученных на различных уровнях иерархии критериев с учетом их относительной приоритетности.

При решении таких задач широко используемым инструментом анализа, математического моделирования и управления являются системы поддержки принятия решений. В данной работе рассматривается система [2], предназначенная для структуризации и анализа сложных, трудноформализуемых, слабоструктурированных задач различной природы (экономической, управленческой, технической и др.). Она применяется для построения модели изучаемого явления или процесса на основе описания влияний факторов с помощью иерархических систем и использования оценок экспертов с последующим определением наиболее эффективных управленческих решений. В основу оценки объектов положен метод вложенных скалярных сверток [1]: скалярные свертки компонент векторных критериев на нижнем уровне служат компонентами векторных критериев на высшем уровне иерархии. Скалярная свертка критериев, полученная на самом верхнем уровне, становится выражением для оценки иерархической системы в целом. Если использовать линейную свертку, то возможна ситуация, когда низкая оценка по одному критерию может быть компенсирована высокой оценкой по другому, что нужно учитывать при выборе весов критериев. Поэтому в данной работе все скалярные свертки снизу доверху осуществляются на основе концепции нелинейной схемы компромиссов [1]: в случае, когда оценка по какому-то из критериев близка к неприемлемому значению (к ограничению) – схема «сигнализирует» об этой ситуации. Такой подход позволяет «штрафовать» альтернативы при приближении оценок по критериям к предельно допустимым значениям. Для расчета аналитических оценок эффективности, а также для получения качественной оценки эффективности по уровням иерархии, моделирующей оцениваемый объект, используются методы экспертных оценок.

Предложенная компьютерная система позволяет оценить результаты целенаправленного изменения тех или иных факторов или их влияния в иерархической системе, обеспечивает возможность достаточно просто решать задачи многокритериального оценивания, дает возможность выводить результаты в виде графиков и диаграмм, что позволяет зрительно выявлять влияние факторов на различных уровнях иерархии и принимать соответствующие меры по повышению достоверности получаемых результатов. Отличительной чертой заложенного в систему подхода является возможность получения нормированной оценки одного, данного варианта, безотносительно к наличию (или отсутствию) других альтернатив.

Література

1. Воронин А.Н. Метод вложенных скалярных сверток в теории многокритериальной оценки и оптимизации // Проблемы управления и информатики. – 2006. – №5. – С.64-68.
2. Воронин А.Н., Колос Л.Н. Алгоритм и программная реализация многокритериальной оценки иерархических систем // Автоматизація виробничих процесів. – 2006. – №2 (23). – с. 101-108.

Ю.Е.Обжерин, д.т.н., проф.; Е.Г.Бойко, ассистент

ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОТКАЗОВ НА НАДЕЖНОСТЬ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Одна из важнейших задач, решение которой обеспечивает не только надежность технической системы (ТС), но и качество выпускаемой продукции – своевременный контроль параметрических отказов [1]. В современной литературе рассматриваются математические модели процесса контроля-восстановления, учитывающие, в основном, влияние только периодичности контроля на технико-экономические показатели ТС [2], и мало внимания уделяется различным стратегиям проведения контроля, на которые необходимо обращать особое внимание для каждой исследуемой ТС индивидуально, в связи с многообразием контролируемых параметров и систем контроля. Большинство результатов получены для однокомпонентных систем.

В данной работе рассмотрена математическая модель восстанавливаемой двухкомпонентной ТС с учетом проведения контроля параметрических отказов с функциями распределения общего вида времени безотказной работы и интервалов времени между включением приборов контроля.

Для определения характеристик надежности и эффективности исследуемых АС используется теория полумарковских процессов с общим фазовым пространством состояний [3].

В настоящей работе получены формулы для определения основных стационарных характеристик надежности двухкомпонентной ТС. В ходе решения поставленной задачи была составлена система интегральных уравнений [4]. Результатом ее решения явилось стационарное распределение вложенной цепи Маркова, которое и было использовано при получении основных стационарных характеристик надежности технической системы.

Применение полученных формул позволило проанализировать влияние различных режимов проведения контроля параметрических отказов на надежность ТС для различных функций распределения времени наработки на отказ и функций распределения интервалов времени между включением приборов контроля.

Полученные результаты могут быть использованы при решении задач нахождения оптимального периода контроля для различных законов распределения параметров системы, а также для различных режимов контроля.

Литература

1. Автоматизация процессов в производстве / Под ред. А.И. Дашенко. – М.: Высш. шк., 1991. – 480 с.
2. Автоматический контроль радиоэлектронного и электротехнического оборудования/ А.И. Мартяшин, А.Г. Рыжковский, К.Н. Чернецов, В.М. Шлядин; Под общ. Ред. В.М. Шлядина, А.И. Мартяшина. – М: Энергия, 1972. – 264 с.
3. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов/Г.Н. Черкесов. – СПб.: Изд-во «Питер», 2005. – 479 с.
4. Половко А.М. Основы теории надежности/А.М. Половко, С.В. Гуров. – 2-е изд., перераб.и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.

А.И.Песчанский, канд. физ.-мат. наук, доцент

КАЛЕНДАРНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ МОНОТОННОЙ СИСТЕМЫ С УЧЁТОМ МИНИМАЛЬНОГО АВАРИЙНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЕЁ ЭЛЕМЕНТОВ

Рассматривается N – компонентная система с монотонной структурой. К таким системам относятся, например, последовательные, дублированные, мостиковые системы, системы « P из N », системы с раздельно-общим резервированием.

Время безотказной работы i –го элемента системы - случайная величина (СВ) α_i с функцией распределения (ФР) $F_i(t) = P(\alpha_i \leq t)$, $i = \overline{1, N}$. Индикация отказа элемента осуществляется мгновенно и начинается его аварийное восстановление (АВ), которое длится случайное время β_i с ФР $G_i(t) = P(\beta_i \leq t)$, $i = \overline{1, N}$. После АВ элемент, проработавший время u_i , имеет «остаточную наработку» с ФР $F_{i,u_i}(t) = \frac{F_i(u_i + t) - F_i(u_i)}{F_i(u_i)}$. Таким образом, АВ делает

элемент работоспособным, но по его окончании интенсивность отказов элемента такая же, как непосредственно перед отказом. Через заданный интервал времени τ_i после начала функционирования i -го элемента системы, независимо от его состояния, проводится предупредительное техническое обслуживание (ТО) этого элемента, длительность которого – СВ β_i^p с ФР $G_i^p(t) = P(\beta_i^p \leq t)$. После ТО все надежность характеристики элемента полностью обновляются. Таким образом, обновление элементов осуществляется через определенные промежутки времени, а в промежутках между ТО в случае отказа проводится лишь минимальное восстановление элементов. Предполагается, что все СВ независимы, имеют абсолютно непрерывные ФР и конечные математические ожидания $M\alpha_i, M\beta_i, M\beta_i^p$. Очереди на восстановление не возникает. Известны доход за единицу исправного функционирования, плата за единицу времени АВ и ТО каждого элемента системы.

Система находится в работоспособном состоянии тогда и только тогда, когда, по крайней мере, одна из последовательных структур минимального пути работоспособна, и считается в отказе, если, по крайней мере, одна из параллельных структур минимального сечения находится в нерабочем состоянии (по причине ТО или АВ ее элементов). Предполагается, что в результате АВ или ТО какого-либо элемента не происходит отключение тех работоспособных элементов, функционально связанных с отказавшим, которые не принадлежат более ни одному работоспособному пути.

