

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Ковалюк Олег Олександрович

УДК 681.5:519.876.2

**МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В
УПРАВЛІННІ РОЗПОДІЛЕНИМИ ДИНАМІЧНИМИ СИСТЕМАМИ**

Спеціальність 05.13.06 – Інформаційні технології

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Вінниця - 2009

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у Вінницькому національному технічному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Дубовой Володимир Михайлович,
Вінницький національний технічний університет,
завідувач кафедри комп'ютерних
систем управління

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Гребеннік Ігор Валерійович,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
професор кафедри системотехніки

доктор технічних наук, професор
Мокін Віталій Борисович,
Вінницький національний технічний університет,
завідувач кафедри моделювання та моніторингу складних систем

Захист відбудеться “20” лютого 2009 р. о 12³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 05.052.01 у Вінницькому національному технічному університеті за адресою: 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95, ГУК, ауд. 210.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вінницького національного технічного університету за адресою: 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95.

Автореферат розісланий “16” січня 2009 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

С.М. Захарченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сьогодні значна увага приділяється розробці та впровадженню інформаційних технологій керування складними розподіленими системами. Прикладами таких систем є: мережі теплопостачання, транспортні мережі, технологічні процеси виготовлення та зберігання продукції тощо. Необхідність ефективного керування зазначеними об'єктами виникла досить давно, проте лише останнім часом розвиток інформаційних технологій забезпечив можливості для реалізації складних алгоритмів управління в розподілених системах.

Однією з головних проблем управління в розподілених динамічних системах є побудова моделей прийняття рішень, які б забезпечували необхідну вірогідність та своєчасність в умовах невизначеності частини параметрів та динаміки керованих процесів.

Одна з перших спроб формалізації процесів у розподілених системах була зроблена в теорії ієрархічних систем, основоположником якої став М. Д. Месарович. Базові концепції теорії ієрархічних систем отримали продовження в подальших дослідженнях. Іншим поширеним підходом, який використовується при моделюванні розподілених систем, є теорія ігор. У випадку розподілених систем елементи системи вважаються окремими гравцями з власними стратегіями. Суть гри полягає у знаходженні точки рівноваги, яка б, по можливості, задовольняла усіх учасників. Ряд положень теорії ігор знайшли відображення в теорії активних систем, яка розвивається російськими вченими Інституту проблем управління ім. Трапезнікова Новіковим Д. О., Бурковим В. М. та ін. Основна ідея даного підходу полягає у класифікації елементів за різними рівнями та узгодженні їх інтересів відповідно до глобального критерію управління.

Постійний розвиток методів прийняття рішень обумовлений новими задачами, які виникають в різних галузях. Зокрема задачі розпізнавання сигналів дали поштовх для створення теорії статистичних рішень. Значні успіхи в цьому напрямку отримані українськими вченими І. В. Кузьмичем, Т. К. Вінцюком, М. І. Шлезингером.

Вагомий внесок у розвиток методів прийняття рішень зробили: Белл Д., Белман Р., Кіні Р., Ларічев О. І, Подіновський В. В. В Україні в галузі прийняття рішень проводять дослідження Зайченко Ю. П, Іваненко В. І., Кунцевич В. М, Ладанюк А. П, Юхимчук С. В.

Проте, незважаючи на суттєві досягнення в теорії прийняття рішень, застосування її методів в розподілених динамічних системах часто не забезпечує необхідної якості рішень, оскільки сучасний розвиток теорії прийняття рішень при керуванні розподіленими системами спрямований переважно на проблеми прийняття рішень в організаційних системах. В свою чергу технічні системи характеризуються більшою динамічністю процесів, необхідністю використання інформації різного походження, принциповою неможливістю спостереження усіх суттєвих параметрів системи у реальному масштабі часу.

Цей факт обумовлює актуальність дисертаційної роботи, яка присвячена побудові ефективної інформаційної технології прийняття рішень в розподілених динамічних системах.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась згідно з планом науково-дослідних робіт кафедри комп'ютерних систем управління Вінницького національного технічного університету, держбюджетної науково-дослідної роботи "Розробка теорії та методів оптимальних рішень в умовах комбінованої невизначеності" (номер держ. реєстрації 0105U002431), госпдоговірної роботи "Розробка підсистеми прийняття рішень системи керування елеватором" (номер держ. реєстрації 0108U006651) у відповідності до пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки в Україні.

Мета і завдання дослідження. *Метою роботи* є підвищення якості рішень при управлінні розподіленими динамічними системами в умовах комбінованої стохастичної та нечіткої невизначеності.

