

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Никитенко Олена Дмитрівна**

УДК 004.942:004.051:004.021

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПІДСИСТЕМ ЗБОРУ ДАНИХ АСУТП  
В УМОВАХ КОМБІНОВАНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ**

Спеціальність 05.13.06 – Інформаційні технології

**Автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Вінниця - 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана 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  
Кветний Роман Наумович,  
Вінницький національний технічний університет,  
завідувач кафедри автоматичної та інформаційно-виміральної техніки

доктор технічних наук, професор  
Тунік Анатолій Азарійович,  
Національний авіаційний університет,  
професор кафедри систем управління літальними апаратами

Захист відбудеться “\_26\_” \_\_\_02\_ 2010 р. о 9<sup>30</sup> 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 “ 22 ” \_\_\_ 01 \_\_\_ 2010 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

С. М. Захарченко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Останніми роками зріс інтерес до проблем побудови високоефективних та високонадійних підсистем збору даних у різних галузях людської діяльності, зокрема в АСУ ТП, що, в свою чергу, приводить до впровадження інформаційних технологій проектування підсистем збору даних (ПЗД). З одного боку, це пов'язано із значним прогресом в області обчислювальної техніки, розвитком інформаційних технологій, підвищенням ступеня автоматизації, а з іншого, необхідністю ефективного проектування таких підсистем, оскільки забезпечення якості збору, передачі та обробки інформації і задоволення постійно зростаючих вимог до надійного і безпечного функціонування АСУ впливає на результат функціонування системи в цілому.

При проектуванні ПЗД постає необхідність оптимізації її структури, яка забезпечить необхідну якість функціонування АСУ ТП, причому важливим питанням є вибір критерію оптимізації, знаходження оптимального компромісу між швидкістю і вартістю системи, складністю і надійністю, оптимального розподілу функцій між програмними і апаратними засобами ПЗД з урахуванням особливостей контролюваного технологічного процесу.

Дослідження в галузі інформаційних технологій проектування і оптимізації ПЗД проводяться науковцями різних провідних наукових та навчальних закладів. Значний внесок у формулювання теоретичних засад питань, які розглядаються в дисертації, зокрема, проблем проектування і моделювання систем, зробили такі вчені, як М. П. Бусленко, В. М. Глушков, М. З. Згуровський, М. Месарович, В. С. Михалевич, Г. Є. Поспелов, Г. Е. Цейтлін, Б. І. Мокін, Р. Н. Кветний, В. М. Дубовой, С. В. Юхимчук, Ю. С. Яковлев, А. В. Палагін та ін. Питання моделювання, дослідження та оптимізації підсистем збору даних розглядаються в багатьох роботах, де такі автори, як М. Краус, Е. Кучбах, О.-Г. Вошні, Б. Я. Советов, С. А. Яковлев, Н. Н. Васін, В. П. Мохонько, М. П. Цапенко вирішують задачі збору та обробки інформації у виробничих системах, оптимізації їх параметрів і вибір критеріїв оптимізації функціонування таких систем, моделювання структури ПЗД.

Деякі методи та інформаційні технології синтезу ПЗД реалізовані у таких системах автоматизації проектування, як Trace Mode (AdAstra, Росія), RealFlex (BJ.Software.Systems, США), Sitex (Jade.Software, Англія) та інших.

Для формалізації та оптимізації підсистем збору даних використовують різноманітні моделі. Оскільки ПЗД містить апаратні та програмні засоби, в основному орієнтовані на комп'ютерну техніку, то її модель має бути універсальною. Такими універсальними моделями є алгоритмічні моделі (АМ), які широко використовуються для дослідження процесів і проектування систем. У більшості теоретичних задач оптимізації мова йде про постановки і методи розв'язання задач, що не містять невизначеностей.

Проте, в переважній більшості практичних задач функціонування ПЗД відбувається в умовах невизначеності (УН) вхідних даних, причому ступінь цієї невизначеності, а також її природа можуть суттєво відрізнятися. В цих умовах задача оптимізації структури ПЗД має певні особливості і наразі немає загально визначених підходів до її розв'язання. Існують роботи, в яких розглядаються теоретичні питання, пов'язані з алгоритмічними моделями ПЗД, але мало досліджено питання врахування комбінованої невизначеності при моделюванні і оптимізації структури ПЗД на основі алгоритмічних моделей.

Отже, однією з головних **проблем** проектування ПЗД є оптимізація структури в умовах невизначеності частини параметрів, зокрема **актуальною** теоретичною і прикладною **задачею** є розвиток інформаційної технології та вдосконалення методів оптимізації структури ПЗД на основі алгоритмічних моделей з метою врахування в них умов невизначеності.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась в рамках пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки в Україні відповідно до плану 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 рекомендацій щодо проектування оптимальної структури та алгоритму системи керування технологічним процесом варки

рибних консервів" (номер держ. реєстрації 0108U002327).