Требуется определить следующие показатели качества функционирования системы: стационарный коэффициент технического использования, среднее стационарное время восстановления и среднюю стационарную наработку на отказ, среднюю удельную прибыль, приходящуюся на единицу календарного времени и средние удельные затраты, приходящиеся на единицу времени исправного функционирования системы. Определить промежутки времени τ_i между окончанием предыдущих и началом последующих ТО элементов, для которых указанные показатели качества функционирования системы имели бы оптимальные значения.

Для решения задачи используется аппарат теории полумарковских процессов с дискретно-непрерывным фазовым пространством состояний. Находится стационарное распределение вложенной цепи Маркова. Искомые стационарные характеристики системы выражаются через структурную функцию системы, среднее время ТО и среднее число «0-восстановлений» «1-восстановлений» альтернирующих процессов восстановлений за время между проведением предупредительных ТО элементов системы.

РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СКЛАДНОГО ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ АВТОМАТИЗОВАНОГО СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Відмови складних технічних систем і процесів у атомній енергетиці можуть мати катастрофічні наслідки, тому розрахунок надійності, живучості й безпеки структурно і якісно складних системних об'єктів і процесів є актуальною науково-практичною та інженерною задачею. Одним з таких складних і відповідальних програмно-технічних комплексів АЕС є перевантажувальна машина ядерного палива (ПМ), що оснащена системою управління (СУМП). Для одержання визначених нормативними документами параметрів надійності перевантажувальної машини (ПМ) датчики і виконавчі механізми резервовані.

Комп'ютерно-інтегрована СУМП забезпечує виконання повного циклу перевантажувальних операцій і базується на принципах безумовного забезпечення пріоритету безпеки при експлуатації АЕС. Складні варіантні розрахунки параметрів надійності за традиційними методиками для структурних схем ПМ з різною кратністю резервування обладнання дуже трудомісткі внаслідок значного об'єму ручних обчислень. Версія сучасного програмного комплексу автоматизованого структурно-логічного моделювання й розрахунку надійності й безпеки ПК АСМ 2001 була безкоштовно надана нам її автором проф. Можаяєвим О.С. для ознайомлення, проведення досліджень і використання в навчальному процесі.

Теоретичною основою ПК АСМ є загальний логіко-ймовірнісний метод (ОЛВМ). На всіх рівнях моделювання (структурному, логічному та ймовірнісному) ПК АСМ реалізує всі можливості основного апарату моделювання алгебри логіки у функціонально повному базисі операцій «І», «АБО» й «НІ», що дозволяє за допомогою ПК АСМ виконувати практично всі задачі логіко-ймовірнісного моделювання.

В основу постановки й рішення всіх задач моделювання й розрахунку надійності систем за допомогою ОЛВМ покладений так званий подійно-логічний підхід. Цей підхід передбачає послідовне виконання чотирьох основних етапів ОЛВМ: структурно-логічної постановки задачі; логічного моделювання; ймовірнісного моделювання; виконання розрахунків показників надійності.

Головне місце в постановці задач автоматизованого структурно-логічного моделювання надійності займає побудова схеми функціональної цілісності (СФЦ) для кожної заданої вихідної функції проектованої системи. На заключному етапі постановки задачі розрахунку надійності проектованої системи, визначаються параметри надійності елементів.

Як і побудова СФЦ, так і формулювання логічного критерія функціонування здійснюються розроблювачем логіко-ймовірнісної моделі, вони є найважливішими і найважчими творчими складовими етапу постановки задач логіко-ймовірнісного моделювання.

Основний варіант СФЦ був розроблений нами з використанням структурної схеми СУМП і містить 120 вершин, що відповідають її технічним пристроям. Вихідні дані параметрів надійності елементів моделі СУМП були визначені як з технічної документації пристроїв, так і за експертними даними. За результатами виконаного автоматизованого моделювання й розрахунків були визначені показники безпеки розглянутого варіанту СУМП. Визначено, що найнебезпечнішою є відмова пульта управління; кількість мінімальних перетинів відмов елементів склала 354 комбінацій; розмірність розрахункового багаточлена ймовірнісної функції при її обмеженні до $N_2 = 5000$ склала 3064 доданків; збільшення розмірності багаточлена ймовірнісної функції до $N_2 = 25000$, що вимагає використання всієї оперативної пам'яті комп'ютера, збільшує час розрахунку до 8 хвилин, причому результати моделювання суттєво не змінюються.

На основі результатів виконаних розрахунків варіантів СФЦ основної резервованої схеми та схем з частковим резервуванням (силового каналу № 1, силових каналів № 1 і 2, блоку електроніки і системної шини, керувальної ЕОМ), без жодного резервування, були розроблені заходи з підвищення надійності СУМП.

Таким чином, ПК АСМ є ефективним програмним засобом для розрахунків та аналізу надійності й безпеки проєктованих і діючих АСУТП, системних об'єктів і процесів великої розмірності і високої структурної складності.

О.О.Дрючин, к.т.н, доц., О.М.Возняк, к.т.н, доц., В.М.Севастьянов, к.т.н, ас.
ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ОБ'ЄМУ ВИБІРКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проведення вимірювального експерименту завершується опрацюванням результатів спостережень для визначення результату вимірювань – кінцевої мети вимірювань. В процесі цього вирішують дві задачі: першу – знаходять найкращу для вибраних методик, засобів, умов та отриманих даних оцінку значення вимірювальної величини і другу – оцінюють характеристики точності вимірювань. Результат вимірювання є повноцінним за умови, що він супроводжується оцінкою його точності до якої відносяться багато важливих даних, зокрема – кількість спостережень.

Обсяг опрацювання залежить від різновиду вимірювання, кількості експериментальних даних, вимог до точності вимірювання, апріорної інформації про систематичні та випадкові похибки вимірювання тощо. Лише при прямих разових вимірюваннях отриманні результати вимірювання. В інших вимірюваннях опрацювання може здійснюватись за стандартними методиками. Незалежно від виду розподілу випадкових похибок якість оцінювального результату покращується зі збільшенням результатів спостережень.

В роботі розглянуто варіанти вибірок довільного обсягу. Для них вирішується питання визначення мінімального обсягу вибірки, щоб отримана оцінка параметра розподілу або початкових умов задовільна встановленим вимогам до проведення вимірювань з необхідною точністю.

Перевагу варто надавати вибіркам із більшим обсягом, але зазвичай більший обсяг вибірки потребує й більших витрат для її одержання та обробки. Тому варто визначити, яким має бути мінімальний обсяг вибірки, щоб

$$P(|\bar{X} - X| < \varepsilon) = P_{\text{дов.}}$$

тобто ймовірність того, що результат вимірювань буде відрізнятися від дійсного значення на визначену величину ε , буде відповідати встановленій довірчій ймовірності.