Для досягнення мети в роботі поставлені і розв'язані такі задачі:

- аналіз стану розв'язання проблеми прийняття рішень при керуванні розподіленими динамічними системами в умовах комбінованої стохастичної та нечіткої

- невизначеності;
- розробка інформаційної технології прийняття рішень при керуванні розподіленими динамічними системами, яка включає комплекс математичного, інформаційного, алгоритмічного і програмного забезпечення;
- розробка моделі розподіленої системи із зосередженими параметрами, яка враховує невизначеність взаємодії її елементів і зміну потоків між елементами системи;
- подальший розвиток методу прийняття рішень на основі критерію ризику з урахуванням стохастичної та нечіткої невизначеності;
- удосконалення методу прийняття рішень при керуванні розподіленою динамічною системою на основі визначення кількості кроків багатокрокової стратегії з урахуванням часу розповсюдження впливів між підсистемами;
- здійснення практичної реалізації та впровадження результатів, перевірка на практиці їх адекватності та ефективності.

Об'єктом дослідження є процес прийняття рішень в управлінні розподіленими динамічними системами.

Предмет дослідження – методи, моделі та інформаційна технологія прийняття рішень в управлінні розподіленими динамічними системами.

Методи дослідження: положення та методи теорії графів, теорії ієрархічних систем, теорії випадкових процесів використано для розробки моделі розподіленої системи; методи теорії прийняття рішень, теорії масового обслуговування, апарату узагальнюючих функцій - для розвитку методу прийняття рішення в умовах комбінованої невизначеності; методи імітаційного

моделювання - для перевірки ефективності запропонованої інформаційної технології.

Наукова новизна одержаних результатів. В ході розв'язання поставлених задач отримано нові наукові результати:

- Розроблено нову інформаційну технологію прийняття рішень при управлінні розподіленими динамічними системами, яка відрізняється від існуючих моделлю розподіленої динамічної системи, методом прийняття рішень в умовах комбінованої невизначеності, методом визначення кількості кроків багатокрокової стратегії, що підвищує якість рішень.
- Розроблено нову модель розподіленої системи із зосередженими параметрами, яка відрізняється матричним поданням структури, описом взаємодії елементів системою зв'язаних марковських ланцюгів, врахуванням зміни величини впливу між елементами системи, що дозволяє підвищити адекватність моделі і прогнозувати характеристики невизначеності станів підсистем розподіленої системи.
- Отримав подальший розвиток метод прийняття рішень на основі критерію узагальненого ризику, який відрізняється врахуванням стохастичної та нечіткої невизначеності, що розширює область застосування методу.
- Удосконалено метод прийняття рішень при керуванні розподіленою динамічною системою, який відрізняється визначенням кількості кроків багатокрокової стратегії з урахуванням часу розповсюдження впливів між підсистемами, що забезпечує зменшення ризику прийняття рішення.

Практичне значення одержаних результатів. На основі запропонованих моделей та методів розроблено алгоритми та програмне забезпечення інформаційної технології прийняття рішень системи керування розподіленим об'єктом, а саме:

- узагальнений алгоритм прийняття рішень в розподілених динамічних системах в умовах комбінованої невизначеності;
- концептуальна модель бази даних підсистеми прийняття рішень в розподілених динамічних системах;
- програмне забезпечення для прийняття рішень в розподілених динамічних системах.

Результати дисертаційних досліджень впроваджені на підприємствах ДП ДАК "Хліб

України" "Старокостянтинівський елеватор", ІВП "ІнноВіннпром" та у навчальний процес кафедри комп'ютерних систем управління Вінницького національного технічного університету. Впровадження результатів дисертаційних досліджень підтверджені відповідними актами.

Особистий внесок здобувача. Всі результати, які складають основний зміст дисертації, отримані здобувачем самостійно. В роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачу належать такі ідеї і розробки: багатокрокова стратегія прийняття рішень [2, 4, 5], критерії прийняття рішень в умовах комбінованої невизначеності [8], метод прийняття рішень в розподілених системах за умов комбінованої невизначеності [4, 7], потокова модель з незбалансованими потоками [4, 6, 9], аксіоми прийняття рішень в умовах комбінованої невизначеності [1, 4], модель динаміки транспортних потоків [4, 10].

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на одинадцяти науково-технічних конференціях:

- VII-й, VIII-й Міжнародних конференціях „Контроль і управління в складних системах” (Вінниця, 2003, 2005);
- III-й Міжнародній науково-технічній конференції аспірантів і студентів "Автоматизація технологічних об'єктів і процесів. Пошук молодих" (Донецьк, 2003);
- IV-й Міжнародній науково-практичній конференції “Інтернет-Освіта-Наука – 2004” (Вінниця, 2004);
- XII-й, XIII-й Міжнародних конференціях з автоматичного управління (Київ, 2004, Вінниця, 2006);
- IV-й, V-й Міжнародних науково-практичних конференціях "Комп'ютерні системи в автоматизації виробничих процесів" (Хмельницький, 2005, 2007);
- науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників і студентів Вінницького національного технічного університету (Вінниця, 2003-2008).