**Мета і завдання дослідження.** *Метою роботи є підвищення ефективності підсистем збору даних на основі розвитку інформаційної технології оптимізації їх структури в умовах комбінованої невизначеності.*

В результаті проведеного аналізу для досягнення поставленої мети сформульовані завдання дослідження:

- проаналізувати існуючі методи і технології оптимізації структур підсистем збору даних;
- розробити новий метод моделювання підсистем збору даних в умовах невизначеності, який дозволяв би здійснювати оптимізацію структур систем в умовах комбінованої стохастичної та нечіткої невизначеності;
- вдосконалити метод оцінювання характеристик підсистем збору даних (надійності, складності, швидкодії) в умовах невизначеності, який ґрунтується на алгоритмічній моделі;
- розробити підхід до перетворення структурних схем підсистем збору даних в умовах невизначеності;
- розвинути інформаційну технологію оптимізації структур підсистем збору даних в умовах невизначеності;
- розробити методики та алгоритми дослідження характеристик та оптимізації структур підсистем збору даних в умовах комбінованої стохастичної та нечіткої невизначеності;
- перевірити розроблені теоретичні положення, методи та алгоритми на практиці.

*Об'єктом дослідження є процеси збору даних в автоматизованих системах управління технологічними процесами.*

*Предметом дослідження є оптимізація структур підсистем збору даних в умовах невизначеності.*

*Методи дослідження базуються на використанні теорії алгоритмів, теорії ймовірності, нечіткої логіки та функціонального аналізу для розробки методу моделювання; комп'ютерного моделювання для дослідження ефективності й достовірності розробленого підходу та програмного забезпечення; математичної статистики для оцінювання похибок моделювання.*

#### **Наукова новизна одержаних результатів.**

- Вперше запропоновано метод моделювання підсистем збору даних в умовах невизначеності, який базується на формальній системі алгоритмічних моделей і використовує операторне подання перетворень невизначених даних, що дозволяє здійснювати оптимізацію структур підсистем збору даних в умовах комбінованої стохастичної та нечіткої невизначеності.

- Вдосконалено метод оцінювання характеристик підсистем збору даних в умовах невизначеності, який, на відміну від існуючих, ґрунтується на алгоритмічній моделі в умовах комбінованої невизначеності, що дозволяє розширити область застосування та підвищити достовірність оцінок.

- Вперше запропоновано підхід до перетворення структурних схем підсистем збору даних, який ґрунтується на понятті про еквівалентні перетворення алгоритмічної моделі в умовах невизначеності, що дозволяє розширити множину варіантів структурних схем.

- Отримала подальшого розвитку інформаційна технологія оптимізації структур підсистем збору даних в умовах невизначеності, який полягає у використанні запропонованого методу моделювання, вдосконаленого методу оцінювання характеристик та запропонованого підходу до перетворення алгоритмічних моделей, що дозволяє підвищити ефективність підсистем збору даних.

**Практичне значення одержаних результатів.** Проведені теоретичні дослідження використані при створенні методик та алгоритмів дослідження характеристик й оптимізації структур підсистем збору даних в умовах комбінованої стохастичної та нечіткої невизначеності.

Розроблені алгоритми і методики реалізовані у вигляді програмного забезпечення «Checkout Subsystem Optimizer», яке розширяє можливості та удосконалює систему автоматизованого проектування Trace Mode.

Результати досліджень впроваджені:

- на виробничому підприємстві ТОВ «Вінтар» у процесі вдосконалення системи керування технологічним процесом варки рибних консервів;
- на підприємстві ВКП «Віконт» ТОВ у процесі оптимального проектування структур підсистем збору даних;
- в навчальний процес кафедри комп'ютерних систем управління Вінницького національного технічного університету при викладанні дисципліни «Комп'ютерне моделювання процесів і систем», а також викладені у навчальному посібнику (Дубовой В. М., Никитенко О. Д. Спеціальні розділи математики. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 165 с.).

**Особистий внесок здобувача.** Всі результати, які складають основний зміст дисертації, отримані здобувачем самостійно. В роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачу належать такі ідеї і розробки: метод оцінювання характеристик підсистем збору даних в умовах невизначеності [1], підхід до перетворення структурних схем підсистем збору даних в умовах невизначеності [2, 6, 9], інформаційна технологія оптимізації структур підсистем збору даних в умовах невизначеності [3, 5, 10], новий підхід до побудови моделей розвитку підсистем збору даних [4], метод моделювання систем в умовах невизначеності, який базується на формальній системі алгоритмічних моделей [7, 11, 14, розділ 6], підхід до формалізації операцій над алгоритмічною моделлю систем керування в умовах невизначеності [8, 12], програмне забезпечення для перетворення алгоритмічної моделі на операторну та оцінювання її складності [13].