Н.Р. Кондратенко, к.т.н., доц.; О.В. Чеборака, аспірант

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ УЗАГАЛЬНЮЮЧОЇ ІНТЕРВАЛЬНОЇ ТИПУ-2 НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ

Головним елементом управління є процес вироблення та прийняття рішень. Цей процес включає визначення достатньої та необхідної множини альтернатив рішень, оцінювання та вибір єдиного, оптимального рішення. Допомогти знайти найбільш оптимальне рішення дозволяє прогнозування. Однак прогнозування є однією з найскладніших задач інтелектуального аналізу даних. На його складність впливають якість та кількість вихідних даних (рівень і види шуму, присутність нечітких та/або інтервальних значень, наявність пропусків в даних), зміни середовища, в якому протікає процес, що моделюється. Традиційні моделі дають на виході зазвичай точковий прогноз. Однак невизначеності, які містить процес, не дозволяють отримати достатньо точний точковий прогноз. Тому виникає потреба розробляти моделі, які дають на виході інтервальний прогноз, в межах якого може знаходитись реальне значення. Сучасні підходи до інтервального прогнозування пов'язують з визначенням довірчого інтервалу [1], використанням нечіткого методу групового врахування аргументів [2] та нечітких моделей типу-2 [3]. Найбільш ефективним інструментом обробки різних невизначеностей є нечіткі множини типу-2. Але основним стримуючим фактором побудови систем з використанням нечітких множин типу-2 є те, що їх побудова потребує значних обчислювальних затрат. Компромісом між здатністю ефективно обробляти невизначеності та обчислювальними затратами на побудову моделі є використання інтервальних нечітких множин типу-2, на основі яких будуються інтервальні типу-2 нечіткі моделі (ІТ2НМ) [3,4] та узагальнююча інтервальна типу-2 нечітка модель (УІТ2НМ) для прогнозування часових послідовностей [5,6].

УІТ2НМ складається з множини часткових різновходових ІТ2НМ та блоку агрегації, який здійснює обчислення результуючого інтервального прогнозу. Кожна часткова ІТ2НМ містить базу правил ЯКЩО-ТО, блок приведення до нечіткості, механізм нечіткого логічного виведення та вихідний процесор. Включення часткових ІТ2НМ до структури УІТ2НМ визначається значенням критерію вибору часткової моделі, у якості якого виступає середньоквадратична ширина інтервального прогнозу на тестовій вибірці $RMSW_t$. Для визначення порядку включення часткових моделей до структури узагальнюючої моделі проводиться дослідження залежності критерію вибору від складності часткової моделі, яка визначається числом її входів. Модель з найменшим значенням критерію $RMSW_t$ включається першою до структури УІТ2НМ. Подальше включення часткових моделей до структури узагальнюючої моделі відбувається в порядку зростання значення критерію $RMSW_t$.

Дослідження можливостей УІТ2НМ проводиться на прикладних задачах. Результати експериментів показують, що УІТ2НМ дає на виході вужчий інтервальний прогноз, ніж ІТ2НМ.

Література

- 1.Єріна А.М. Статистичне моделювання та прогнозування: Навч. посібник.– К.: КНЕУ, 2001. – 170с.
- 2.Зайченко Ю.П. Основи проектування інтелектуальних систем. Навчальний посібник. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2004. – 352с.
- 3.Mendel J.M. Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems: Introduction and New Directions.– NJ: Prentice Hall, 2001.
- 4.Кондратенко Н.Р., Чеборака О.В. Нечіткі множини в задачах прогнозування часових послідовностей // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006.– №6.– С.52-57.
- 5.Кондратенко Н.Р., Чеборака О.В., Куземко С.М. Прогнозування часових послідовностей з використанням різновходових нечітких моделей на основі інтервальних функцій належності // Наукові вісті НТУУ «КПІ».– 2007.– №4.– С.62-68.
- 6.Кондратенко Н.Р., Чеборака О.В. Узагальнююча інтервальна типу-2 нечітка модель для прогнозування часових послідовностей // Матеріали X міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології». – К.: НТУУ «КПІ». – 2008. – С.207.

А.И. Рогачёв, Н.А. Денисенко, Н.А. Евсина

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ СУШКИ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПРЕДСКАЗАНИЙ

Рассматривается процесс пропарки при сушке капиллярно-пористых материалов в сушильных камерах периодического действия. Математическая модель такого процесса может быть представлена в виде системы линейных дифференциальных уравнений пятого порядка с одним входом и одним выходом (рис.1):

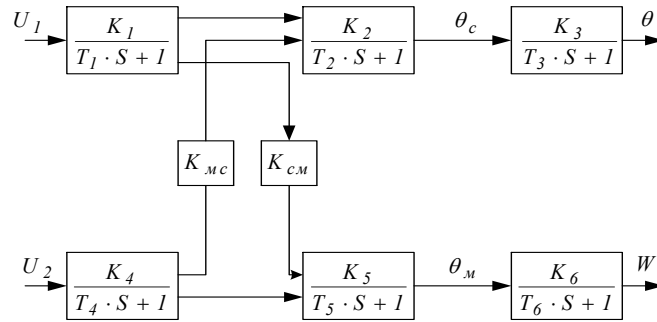


Рис.1 Структурная схема объекта управления

На этой схеме U_1 - управляющее воздействие, $T_1 \div T_6$ - постоянные времени, $k_1 \div k_6$ - коэффициенты передачи соответствующих звеньев.

Найдено оптимальное по расходу теплоносителя управление при наличии ограничений на управляющее воздействие и скорость изменения температуры высушиваемого материала [1,2].

Ввиду невозможности точного определения параметров отдельных звеньев модели, а также их возможного неконтролируемого изменения с течением времени предложено реализовать оптимальное энергосберегающее управление (model predictive controllers – MPC) [3]. На основе анализа кривых переходного процесса изменение температуры высушиваемого материала в качестве эталонной модели выбрана линейная модель второго порядка, параметры которой определяются путём идентификации до начала процесса. Алгоритм работы метода заключается в применении последовательности управлений, минимизирующих многоэтапную функцию стоимости вида

$$J = m \left\{ \sum_{i=N_1}^{N_2} [y(t+j|t) - w(t+j)]^2 + \sum_{j=1}^{N_u} \lambda(j) [\Delta U(t+j-1)]^2 \right\},$$

где m - оператор, означающий математическое ожидание, $y(t+j|t)$ - оптимальный j -й шаг до начала прогнозирования системы по измерению выхода, N_1 и N_2 - минимальная и максимальная стоимости горизонтов, N_u - горизонт управления, $\lambda(j)$ - взвешенная последовательность управлений и $w(t+j)$ - будущая желаемая траектория.

В заключение рассмотрены достоинства и недостатки управления с прогнозированием и управления с помощью ПИД-контроллера и даны рекомендации по их применению.

Литература

1. Денисенко Н.А., Евсина Н.А., Рогачёв А.И. Оптимальное управление процессом сушки капиллярно-пористых материалов при различных критериях оптимальности // Матеріали XIV – ої міжнародної конференції з автоматичного управління (Автоматика-2007). – ч.1. – Севастополь: СНУЯЕтаП, 2007. – с.135-136.

2. А.И. Рогачёв. Минимизация расхода теплоносителя в объекте с вырожденной передаточной функцией //Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ «ХПІ», 2003. - №1. – с.11-14.
3. Clark D.W. Application of generalized predictive control to industrial processes //IEEE Contr. Syst. Mag., 1988. – vol.122. – pp.49-55.

С.В.Юхимчук, д.т.н., проф.; Д.П.Зарезенко, магістрант

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПИСУ ПОВЕДІНКИ НЕЛІНІЙНИХ НЕСТАЦІОНАРНИХ СИСТЕМ ПРИ ІНТЕРВАЛЬНОМУ ЗМІНЕННІ ЇХ ПАРАМЕТРІВ

У більшості задач науки і техніки доводиться мати справу з невизначеностями як у відношенні параметрів різних об'єктів, процесів та систем, так і властивостей діючих на них зовнішніх збурень, що не контролюються. У таких випадках кінцевим результатом застосування будь-яких процедур ідентифікації для реальних об'єктів, процесів та систем є отримання лише деякої оцінки їх параметрів, а не дійсного значення параметрів (наприклад інтервалу можливих значень параметрів). Таким чином, при побудові і моделюванні нелінійних нестационарних систем доводиться мати справу з існуванням деякої невизначеності, яку неможливо усунути (така невизначеність може бути представлена нечіткими моделями, імовірнісними законами розподілу, інтервальними характеристиками). Прийняття такої концепції обумовлює перегляд основних задач аналізу і синтезу таких систем, що приводить до постановки і необхідності розв'язання такої проблеми, як моделювання поведінки нелінійних нестационарних систем з інтервальними параметрами.