Публікації. Результати, отримані за темою дисертації, опубліковані у 15 наукових працях, серед яких 1 монографія, 10 статей у фахових виданнях, що входять до переліку ВАК України, 4 тез доповідей. Отримано свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (145 найменувань) і додатків. Основний зміст викладено на 150 сторінках друкованого тексту, містить 56 рисунків, 8 таблиць. Загальний обсяг дисертації 196 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** до дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність теми, вказано зв'язок роботи з науковими програмами, сформульовано мету та задачі досліджень. Наведено основні наукові і практичні результати, відомості про їх впровадження, апробацію і публікацію.

У **розділі 1** проаналізовано методи прийняття рішень (ПР) при управлінні розподіленими динамічними системами (РДС). На прикладі транспортної мережі міста та силосного елеватора показано основні проблеми, що виникають при управлінні розподіленими системами. Особливу увагу приділено моделям керування в умовах комбінованої невизначеності. В результаті аналізу існуючих методів ПР зроблено висновок про недоліки моделей РДС та методів ПР, основними з яких є недостатнє врахування динаміки розподілених об'єктів та невизначеності їх параметрів.

Викладене визначило зміст наукових досліджень, вказаний в задачах досліджень.

У **розділі 2** розроблено комплекс моделей рішень в розподілених системах, ієрархія яких зображена на рис. 1.

Рис. 1. Ієрархія моделей прийняття рішень

Моделі інформаційної технології розподілені на дві групи: модель розподіленої системи та моделі прийняття рішень. Модель розподіленої системи складається з моделей, що описують структуру системи, поведінку та взаємодію її елементів. Моделям прийняття рішень відповідають критерії та алгоритми прийняття рішень.

Для врахування зв'язків між елементами системи запропоновано потокову і марковську моделі взаємодії.

Марковська модель призначена для підвищення точності розрахунку ймовірностей станів елементів, процеси в яких описуються марковським ланцюгом, за рахунок врахування впливів між елементами систем.

В загальному вигляді ймовірність переходу v -го елемента з i -го в j -й стан описується функцією

$$, \quad (1)$$

де $\tilde{P}^{(k)}$ – матриця ймовірностей станів елементів системи на k -му кроці; C_v – масив вагових коефіцієнтів; T – матриця затримок передавання впливів, n – кількість елементів системи, m – максимальна кількість станів.

Для неоднорідного марковського ланцюга ймовірність того, що v -й елемент системи після k кроків буде знаходитись в j -му стані з урахуванням (1), визначається з формули

$$, \quad (2)$$

де $\tilde{P}_{vi}^{(k-1)}$ – ймовірність перебування v -го елемента в i -му стані; c_{vij}^{00} – ймовірність переходу v -го елемента з i -го в j -й стан без урахування впливу інших елементів; c_{vij}^{lh} – коефіцієнт, що визначає вплив h -го стану l -го елемента на ймовірність переходу v -го елемента з i -го в j -й стан; $\tilde{P}_{lh}^{(k-\tau_{lh})}$ – ймовірність перебування l -го елемента в h -му стані на кроці $k - \tau_{lh}$.

У випадку, коли стан елемента на k -му кроці залежить від того, в який стан перейдуть інші елементи на цьому кроці, права частина рівнянь системи містить ймовірності з лівої частини інших рівнянь

$$, \quad (3)$$

а система станів має вигляд

$$(4)$$

де

Для побудови *структурної моделі* РДС використано зображення системи у вигляді графа $\Gamma(S, L)$, де S – множина підсистем (вершин графа); L – множина зв'язків (ребер графа). Виконано декомпозицію елементів системи по виходам (рис. 2).

а)

б)

Рис. 2. Декомпозиція елемента системи по виходам: а) елемент системи; б) декомпозиція елемента

У результаті декомпозиції кожній підсистемі S_i відповідає функціональна модель у вигляді системи операторних рівнянь.

$$, \quad (5)$$

де $L_{i\text{вх}}$ – підмножина ребер, які входять у вершину S_i ; $L_{i\text{вих}}$ – підмножина ребер, які виходять з вершини S_i ; n – кількість входів елемента; m – кількість виходів елемента.

Для отримання моделі розподіленої системи об'єднано моделі всіх підсистем. Для цього систему рівнянь (5) доповнено додатковими рівняннями, які визначають зв'язки між підсистемами у вигляді

$$\dots, \quad (6)$$

де x_{ij} – j -й вихід i -ї підсистеми; x_{vk} – k -й вхід v -ї підсистеми.

Для лінійної системи

$$\dots \quad (7)$$

З використанням матричного подання модель (5) лінійної розподіленої системи матиме вигляд:

$$\dots, \quad (8)$$

де

$$\dots \quad (9)$$

Матриця A_1 утворюється з коефіцієнтів лівої частини рівняння (7). Матриця B_1 – матриця-стовпець, утворена з вільних членів (правої частини) рівняння (7). Матриця A_2 – матриця розміром $[M, M]$ з двома ненульовими елементами, один з яких відповідає пронумерованому кінцю ребра (входу відповідної підсистеми) і дорівнює 1, інший – пронумерованому початку того ж ребра (виходу іншої підсистеми); B_2 – нульова матриця-стовпець розміром $[M, 1]$.