При розв'язанні такої проблеми необхідно ввести поняття нового простору приростів параметрів, а саме простору приростів інтервальних параметрів. Для цього визначимо математичний опис поведінки нелінійних нестационарних систем з інтервальними параметрами за допомогою кортежу (1).

$$M = \langle X(t), Y(t), Z(t), P(t), P_0 \rangle, \quad (1)$$

де $X(t)$ – скінченний вектор керуючих вхідних впливів; $Y(t)$ – скінченномірний вектор змінних стану системи; $Z(t)$ – координати вектора $Y(t)$, які спостерігаються; $P(t)$ – первинні параметри системи, які аналізуються; P_0 – номінальні значення параметрів системи, які аналізуються.

У виразі (1) лише елементи вектору $X(t)$ відносяться до класу кусочно-неперервних функцій, інші елементи кортежу (1) відносяться до класу інтервальних функцій, оскільки на їх фізичну природу впливають інтервальні параметри системи.

Для дослідження впливу зміни параметрів на змінні стану введемо у новому просторі поняття *функції чутливості*, яка визначається як частинна похідна від вектора змінних стану по кожному із параметрів. Це дозволить здійснити перехід від нелінійних нестационарних диференціальних рівнянь, що описують поведінку системи у просторі змінних стану до лінійних нестационарних диференціальних рівнянь.

Ввівши поняття функції чутливості можна перейти до нового математичного опису поведінки системи, який формально можна записати у вигляді кортежу (2).

$$M' = \langle \frac{\partial Y(P(t), X(t), t)}{\partial P(t)}, X(t), Z(t), P(t), P_0, t \rangle, \quad (2)$$

де $\frac{\partial Y(P(t), X(t), t)}{\partial P(t)}$ – вектор функцій чутливості системи.

Очевидно, що для знаходження функцій чутливості необхідно визначити поняття похідної інтервальної функції по інтервальному параметру. В якості такої похідної може виступати *похідна по Фреше* інтервальної функції.

Отже, для нелінійних нестационарних систем з інтервальними параметрами можна визначити математичний опис та створити математичну модель опису їх поведінки з плином часу ввівши поняття інтервального параметру, інтервальної функції від інтервального параметру і поняття диференційованості інтервальних функцій по Фреше.

С.Г.Удовенко, д.т.н., проф.; В.И.Перепелица, аспирант

**БАЙЕСОВСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ
МОДЕЛЕЙ СТОХАСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Широкий класс управляемых стохастических процессов может быть описан с помощью линейных многомерных моделей, параметры которых естественным образом можно оценивать с помощью зависимостей байесовского типа. Байесовский подход позволяет реализовать полную схему синтеза самонастраивающихся многомерных регуляторов, включая процедуры структурной и параметрической идентификации, прогнозирования, фильтрации и определения управляющих стратегий.

Вместе с тем практическая реализация этого подхода не всегда является тривиальной. В рекуррентном варианте байесовское оценивание основано на последовательном пересчете характеристик вероятностных распределений некоторой совокупности переменных, определяющих состояние процесса, по результатам текущих наблюдений. Очевидно, что процедуры такого пересчета в многомерном случае требуют наличия достаточно представительной и непрерывно обновляющейся статистики. Большинство известных методов

А.В. Чепинога, аспірант

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МАКСИМІЗАЦІЇ ПОЛІНОМУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОЛІГАУСОВИХ СИМЕТРИЧНО- РОЗПОДІЛЕНИХ ЙМОВІРНІСНИХ МОДЕЛЕЙ

Важливим напрямом підвищення ефективності використання каналних ресурсів в перспективних системах безпроводного зв'язку є оптимізація процедур обробки сигналів з урахуванням реальних розподілів сигнально-завадового комплексу на вході приймального тракту. Перешкоди в реальних радіоканалах систем безпроводного зв'язку мають складні нестандартні розподіли, які досить складно адекватно описати стандартними розподілами. У цих умовах широко використовуювані кореляційні методи обробки сигналів, будучи оптимальними тільки для каналів з завадами, що мають гаусів розподіл щільності ймовірності, не забезпечують потенційної перешкодостійкості, що може призвести до похибок у процесі детектування корисного сигналу.

Конструктивним підходом до представлення випадкових процесів з негаусовою щільністю ймовірності є використання моделей у вигляді ймовірнісних сумішей стандартних розподілів, зокрема, полігаусових моделей. Їх актуальність виявляється в тому, що на гаусовій моделі завад побудовано більшість радіотехнічних систем, а також будь який випадковий сигнал можна представити зваженою сумою певної кількості гаусових компонент.

Як відомо, щоб побудувати будь-яку модель випадкового сигналу, необхідно знати його параметри, через які можна певним чином визначити параметри самої моделі. Так для побудови полігаусових моделей використовується моментний опис як самої завади так і щільності розподілу ймовірності випадкового сигналу. Це говорить про те, що з'являється необхідність оцінки параметрів моделі, які повинні відповідати критеріям ефективності, незміщеності та спроможності.

Найбільш поширеними методами оцінки параметрів в математичній статистиці і обробці випадкових сигналів є два методи – метод моментів і метод максимальної правдоподібності. Що стосується оцінки параметрів полігаусових моделей, має перевагу в точності останній. Але сам алгоритм оцінювання метод максимальної правдоподібності досить складний і реалізація його в системах швидкого реагування досить проблематична.

В даній роботі в якості альтернативного підходу до розв'язання проблеми оцінювання параметрів полігаусових моделей пропонується застосування методу максимізації поліному (методу Кунченко). Відомо, що даний метод володіє значною гнучкістю в сенсі пошуку компромісу між складністю його алгоритмічної реалізації з однієї сторони і точності з іншої. Цей компроміс може бути досягнутий шляхом збільшення степені стохастичних поліномів, які застосовуються при оцінюванні. Окрім того, даний метод є ефективним саме при оцінюванні параметрів негаусових випадкових величин.

Тож оптимальним вирішенням даної проблеми є застосування для отримання полігаусових випадкових величин метод Кунченко (метод максимізації поліному).

Ще однією особливістю дослідження, результати якого представлені в даній роботі, є використання при синтезі полігаусових моделей апарату ймовірнісного опису у вигляді початкових моментів. Відомо, що застосування подібного опису для синтезу алгоритмів опрацювання негаусових даних та аналізу їх властивостей є часто більш зручним з точки зору гнучкості та спрощення математичних розрахунків.

Такий підхід дає змогу значно спростити алгоритм оцінювання параметрів полігаусових моделей для класу негаусових сигналів, що мають симетричний закон розподілу щільності ймовірності. Як відомо, симетричні розподіли описуються тільки парними початковими моментами, а непарні рівні нулю. Наслідком симетричності розподілів є спрощення і самих полігаусових моделей, побудованих на основі моментного опису, які будуть мати певну симетричну структуру, що зменшує загальну кількість їх параметрів.

Аналізуючи застосування методу максимізації поліному для оцінки параметрів полігаусових симетричних моделей, можна зробити висновок, про зручність даного методу в сенсі підвищення точності і адекватності полігаусових розподілів. Це досягається шляхом як збільшення порядку полігауса так і збільшення степені поліному. Такий підхід дозволяє використовувати різну складність алгоритму для вирішення конкретних прикладних задач, зокрема, для апроксимації закону розподілу експериментальних даних з різноманітними статистичними властивостями, що входять до класу симетрично-розподілених випадкових величин.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Процеси теплової обробки є важливою складовою багатьох промислових виробництв в енергетиці, металургії, хімії. Для функціонування таких процесів використовуються різноманітні теплові установки та агрегати, окремим класом яких є теплотехнологічні об'єкти з розподіленими параметрами (ТОРП), що характеризуються наступними властивостями: неперервністю теплового процесу, розподілом температурного поля по довжині ОРП, розбиттям ТОРП на зони з можливістю окремого управління температурою на кожній з них, повздовжнім переміщення оброблюваного матеріалу, сталим часом його перебування на конкретній позиції ТОРП та значним впливом етапу термічної обробки на його характеристики. Аналіз математичних моделей та методів моделювання ТОРП засвідчив, що для них характерні певні недоліки, які значно обмежують їх ефективність.

По-перше, застосування найбільш поширених чисельних кінцево-різницевого методів, які забезпечують високу точність розв'язання, вимагає великих витрат машинних ресурсів при реалізації на ЕОМ, що ускладнює використання кінцево-різницевого моделі в існуючих системах управління, працюючих в реальному масштабі часу. По-друге, незважаючи на складність та аварійність об'єкту дослідження, при моделюванні ТОРП зазвичай не враховується ризик прийнятого для управління рішення, що, як відомо, може призвести до великих матеріальних та енергетичних втрат. І третім аспектом, є розробка математичних моделей таких об'єктів без врахування зовнішніх впливів, призначених лише для підтримання заданого еталонного температурного режиму. Разом з тим, врахування факторів всього технологічного процесу, частинною якого виступає ТОРП, починаючи від початкового етапу формування сировини і закінчуючи показниками якості кінцевої продукції, дозволяє розв'язувати задачу пошуку оптимальної температурної кривої відповідно до зміни температури і вологості повітря, властивостей сировини, відхиленнями в підготовці виробів та досягати значного енергозбереження.

Аналізуючи описані вище проблеми, сучасний стан та тенденції розвитку засобів моделювання, зрозуміло, що використання традиційного математичного апарату, оснований на кінцево-різницевого перетвореннях моделі динаміки об'єктів, навіть при ряді спрощень та припущень дозволяє розв'язувати лише часткові випадки моделювання температурних полів. В зв'язку зі складністю обчислень такі моделі, незважаючи на використання паралельних обчислень, не дозволяють оперативно реагувати на відхилення температурних режимів та визначати параметри управління для їх стабілізації. Крім того, зазначені класичні методи можуть бути застосовані лише для формалізованих задач з відомими параметрами процесу. Проте в ряді випадків побудувати математичну модель традиційними засобами досить складно, що пов'язано з особливостями даного процесу або неможливістю вимірювання його параметрів

О. М. Васілевський

КРИТЕРІЙ ПЕРЕВІРКИ НАЯВНОСТІ КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ ПАРАМИ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ ВИРАЖЕННІ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ

При оцінюванні та вираженні невизначеностей результатів вимірювань перш за все потрібно визначити чи має місце кореляційний зв'язок між будь-якими парами результатів непрямих вимірювань. Для цього пропонується використовувати такий критерій перевірки наявності кореляційного зв'язку між результатами вимірювань:

$$\frac{r(x_i, x_j) \sqrt{n}}{1 - r^2(x_i, x_j)} > t_p(v_{eff}), \quad (1)$$

де $t_p(v_{eff})$ - квантиль розподілу Стьюдента з ефективною кількістю ступенів вільності v_{eff} і рівнем довіри p ;

n - кількість узгоджених пар результатів вимірювань;

$r(x_i, x_j)$ - коефіцієнт кореляції між парами вимірювань x_{ih} та x_{jh} , який розраховується з виразу:

$$r(x_i, x_j) = \frac{\sum_{h=1}^n (x_{ih} - \bar{x}_i)(x_{jh} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{h=1}^n (x_{ih} - \bar{x}_i)^2 \sum_{h=1}^n (x_{jh} - \bar{x}_j)^2}}, \quad (2)$$

де $\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{q=1}^{n_i} x_{iq}$ та $\bar{x}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{q=1}^{n_j} x_{jq}$ - середні арифметичні значення результатів вимірювань i -тої та j -тої вхідних величин.

Якщо нерівність (1) виконується, то це означає, що кореляційний зв'язок між даною парою результатів вимірювань x_{ih} та x_{jh} присутній, а сумарна стандартна невизначеність повинна визначатись за формулою:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} u(x_i) \right)^2 + 2 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i) u(x_j) r(x_i, x_j)}, \quad (3)$$

де $u(x_i)$ та $u(x_j)$ - стандартні невизначеності i -тої та j -тої вхідних величин, розрахованих за типом А або за типом В;

$\frac{\partial f}{\partial x_i}$ та $\frac{\partial f}{\partial x_j}$ - коефіцієнти чутливості модельного рівняння, яке виражає залежність

вихідної величини y від вхідних величин x_1, \dots, x_m : $y = f(x_1, \dots, x_m)$.

Якщо ж нерівність (1) не виконується, то це означає, що кореляція відсутня, а в рівнянні (3) коефіцієнт кореляції приймається рівним нулю.

С.Б. Приходько, к.т.н., доц.

СТРУКТУРНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ НЕЛІНІЙНИХ СТОХАСТИЧНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ НОРМАЛІЗОВАНИХ СИГНАЛІВ

Стохастичною диференціальною системою (СДС) прийнято називати таку систему, поведінка якої описується стохастичним диференціальним рівнянням (СДР). Велика кількість динамічних об'єктів у техніці (наприклад, літаки, судна, електроенергетичні системи та ін.) є саме такими системами. Відомо, що ці системи, як об'єкти управління, характеризуються наявністю різних невизначеностей. До них відносяться неточний опис математичної моделі, неконтрольована зміна параметрів, дія на систему випадкових зовнішніх впливів. Часткове або повне усунення подібних невизначеностей в процесі функціонування СДС здійснюється за вимірами сигналів методами ідентифікації, в тому числі і структурної. Окрім традиційних задач управління реальними динамічними об'єктами, в останній час розвивається напрямок, пов'язаний з передачею інформації із використанням випадкових несучих сигналів, який також потребує застосування методів ідентифікації нелінійних СДС.

Хоча виникнення ідентифікації як математичної формалізації причинно-наслідкових зв'язків в об'єктах реального світу має давню історію, а пік її розвитку припадає на другу половину 20-го століття, проте і зараз, як вважають провідні фахівці, не можна стверджувати, що ця теорія остаточно сформована і її застосування до реальних об'єктів або систем завжди коректно. Це твердження стосується і нелінійних СДС.

При моделюванні нелінійних СДС і в першу чергу при вирішенні задач ідентифікації таких систем шукають можливість застосування добре розроблених методів теорії лінійних стохастичних систем. Це веде до необхідності нормалізації стохастичних систем, тобто переходу до таких систем, у яких сумісний розподіл вхідного і вихідного сигналів є нормальним при нормальному розподілі вхідного сигналу. Таким чином, виникає проблема нормалізації нелінійних стохастичних систем, тобто проблема знаходження прийнятної нормальної моделі для даної системи.