Запропонована модель дозволяє описати як структуру системи, так і зв'язки між її елементами.

Для побудови багатокрокової стратегії прийняття рішень в РДС необхідна модель динаміки РДС, входами якої є рішення, що приймаються системою керування. Основою моделі динаміки є метрика у просторі рішень. Метрика ґрунтується на системі аксіом порівняння рішень, в якій для порівняння рішень використано аксіоми очікуваної корисності Неймана – Моргенштерна для випадку комбінованої невизначеності.

Для корисності, заданої у вигляді узагальнюючої функції невизначеності $\beta(u)$ визначено операції порівняння

$$\dots \quad (10)$$

та комбінування корисностей

$$\dots, \quad (11)$$

де op – позначення операції над корисностями в умовах комбінованої невизначеності.

З урахуванням відношення порівняння (10) і операції комбінування (11), аксіоми очікуваної корисності мають вигляд:

Аксіома 1. Для будь-яких u, v має місце одне і тільки одне відношення:

Аксіома 2. Якщо i , то.

Аксіома 3. Якщо, то,.

Аксіома 4. Якщо, то,.

Аксіома 5. Якщо, то існує таке значення, для якого виконується нерівність .

Аксіома 6. Якщо, то існує таке значення, для якого виконується нерівність.

Аксіома 7.

Аксіома 8., де.

Для визначення метрики у просторі рішень множину рішень D розбито на три підмножини

$$\dots, \quad (12)$$

де D^+ – “хороші рішення”, тобто такі, що наближають до мети; D^- – “погані рішення”, тобто такі, що віддаляють від мети; D^0 – “нейтральні рішення”, тобто такі, що не впливають на досягнення мети.

Ґрунтуючись на сепарабельності топології визначено поняття ε -околу.

Означення. ε -околом рішення $d_0 \in D^*$ (де D^* – одна з підмножин D^+ , D^0 , D^-) є підмножина $D^\varepsilon \subset D^*$, така, що для всякого рішення $d_j \in D^\varepsilon$ виконується умова $|R(d_j) - R(d_0)| < \varepsilon$.

Визначено поняття сусідства двох рішень, яке знаходиться шляхом розв’язання рівняння

$$F_i^{-1}(x) = F_j^{-1}(x) \quad (13)$$

де F_i^{-1}, F_j^{-1} – обернені з точністю до ε вирішальні функції для i -го і j -го рішень відповідно,

відносно вектора умов прийняття рішень \vec{x} .

Множина розв’язків $X_\varepsilon(d_i, d_j)$ рівняння (13) утворює ε -межу рішень d_i і d_j .

Враховуючи запропоновану метрику, побудовано модель багатокрокової стратегії прийняття рішень для лінійної системи, яка керується рішеннями і характеризується передаточною функцією вигляду

де $Y(p), D(p)$ – зображення за Лапласом стану лінійної системи і керуючих рішень. Доведено, що модель багатокрокової стратегії прийняття рішень має вигляд

$$Y(p) = D(p) \cdot U(p) \quad (14)$$

де

$$U(p) = \frac{1}{1 - \Delta t \cdot p} \quad (15)$$

Використовуючи дискретну модель динаміки об’єкта, керованого рішеннями, та метричний простір рішень, досліджено стійкість системи керування в цілому. Узагальнена структурна схема системи керування за допомогою рішень зображена на рис. 3.

Рішення d приймається на підставі вектора умов $\vec{x} = \{Y, Y_0\}$, які для РДС визначаються як у поточний момент t , так і у попередні моменти $(t - \tau)$, де $\tau = \Delta t \cdot [1, \dots, \max(n, m)]$.

Рис. 3. Система, керована рішеннями

Стійкість РДС залежить від розв’язків систем (16)

$$i \quad (16)$$

За умови замкнена система, керована рішеннями, буде:

- стійкою, якщо;
- нестійкою, якщо;
- перебуватиме на межі стійкості, якщо.

З критерію впливає, що стійкість системи залежить від часу прийняття рішень Δt , критерію ПР R , вирішальної функції F , величини ε -околу і параметрів об’єкта керування. У випадку логарифмічної функції втрат цей критерій співпадає з критерієм ентропійної стійкості.

Таким чином, розроблений у другому розділі комплекс математичних моделей дозволяє підвищити адекватність існуючих моделей РДС за рахунок врахування взаємодії елементів та зміни потоків між елементами моделі. Запропонована модель багатокрокової стратегії підвищує ефективність ПР шляхом використання інформації про попередні стани РДС та керуючі рішення.