Зараз, як правило, ця проблема вирішується або за рахунок методів лінеаризації, або шляхом застосування припущення про нормальність сигналів у системі. Такі підходи можуть застосовуватися лише тоді, коли закони розподілу сигналів у системі незначно відрізняються від нормального, а нелінійності є несуттєвими. У разі, коли це не так, може використовуватися інший підхід, який базується на побудові СДР для нормалізованих випадкових процесів із СДР для реальних негаусовських випадкових процесів на основі застосування перетворення Джонсона та формули Іто. Зазначимо, що його застосування можливо у разі, коли відомі математичні моделі (СДР) випадкових сигналів у СДС. Але часто вони не відомі і потребують визначення в результаті вирішення задачі структурної ідентифікації нелінійної СДС за вхідними та вихідними випадковими сигналами. Вирішення цієї задачі можна спростити, якщо застосувати СДР для нормалізованих сигналів нелінійної СДС. Тому виникає задача побудови СДР для нормалізованих сигналів за вхідними та вихідними випадковими сигналами нелінійної СДС.

Для вирішення цієї задачі в роботі пропонується наступний метод побудови математичних моделей (СДР) нормалізованих випадкових сигналів нелінійних СДС. Для відповідного випадкового сигналу нелінійної СДС знаходимо аналітичну модель закону розподілу ординат цього сигналу із сімей розподілів Джонсона. Далі на основі перетворення Джонсона виконуємо нормалізацію випадкового сигналу. За реалізацією нормалізованого випадкового сигналу оцінюємо його спектральну щільність і апроксимуємо її дробово-раціональною функцією. Далі використовуючи метод формуючих фільтрів отримуємо СДР для нормалізованого сигналу.

Для рішення задачі структурної ідентифікації нелінійних СДС запропоновано відповідний метод на основі застосування математичних моделей (СДР) нормалізованих вхідних та вихідних випадкових сигналів. Суть цього методу полягає у наступному. Після побудови СДР для нормалізованих вхідних та вихідних випадкових сигналів нелінійної СДС маємо параметри законів розподілу ординат відповідних сигналів з сімей розподілів Джонсона. Використовуючи перетворення Джонсона з відповідними параметрами і формулу Іто, із СДР для нормалізованих випадкових сигналів отримуємо СДР для вхідних та вихідних випадкових сигналів нелінійної СДС.

С.М. Москвіна, к.т.н., доц., С.А. Білоконь

МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОГО РИЗИКУ

Високотемпературні об'єкти відіграють визначну роль у житті людства. Вони використовуються як у побуті, у спорудах міського господарства, так і на виробництві. Для функціонування даних об'єктів використовується паливо, тобто це вибухонебезпечні об'єкти, тому їх можна розглядати як об'єкти, що працюють в умовах підвищеного ризику.

Під високотемпературними об'єктами (ВТО) вважатимемо різного роду печі, що використовуються в теплотехнологічних виробництвах, до яких можна віднести печі виготовлення будівельних матеріалів, металопрокату, цукрового буряку, хімічну промисловість. Дані об'єкти характеризуються обмеженими значеннями відхилень температури від заданої температурної кривої, тиску у зоні випалювання та температури вихідних газів. Тому вважатимемо умовами підвищеного ризику для даних об'єктів такі їх стани, при яких ці параметри близькі до гранично-допустимих.

Звичайно, стан ВТО описується системою диференціальних рівнянь у частинних похідних, для моделювання яких використовують аналітичні, статистичні, чисельні кінцево-різницеві та комбіновані методи. Основним недоліком даних методів є те, що ускладнення моделі при збільшенні кількості враховуваних параметрів призводить до ускладнення процесів дослідження, моделювання і аналізу. Якщо ж при дослідженні стану об'єкту враховувати вибухонебезпечність, тобто підвищений ризик, то процес дослідження ускладнюється ще більше.

Звичайно для врахування підвищеного ризику використовують експертні оцінки, що дозволяють отримати знання експертів у формалізованому вигляді і створити базу знань, за якою визначаються правила отримання висновку про перехід об'єкту у стан вибухонебезпечний. Основною перевагою такого підходу є комплексне рішення проблеми у доступній формі, недоліками є можлива неоднозначність та недостатня обґрунтованість окремих рішень за рахунок впливу складової досвіду роботи з конкретним об'єктом [1]. Але експертні методи при наближенні параметрів моделі до граничнодопустимих здатні вирішувати задачу прогнозу стану ВТО.

На наш погляд моделювання стану високотемпературних об'єктів доцільно розглядати як трьохетапну задачу: по-перше моделювання стану ВТО за допомогою кінцево-різницевих методів, по друге, прогнозування за допомогою інтелектуальних технологій та коригування моделі об'єкту з врахуванням даних, що отримані на перших двох етапах.

На першому етапі використовується модель ВТО, яка описується диференціальними рівняннями у л **аа2** Ч

2. Москвіна С.М., Ковалюк Д.О. Математична модель енергозбереження теплового об'єкту з розподіленими параметрами. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2007. - № 4.- с.15-19.

Ю.Г. Лега, д.т.н., професор, А.В. Гончаров, к.т.н., В.В. Філіпов, аспірант

ОЦІНЮВАННЯ ІНФОРМАТИВНОГО ПАРАМЕТРА ПОСТІЙНОГО СИГНАЛУ ПРИ УСІЧЕНОМУ ОЦІНЮВАННІ ДИСПЕРСІЇ ЕКСЦЕСНОЇ ЗАВАДИ ПЕРШОГО ТИПУ ПЕРШОГО ВИДУ

При дослідженні завод у каналах зв'язку, широке поширення отримали математичні моделі цих завод у вигляді випадкових величин, що мають гауссівський закон розподілу. В даній роботі розглядається випадок, коли корисний сигнал спостерігається на тлі негауссівських завод. Тому в цьому випадку, для синтезу алгоритмів оцінювання з підвищеними точнісними характеристиками, доцільно використовувати метод максимізації полінома, запропонований професором Ю.П. Кунченком.

При знаходженні оцінок параметрів постійного сигналу зазвичай розглядався випадок, коли статистичні характеристики завади відомі заздалегідь. Але на практиці, так данні характеристик завади невідомі. Тому актуальною є задача знаходження спільної оцінки інформативного параметра сигналу та параметрів що описують заваду.

В багатьох випадках коли в дослідженнях поряд з високою точністю оцінювання, важливу роль відіграє швидкість обчислення оцінки, яка безпосередньо пов'язана зі складністю обчислювальних алгоритмів, доцільним є застосовування нового методу, заснованого на використанні усічених узагальнених стохастичних поліномів. Враховуючи це, метою даної роботи є оцінювання інформативного параметра постійного сигналу, при усіченому оцінюванні параметрів завади при різних степенях, та побудова моделі даного алгоритму у вигляді блок-схем.

Нехай здійснюється вибірка незалежних однаково розподілених вибіркових значень $\bar{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ обсягом n з випадкової величини $\xi = S(\vartheta) + \eta$, що представляє адитивну суміш корисного сигналу $S(\vartheta)$ і негауссівської завади η .

Завада описується послідовністю кумулянтів, частина з яких не дорівнює нулю. В даній роботі розглядається випадок, коли кумулянт другого порядку χ_2 та коефіцієнт ексцесу γ_4 відмінні від нуля, а коефіцієнт асиметрії γ_3 та інші кумулянтні коефіцієнти вищих порядків дорівнюють нулю. Тобто, відповідно до класифікації близьких до гауссівських випадкових величин дана завада є ексцесною випадковою величиною першого типу першого виду.

Оцінки параметра ϑ корисного сигналу та усічені оцінки дисперсії завади при спільному оцінюванні в загальному вигляді знаходяться з спільного розв'язку двох рівнянь:

$$\begin{cases} \left. \sum_{i=1}^s h_{i(s)[1]}(\vartheta, \chi_2) \sum_{v=1}^n [x_v^i - m_i(\vartheta, \chi_2)] \right|_{\substack{\vartheta=\hat{\vartheta} \\ \chi_2=\hat{\chi}_2}} = 0, \\ \left. \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq (c, e, \dots, l)}}^s h_{i(s)[2]}(\vartheta, \chi_2) \sum_{v=1}^n [x_v^i - m_i(\vartheta, \chi_2)] \right|_{\substack{\chi_2=\hat{\chi}_2 \\ \vartheta=\hat{\vartheta}}} = 0, \end{cases}$$

де оптимальні коефіцієнти $h_{i(s)[1]}(\vartheta, \chi_2)$, $h_{i(s)[2]}(\vartheta, \chi_2)$, забезпечують мінімум дисперсії оцінки та в загальному вигляді знаходяться з розв'язку систем лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^s h_{j(s)[1]}(\vartheta, \chi_2) K_{i,j}(\vartheta, \chi_2) &= \frac{d}{d\chi_2} m_i(\vartheta, \chi_2), \\ \sum_{j=1}^s h_{j(s)[2]}(\vartheta, \chi_2) K_{i,j}(\vartheta, \chi_2) &= \frac{d}{d\chi_2} m_i(\vartheta, \chi_2). \end{aligned}$$

Використовуючи метод максимізації усіченого стохастичного полінома, при спільному оцінюванні параметра сигналу та дисперсії завади, ми отримуємо значно спрощені алгоритми для знаходження оцінок порівняно з використанням методу максимізації полінома. Тому навіть при збільшенні степеня стохастичного полінома до $S=6$, синтезовано алгоритми, які не вимагають особливих ресурсів для проведення розрахунків.

УДК 519.876.5

В.М. Дубовой, д.т.н., проф.; О.Д.Никитенко, аспірант
ЕКВІВАЛЕНТНІСТЬ НЕВИЗНАЧЕНИХ АЛГОРИТМІВ

Підвищення ефективності інформаційних систем (ІС) стає усе більше актуальною *проблемою* в зв'язку з глобальною інформатизацією всіх сторін життя суспільства, ускладненням і збільшенням масштабів ІС. Підвищення ефективності передбачає оптимізацію структури ІС, розподілу завдань по підсистемах ІС тощо. Одним з перспективних напрямків розв'язання цієї проблеми є оптимізація алгоритмічної моделі ІС із наступною її реалізацією програмно-апаратними засобами [1, 2]. Оптимізація алгоритмічної моделі (АМ) здійснюється за допомогою системи еквівалентних перетворень [3]. Еквівалентним називають перетворення, Я? @ MZò%À%E'D&A'&P_g

С.М. Москвіна, к.т.н., доц., І.Б. Зварич, студент, О.В. Ліщишина студент.

МОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОПЕРЕНОСУ У ОБМЕЖЕНОМУ ПРОСТОРІ В УМОВАХ РИЗИКУ

В даний час в умовах кризи в області енергетичної сировини в Україні виникло багато об'єктів, на яких в замкненому просторі зосереджені запаси газу, бензину, нафти. На жаль, їх зберігання не завжди відповідає спеціальним технічним умовам і тому достатньо часто виникають ситуації перенагрівання ємкостей або поява точкового чи розподіленого джерела тепла, що підвищує ризик вибуху. В таких умовах важливо визначити оптимальний час, за який можуть бути проведені заходи по знешкодженню такої ризикованої ситуації, що можливо шляхом дослідження та моделювання процесів теплопереносу.

Моделі процесу теплопереносу в обмеженому просторі можна розглядати, як нестационарну одно-, дво-, трьохпараметричну модель теплопровідності в просторі, заданого виду та розмірів (циліндр, куля, тощо). Для моделювання задачі теплопровідності загального вигляду, використовують [1] аналітичні, чисельно-аналітичні та чисельні методи. Перевагою аналітичних методів (методів розділення змінних, функції Гріна, Дюамеля, теплових потенціалів, інтегральних перетворень, операційних, рішення варіаційної задачі – Рітца, Канторовича, Біо, Бубнова-Галеркіна) – є достатньо висока точність отриманих моделей, однак, на жаль, явний розв'язок цих рівнянь в аналітичному вигляді можливий лише в окремих випадках. Але аналітичні методи представляють рішення у вигляді аналітичної функції, що дозволяє досліджувати та аналізувати вплив початкових параметрів на результат. Чисельні методи є наближеними і дозволяють вирішувати складні красиві дво- та трьохпараметричні задачі, рішення яких аналітично або неможливо, або є дуже складним. Зазвичай для розв'язання таких задач використовують чисельні методи, на основі різницевої схем та вузлових рівнянь, але складністю використання таких методів є дослідження та аналіз стійкості та збіжності чисельного розв'язку.

В роботі обмежений простір розглядається як циліндр заданої довжини з параметрами теплопровідності матеріалу, з якого він виготовлений, та речовини, яка знаходиться в циліндрі. В ємкості відбувається складний теплообмін, який складається з процесів теплопередачі, конвенції та теплопровідності. Процес нестационарної теплопередачі описується параболічними рівняннями, для розв'язку яких використані явний і неявні методи.

В результаті дослідження отримані залежності інтенсивності росту температури в часі та визначені параметри процесу і об'єкта дослідження, а також інтервал часу, протягом якого може відбутись вибух. Для моделювання замкнутої системи доцільно застосовувати метод кінцевих різниць Є.Шмідта чи метод елементарних балансів А.П.Вінічева [2], які однак приводять задачу, що розглядається, до достатньо складної моделі. Тому для зменшення розмірності моделі в роботі використаний інтервальний метод, який полягає в тому, що процес по часі розбивається на часові інтервали Δt , а тривалість кожного інтервалу визначається величиною зміни тепломасопереносних властивостей, зовнішніх умов і геометрії тіла в залежності від температури чи концентрації.

Такий підхід дозволяє збільшити точність результатів моделювання та точніше визначити час, необхідний для усунення причин виникнення ризикової ситуації шляхом врахування як параметрів замкнутої системи та параметрів рідини, яка знаходиться всередині замкнутої системи, так і параметрів нестационарного процесу теплопровідності.

Література

1. Лариков Н.Н.: Теплотехника: - М.: Стройиздат, 1985. – 432 с.
2. Москвіна С.М., Ковалюк Д.О. Математична модель енергозбереження теплового об'єкту з розподіленими параметрами // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – №4. – С. 15–19.

Г.Б. Ракитянська, к.т.н., доц.