У розділі 3 наведено складові інформаційної технології ПР в РДС. Побудовано UML-діаграми варіантів використання елементів програмного забезпечення, послідовності кроків

процесу прийняття рішення, структуру взаємодії функціональних частин програмного забезпечення. Програмне забезпечення, що реалізує інформаційну технологію прийняття рішень, складається з таких компонентів: база даних, ядро програми, графічний інтерфейс, підсистема реалізації рішень.

Розроблено концептуальну структуру бази даних системи підтримки прийняття рішень (СППР), зображену на рис. 4.

Рис. 4. Концептуальна модель бази даних СППР

Наведена концептуальна модель передбачає зберігання інформації про такі сутності, як тип даного, рішення, функція втрати, критерій прийняття рішення.

Запропоновано метод прийняття рішень в розподілених системах, алгоритм реалізації якого складається з таких кроків:

1. Розв'язання задачі спостережності системи.
2. Визначення параметрів стану розподіленої системи, які піддаються спостереженню.
3. Отримання даних про частину параметрів стану, які не піддаються спостереженню.
4. Подання отриманих даних у вигляді узагальнюючих функцій невизначеності.
5. Розв'язання задачі оцінювання параметрів стану, щодо яких немає ні експериментальних, ні експертних даних, на основі моделі розподіленої системи.
6. Визначення множини можливих рішень шляхом розв'язання задачі аналізу стійкості розподіленої системи.
7. Отримання функції втрат для множини можливих рішень.
8. Пошук оптимального рішення, яке забезпечує мінімум втрат.

Розроблено процедури для реалізації кожного з кроків алгоритму.

Зокрема, процедура розрахунку довжини стратегії керування V -ю підсистемою складається з таких кроків:

1. На основі моделі розповсюдження впливів визначаються чутливості стану V -ї підсистеми до станів інших підсистем. Отримані вагові коефіцієнти ранжуються в порядку зменшення. Якщо загальна кількість підсистем РДС N , максимальне і мінімальне значення вагових коефіцієнтів відповідно $c_{V \max}$ і $c_{V \min}$, то коефіцієнти утворюють послідовність, близьку до арифметичної прогресії. Критерій визначення підсистем, стан яких суттєво впливає на процеси у підсистемі V , має вигляд

де

звідки

$$(17)$$

2. Виділяється підграф РДС, який утворюють k підсистем з найбільшими коефіцієнтами c_V разом з V -ю підсистемою.

3. Довжину стратегії керування у підсистемі V визначається з формули

$$(18)$$

де τ_{np} – час, відведений на прийняття та реалізацію рішення; T_j – час перехідного процесу у підсистемі j , який визначається порядком чисельника її передаточної функції $T_j = n_j \cdot \tau_{np}$; L – цикл з максимальною сумарною вагою ребер T_L , до якого входить підсистема V ; τ_{ij} – час розповсюдження впливу між суміжними підсистемами i та j .

Отримані за запропонованою процедурою значення n_V є індивідуальними для кожної підсистеми.

З метою дослідження якості рішень проаналізовано основні характеристики рішень: своєчасність та вірогідність.

В умовах комбінованої невизначеності вірогідність характеризується функціоналом

(19)

де D^+ – простір “хороших” рішень; d^* – рішення із множини допустимих рішень,

(20)

τ_{np} – час прийняття рішення, y – дані, що використовуються для прийняття рішення, $\beta(y)$ – узагальнююча функція, r_y – коефіцієнт кореляції.

Отримано залежність вірогідності рішення від ентропії умов прийняття рішень та кількості інформації. Графік залежності вірогідності від кількості інформації і залишкової невизначеності показано на рис. 5.

а) б)

Рис. 5. Залежність вірогідності рішення при лінійній вирішальній функції від кількості інформації (а), ентропії (б)

Використання вірогідності рішень дозволяє оцінити якість рішення в умовах невизначеності ситуації прийняття рішення.

У розділі 4 наведено практичну реалізацію отриманих результатів. Запропоновані моделі та алгоритми реалізовано у вигляді окремого програмного забезпечення, розробленого в середовищі Borland Delphi 7.0. Варіанти використання програмного забезпечення показано на рис. 6.

Рис. 6. UML-діаграма варіантів використання елементів програмного забезпечення СППР

Програмне та інформаційне забезпечення СППР складається з ядра, однакового для підсистем усіх рівнів, і надбудови, яка вирізняє підсистеми за рівнем ієрархії. Структура ядра СППР зображена на рис. 7.

Рис. 7. Структура СППР керування РДС

Ядро системи складається з трьох частин: бази моделей, бази алгоритмів та бази даних. База моделей містить набір моделей, які використовуються в процесі прийняття рішень. Вибір моделі залежить від алгоритму прийняття рішення. У базі моделей реалізовано марковську модель взаємодії елементів РДС, модель багатокрокової стратегії прийняття рішень, модель з незбалансованими потоками. Оскільки керування динамічною розподіленою системою передбачає використання багатокрокових стратегій, то для зберігання інформації про попередні стани та рішення використовується база даних. Один із варіантів концептуальної моделі такої бази даних наведено на рис. 4. Крім інформації, отриманої на попередніх кроках роботи системи, в базі даних зберігаються параметри моделей прийняття рішень, критеріїв, ресурсів.