РОЗВ'ЯЗАННЯ ОБЕРНЕНОЇ ЗАДАЧІ НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ І ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ

Широкий клас задач, що виникають в техніці, медицині, економіці і інших областях, відноситься до класу так званих обернених задач. Типовим представником оберненої задачі є задача медичної і технічної діагностики, яка зводиться до відновлення невідомих причин або діагнозів за спостережуваними наслідками або симптомами. В тих випадках, коли для побудови причинно-наслідкових зв'язків залучається досвід експертів, залежність між неспостережуваними і спостережуваними параметрами можна моделювати засобами теорії нечітких множин: нечіткими відношеннями і нечіткими правилами ЯКЦО – ТО. На базі цих засобів будуються комбіновані моделі, де між частинами ЯКЦО і ТО встановлюються нечіткі відношення.

В цій статті пропонується підхід до розв'язання оберненої задачі на основі опису залежності “входи – виходи” за допомогою нечітких логічних рівнянь. Суть запропонованого підходу полягає у формулюванні і розв'язанні відповідних задач оптимізації, які знаходять корені нечітких логічних рівнянь. Слідуючи [1, 2], задача розв'язання системи нечітких логічних рівнянь формулюється у вигляді задачі оптимізації. Необхідно знайти вектор ступенів належності входів до нечітких термів причин, який забезпечує найменшу відстань між модельними і спостережуваними мірами значимості наслідків.

Загальна методика розв'язання оберненої задачі незалежно від способу побудови нечіткої бази знань включає такі етапи. Нечітка модель об'єкта дозволяє використовувати теорію нечітких відношень [3], яка забезпечує пошук точних обернених розв'язків для систем з *max-min* композицією. Формування множини розв'язків системи нечітких логічних рівнянь починається з пошуку нульового розв'язку задачі оптимізації. Модифікований вектор мір значимості наслідків, який відповідає отриманому нульовому розв'язку, забезпечує аналітичну розв'язуваність системи нечітких логічних рівнянь. Формування множини розв'язків для модифікованого вектора наслідків здійснюється за допомогою точних аналітичних методів, реалізованих в програмних додатках MATLAB [3]. Для пошуку нульового розв'язку використовуються генетичні алгоритми. Функція відповідності будується на основі критерію мінімізації нев'язки між лівою і правою частиною кожного рівняння системи.

Найбільш розвинутими є числові [1, 2] методи розв'язання обернених задач діагностики на основі нечітких відношень і композиційного правила виведення Заде. В загальному випадку система з *max-min* композицією має множину наближених розв'язків, яка визначається єдиним максимальним розв'язком і множиною мінімальних розв'язків.

Розв'язання оберненої задачі на основі нечітких правил ЯКЦО-ТО зводиться до розв'язання системи нечітких логічних рівнянь з *min-max* композицією, яка може бути перетворена на систему з *max-min* композицією використовуючи принцип двоїстості [3]. Система з *min-max* композицією має множину розв'язків, яка визначається єдиним мінімальним розв'язком і множиною максимальних розв'язків.

Розв'язання оберненої задачі на основі нечітких правил, де між частинами ЯКЦО і ТО встановлені нечіткі відношення, зводиться до послідовного розв'язання ієрархічної системи нечітких логічних рівнянь з *max-min* і *min-max* композицією. При цьому для кожного інтервального розв'язку системи з *max-min* композицією формується відповідна множина розв'язків підпорядкованої їй системи з *min-max* композицією.

Література

1. Ротштейн А.П., Ракитянская А.Б. Диагностика на основе нечетких отношений // Автоматика и телемеханика. – 2007. – №12. – С. 113–130.
2. A. Rotshtein, H. Rakytyanska. Diagnosis Problem Solving using Fuzzy Relations // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. 2007. (in press)
3. Peeva K., Kyosev Y. Fuzzy Relational Calculus Theory, Applications and Software. – World Scientific Publishing Company, 2004. – 292 p. CD-ROM <http://mathworks.net>

Л.С.Сікора, д.т.н., проф., І.О.Малець н.с., Ю.О.Борзов н.с.

РОЗМИТІ ПОДІЇ В ДИНАМІЧНИХ ІГРАХ ВЗАЄМОДІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ

Анотація. Розглянуто моделі динамічних ігор взаємодії та прийняття цільових рішень в ієрархічних системах управління.

Рассмотрено модели динамических игр взаимодействия и принятия целевых решений в иерархических системах управления.

Ключові слова. Розмиті події, динамічні ігри, інформаційно-керуючі системи, оперативне керування, інтегровані системи.

Роль людини в сучасних інтегрованих системах управління є визначальна і так як особа в структурі оперативного керування є генератором цілей системи та альтернативи їх розвитку, то вона формує спосіб поведінки при реальній організації системи. Найбільш складним і відповідно важливим етапом діяльності особи є прийняття цілеорієнтованих рішень на досягнення мети в нормальних умовах і при загрозах. Структуризація і моделювання процесів прийняття цільових рішень та синтез систем на основі інформаційних технологій є інтелектуальною основою діагностики, тестування елементів інтегрованих виробництв, їх функціонального налагодження для якісного протікання технологічних процесів, в умовах дії збурень та обмежень на ресурси, як інформаційні та матеріально – енергетичні. Взаємодія „система АСУ – МНС і команда операторів” може розглядатись як кооперативна гра, а дія збурень як провокуючі конфлікт гравці з розмитою стратегією.

Задачі діагностики складних систем, в умовах дії загроз, мають нечіткий характер так як в таких режимах потоки даних одержані під час програмно – планового тестування виробничої системи вносяться елементи некоректного сприйняття ситуації оператором. Тому для пошуку адекватного відображення динамічних ситуацій, що виникають в ієрархічних людино – машинних системах, необхідно використовувати інтегровані в предметну область нові поняття і відношення з нечіткими границями, твердження про стан об'єкта з багатозначною шкалою істинності, визначення цілі, формування задачі прийняття рішень для діагностики і управління.

Задача прийняття рішень може бути охарактеризована стратегією вибору способу дій $\exists \text{Strat}(T/S_V) \Rightarrow \{S_V(A_K) : T_1 \rightarrow A_K^\varepsilon(t/S_E(\Pi_i))\} \Rightarrow (A_0 \rightarrow A_{i_1} \dots \rightarrow A_C)$ де $A = \{A_i\}$ – множина альтернатив, S_E - середовище задачі в предметній області $\Pi_j, S_V(A_k)$ – система переваг при виборі альтернатив, T – дія над A , які ведуть до цільової області $(A_C : Z_C \in V_C)$.

Інформаційне забезпечення для прийняття рішень ґрунтується на відборі потоків даних від розподілених об'єктів ієрархічної системи і тому в кризових ситуаціях важливою є проблема забезпечення операторів, які приймають рішення, засобами зв'язку та можливістю використання комп'ютерних мереж, які входять в структуру автоматичного управління виробництвом. В умовах психологічної напруженості при аналізі даних про динамічну ситуацію можливі грубі помилки при відборі і опрацюванні даних, які полягають в тому, що оператори неправильно набирають адреси по яких мають повідомити вищестоящі по ієрархії управлінські структури про аварійний стан на підприємстві, а в найгіршому випадку – переплутують напрямки маршрутів передачі управлінських даних по блокуванню об'єктів, які мають великі запаси горючих матеріалів і схильні до вибухів або пожеж.

Висновок. Функціонування ієрархічних систем зі складною структурою і енергетичною активністю описується на основі ігрових моделей прийняття рішень для забезпечення яких необхідно використовувати координаційні стратегії управління, забезпечувати чітку маршрутизацію каналів зв'язку для передачі даних на всі рівні ієрархії, а також прийняти всі міри для гарантованого функціонування комп'ютерних мереж передачі даних в структурі АСУ-ТП.