Показано використання запропонованих моделей та алгоритмів для прийняття рішень в керуванні транспортними потоками міста та силосним елеватором. Зазначено, що системи керування цими об'єктами мають однакову ієрархічну структуру.

Ефективність запропонованої інформаційної технології прийняття рішення досліджено

за допомогою імітаційного моделювання. Запропонована інформаційна технологія порівнювалася з моделями прийняття рішень на перехрестях на основі нечіткої логіки, теорії масового обслуговування та теорії статистичних рішень. В якості критерію оптимальності обрано загальну тривалість руху транспортних засобів. Результати моделювання наведено на рис. 8.

Рис. 8. Результати моделювання

З проведених досліджень випливає, що результати методів прийняття рішень для одного елемента системи відрізняються несуттєво. Разом з тим, використання моделей та алгоритмів, запропонованих в дисертації, дозволяє підвищити оптимальність рішень в межах групи підсистем та системи в цілому до 20%. Ефективність розробленої інформаційної технології

підтверджено результатами впровадження на підприємствах ДП ДАК "Хліб України" "Старокостянтинівський елеватор" та ІВП "Інновіснпром".

В додатках наведено акти впровадження результатів дисертаційної роботи, аналіз статистичних критеріїв прийняття рішень, наповнення таблиць бази даних, лістинги програм.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання роботи розв'язано актуальну задачу підвищення якості рішень при управлінні розподіленими динамічними системами.

Проведений аналіз показав, що використання існуючих моделей РДС та методів прийняття рішень не забезпечує розв'язання всіх задач в рамках зазначеної проблеми. Зокрема, існуючі моделі розглядають або функціонально-логічні зв'язки між елементами, або динаміку окремих елементів, тому динаміка процесів у розподілених системах складної структури враховується не повністю. Недостатньо враховується також і невизначеність умов прийняття рішень, зумовлена принциповою неможливістю повного контролю стану усіх елементів РДС через надто великі витрати часу і апаратних засобів.

У ході розв'язання поставлених задач були отримані нові наукові результати:

1. Розроблено нову інформаційну технологію прийняття рішень при управлінні розподіленими динамічними системами, яка відрізняється моделлю РДС, методом ПР в умовах комбінованої невизначеності, методом визначення кількості кроків багатокрокової стратегії, що підвищує якість рішень. На основі запропонованих алгоритмів розроблено програмне забезпечення підсистеми прийняття рішень системи керування розподіленим об'єктом.

2. Для забезпечення адекватності моделі РДС розроблено нову модель розподіленої системи з зосередженими параметрами, яка відрізняється матричним поданням структури, описом взаємодії елементів системою зв'язаних марковських ланцюгів, врахуванням зміни величини впливу між елементами системи. Використання зазначеної моделі дозволяє прогнозувати характеристики невизначеності станів підсистем розподіленої системи, що підвищує адекватність моделі та загальну ефективність процесу прийняття рішення. Зміни

стану елементів доцільно описувати марковськими ланцюгами у випадку невеликої кількості елементів, оскільки при збільшенні кількості підсистем зростає кількість елементів у матрицях моделі, що призводить до збільшення часу прийняття рішення та витрат апаратних ресурсів.

3. Отримав подальший розвиток метод прийняття рішень на основі критерію ризику, який відрізняється врахуванням стохастичної та нечіткої невизначеності, що розширяє область застосування методу.

4. Удосконалено метод прийняття рішень при керуванні розподіленою динамічною системою, алгоритм реалізації якого передбачає поділ параметрів на групи за частотою вимірювання, визначення інтервалів вимірювання параметрів, оцінювання параметрів та їх перетворення в узагальнюючі функції невизначеності. Особливістю методу є використання багатокрокової стратегії прийняття рішення, яка дозволяє зменшити ризик прийняття рішення за рахунок урахування тривалості розповсюдження впливів між підсистемами. Незважаючи на те, що модель багатокрокової стратегії призначена для систем з лінійною передаточною функцією, область застосування моделі є досить широкою, що пояснюється можливістю лінеаризації передаточної функції значної кількості розподілених систем.

5. Результати теоретичних досліджень знайшли практичну реалізацію для задач керування транспортними потоками міста і задач керування елеваторами та були впроваджені на підприємствах ДП ДАК "Хліб України" "Старокостянтинівський елеватор", ІВП "Інновінпром" та у навчальний процес кафедри комп'ютерних систем управління Вінницького національного технічного університету. Впровадження результатів дисертаційних досліджень підтверджені відповідними актами.

У результаті використання розробленого програмного забезпечення підсистеми прийняття рішень на підприємстві ДП ДАК "Хліб України" "Старокостянтинівський елеватор" зафіксовано зменшення витрат електроенергії на підтримання необхідних умов зберігання зерна на 5-7%, що підтверджує ефективність інформаційної технології, запропонованої в дисертації.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Ковалюк О. О. Аксиоматична основа прийняття рішень в умовах комбінованої невизначеності / В. М. Дубовой, О.О. Ковалюк // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – Вінниця, 2006.–№1(11).–С. 70-75.
2. Ковалюк О. О. Багатокрокові стратегії прийняття рішень у динамічних системах / В. М. Дубовой, О.О. Ковалюк // Вісник Національного університету "Львівська політехніка".– 2007.–№574.– С. 64-68.
3. Ковалюк О. О. Вдосконалений метод прийняття рішень в розподіленій динамічній системі / О. О. Ковалюк // Вісник Житомирського державного технологічного університету .– 2008. – №1(44).– С. 117-122.
4. Ковалюк О. О. Моделі прийняття рішень в управлінні розподіленими динамічними системами. Монографія / В. М. Дубовой, О.О. Ковалюк – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. – 185 с.
5. Ковалюк О. О. Оцінка якості багатокрокових стратегій прийняття рішень в динамічних системах / В. М. Дубовой, О. О. Ковалюк // Вісник Хмельницького національного університету. – №3, т.1, 2007. – С.119-123.
6. Ковалюк О. О. Оцінювання параметрів транспортних потоків міста / В. М. Дубовой, О. О. Ковалюк // Вісник Хмельницького національного університету. – №4, 2005.–С. 197-200.
7. Ковалюк О. О. Прийняття рішень в розподілених системах за умов комбінованої невизначеності / В. М. Дубовой, О. О. Ковалюк // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2004.– №1.– С. 8-11.
8. Ковалюк О. О. Прийняття рішень в умовах змішаної невизначеності / В. М. Дубовой, Д. О. Ковалюк, О. О. Ковалюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2003. –

№6 – С. 23-29.

9. Ковалюк О. О. Прогнозування станів транспортних потоків міста / В. М. Дубовой, О. О. Ковалюк // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2005. – №2(10). – С. 55-60.
10. Ковалюк О. О. Стійкість процесу керування транспортною мережею міста / В. М. Дубовой, О. О. Ковалюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – №6. – С. 106-111.
11. Ковалюк О. О. Взаємодія марковських процесів в моделях прийняття рішень в розподілених системах / О. О. Ковалюк // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2008. – №2. – Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-1/uk.htm>
12. Ковалюк О. О. Комп'ютерна програма "Прийняття рішень в розподілених динамічних системах в умовах комбінованої невизначеності" // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 25702. – К.: Державний департамент інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації 16.09.2008.

АНОТАЦІЇ

Ковалюк О.О. Моделі та інформаційна технологія прийняття рішень в управлінні розподіленими динамічними системами. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Вінницький національний технічний університет, Вінниця - 2009.

Дисертаційну роботу присвячено розв'язанню задачі підвищення якості прийняття рішень в управлінні розподіленими динамічними системами.

У результаті досліджень розроблено інформаційну технологію прийняття рішень в розподілених динамічних системах, яка включає комплекс математичного, алгоритмічного та програмного забезпечення. Запропоновано модель розподіленої системи, яка враховує взаємодію між елементами системи та дозволяє представити систему у матричному вигляді. Використання моделі підвищує ефективність керування за рахунок більш адекватного опису системи.

Отримав подальший розвиток метод прийняття рішень на основі критерію ризику, який дозволяє враховувати комбіновану стохастичну та нечітку невизначеність, що розширює межі застосування методу. Удосконалено метод прийняття рішень при керуванні розподіленою динамічною системою, який відрізняється визначенням кількості кроків багатокрокової стратегії з урахуванням тривалості розповсюдження впливів між підсистемами, що забезпечує зменшення ризику прийняття рішення.

На основі запропонованих алгоритмів розроблено програмне забезпечення підсистеми прийняття рішень системи керування розподіленим об'єктом.

Ключові слова: інформаційна технологія, прийняття рішень, управління, розподілена динамічна система, невизначеність.

Ковалюк О.А. Модели и информационная технология принятия решений в управлении распределенными динамическими системами. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Винницкий национальный технический университет, Винница - 2009.

Диссертационная работа посвящена повышению качества принятия решений в управлении распределенными динамическими системами (РДС). Основными характеристиками систем данного класса являются: наличие собственных критериев управления у элементов системы, взаимное влияние элементов, неопределенность параметров

системы, иерархическая структура управления.

В ходе анализа существующих подходов к принятию решений в РДС выявлено ряд недостатков, среди которых следует отметить слабый учет влияния элементов друг на друга и сложность использования информации, представленной в разных формах (нечеткой и стохастической).

В связи с этим в диссертации поставлена и решена актуальная задача повышения качества принятия решений в РДС путем создания информационной технологии, которая включает модели и методы принятия решений, а также их практическую реализацию.

Для повышения качества решений предложена новая модель РДС, которая позволяет учитывать взаимодействие между элементами, процессы в которых могут быть представлены с помощью неоднородных марковских цепей. Особенностью данной модели также является использование изменения величины потоков между элементами системы для более адекватного определения состояния РДС. Представление РДС в матричном виде дает возможность описать как структуру системы, так и зависимости между входами и выходами элементов.

Для принятия решений на основе информации разного вида получил дальнейшее развитие метод принятия решений на основе критерия обобщенного риска, который позволяет учитывать стохастическую и нечеткую неопределенность путем их преобразования в обобщающие функции. Обобщение неопределенности позволяет расширить класс систем, в которых может использоваться метод.

Усовершенствован метод принятия решений в РДС, который отличается от известных использованием многошаговой стратегии принятия решений в системах с линейной передаточной функцией состояния системы и решений. Для построения модели многошаговой стратегии предложена метрика в пространстве решений и аксиомы ожидаемой полезности в условиях неопределенности. Многошаговая стратегия принятия решений позволяет повысить качество принятия решений за счет использования информации о прошлых состояниях системы и решений, принятых на предыдущих шагах. В математической модели многошаговой стратегии определено максимальное количество принятых решений и состояний системы, которые следует учитывать в текущий момент времени. Используя дискретную модель динамики объекта и метрическое пространство решений, сформулированы условия устойчивости системы, управляемой решениями.

Разработана процедура согласования решений, принятых разными подсистемами, которая позволяет согласовать решения в условиях ограниченных ресурсов для их реализации. Предложены линейная, звездообразная, иерархическая схемы зависимости решений в РДС, выделенные на основе чувствительности решающей функции. Разработаны процедуры определения частоты контроля параметров РДС, оценивания их значений, преобразования параметров системы в обобщающие функции с дальнейшей корректировкой их значений на основе полученной информации. Исследованы характеристики решений: своевременность и достоверность. Найдены отношения для расчета задержки при разных схемах синхронизации решений, а также зависимости достоверности решений от количества информации и энтропии ситуации принятия решения.

В соответствии с предложенной информационной технологией разработаны модели и алгоритмы для принятия решений при управлении транспортными потоками города и технологическим процессом хранения зерновых культур на силосном элеваторе. Эффективность информационной технологии при управлении транспортными потоками города подтверждена результатами имитационного моделирования.

Практическое значение полученных результатов заключается в том, что они позволили разработать обобщенный алгоритм принятия решений в РДС в условиях комбинированной неопределенности, концептуальную модель базы данных и программное обеспечение, которые вместе с моделями и методами составляют ядро информационной технологии принятия решений в РДС. Программное обеспечение системы поддержки принятия решений реализовано в виде автономной подсистемы, что позволяет использовать ее совместно с

существующими системами управления. Результаты диссертационной работы внедрены на дочернем предприятии государственной акционерной компании "Хлеб Украины" "Староконстантиновский элеватор" и на инновационном внедренческом предприятии "ИнноВиннпром", что подтверждено соответствующими актами. На основе анализа результатов внедрения можно сделать вывод об эффективности предложенной информационной технологии принятия решений и корректности положений, которые легли в ее основу.

Ключевые слова: информационная технология, принятие решений, управление, распределенная динамическая система, неопределенность.

Kovalyuk O.O. The models and information technology of decision making of control of distributed dynamic systems. - A manuscript.

Thesis for a candidate's degree of technical sciences on specialty 05.13.06 – information technologies. – Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia - 2009.

The dissertation is devoted to the solve of important scientific problem of improvement of decision in distributed dynamic systems (DDS). A new information technology of decision making in DDS, which consists of mathematical models, criteria's, algorithms, methods and software, was proposed. The mathematical model of DDS was developed. The main features of the model are matrix representation of DDS, unbalanced flow and elements influence considering. The method of decision making, based on risk criteria, was improved. This gives the opportunity to use both fuzzy and stochastic data in decision making model. The generalized algorithm of decision making in DDS under uncertainty conditions was proposed. The algorithm consists of such steps as procedure of frequency parameters measurement, procedure of multistage decision making strategy calculation, procedure of stability analyze and other. The multistage strategy allows to increase effectiveness of decision making by using additional information about previous system states and decisions.

The decision making support system, based on mathematical models, methods and algorithms of information technology, was developed and used in action.

Key words: information technology, decision making, control, distributed dynamic system, uncertainty conditions.

Підписано до друку 10.01.2009 р. Формат 29.7×42 1/4
Наклад 100 прим. Зам. № 2009-01
Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету

м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95. Тел.: 59-81-59