**Апробація результатів дисертації.** Результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на семи науково-технічних конференціях: IV Міжнародній науковій конференції студентів та молодих вчених „Політ” (м. Київ, 2004); IV, V Міжнародних науково-практичних конференціях „Інтернет-Освіта-Наука” (м. Вінниця, 2004, 2008); IV, V Міжнародних науково-практичних конференціях "Комп'ютерні системи в автоматизації виробничих процесів" (м. Хмельницький, 2005, 2007); VIII, IX Міжнародних конференціях «Контроль і управління в складних системах» (м. Вінниця, 2005, 2008); Науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників і студентів Вінницького національного технічного університету (м. Вінниця, 2005-2009); Міжнародній науковій конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень і прикладні аспекти інформаційних технологій» (ISDMIT'2006) (м. Євпаторія, 2006); Международной научно-технической конференции «Автоматизация: проблемы, идеи, решения» (г. Севастополь, 2008).

**Публікації.** Результати теоретичних і експериментальних досліджень викладені в 18 наукових працях, серед яких 12 статей, 8 з них в журналах, що входять до переліку ВАК України, 4 тези, свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір та навчальний посібник.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (204 найменування) і додатків. Основний зміст викладено на 147 сторінках друкованого тексту, містить 64 рисунки, 17 таблиць. Загальний обсяг дисертації 254 сторінки.

## 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** проведено аналіз існуючих методів, моделей та технологій структурного проектування підсистем збору даних.

Особливу увагу приділено вибору моделі ПЗД, на основі якої можна здійснювати моделювання та оптимізацію структури ПЗД. Такою виявилась алгоритмічна модель, яка може бути основою проектування ПЗД в умовах невизначеності, в тому числі визначення основних характеристик ПЗД: складності, надійності, швидкодії тощо. Експоненціальне зростання кількості варіантів структурної реалізації ПЗД із зростанням її складності свідчить про збільшення потреби у автоматизації процесів моделювання та оптимізації структури ПЗД у вигляді інформаційної технології, яка б поєднувала евристичні методи (бажано формалізовані у

вигляді бази знань) і автоматизований оптимізаційний підхід на основі моделювання ПЗД.

Викладене визначило зміст наукових досліджень, вказаний в завданнях досліджень.

У розділі 2 сформульовано поняття про комплекс моделей, які є основою інформаційної технології оптимізації структури підсистем збору даних. Об'єктом оптимізації запропонованої інформаційної технології є модель структури ПЗД.

Запропоновано метод моделювання систем в умовах невизначеності. Метод базується на формальній системі алгоритмічних моделей і використовує операторне подання перетворень невизначених даних, що дозволяє здійснювати оптимізацію структур систем в умовах комбінованої стохастичної та нечіткої невизначеності. Всі задачі ПЗД поділено на задачі, які розв'язуються за допомогою програмних засобів, і задачі, які розв'язуються за допомогою апаратних засобів. Алгоритмічні моделі як апаратної, так і програмної частини ПЗД можуть бути подані у алгебраїчній формі. Алгебраїчна форма моделі дозволяє здійснити перехід до узагальненої операторної моделі, яка враховує невизначеність початкових даних, вхідних впливів та структурних змін системи.

У формалізованому вигляді означення алгоритмічної моделі в умовах визначеності подано за допомогою нотації Бекуса – Наура (наведені лише основні означення):

<алгоритмічна модель> ::= <ідентифікатор> ! A(B) <блок> A(E)  
 <ідентифікатор> ::= M <номер>  
 <блок> ::= <ідентифікатор> ! <пусто> ! <елемент> ! [<блок> <блок>]  
 <елемент> ::= <перетворення> ! <умова> ! <знак>  
 <перетворення> ::= E<номер> (<операція> ; <вхідні дані> ; <результати>)  
 <умова> ::= w <номер> (<логічний вираз> ; <вхідні дані>) <знак переходу>  
 <знак> ::= <знак переходу> ! ||  
 <знак переходу> ::= | <номер> ! | <номер>  
 <операція> ::= <пусто> ! <тип операції> : [<зміст операції>]  
 <тип операції> ::= <I> ! <S> ! <C> ! <T> ! ...

Перетворення алгоритмічної моделі формалізовано у вигляді алгебраїчної системи  $AS = (AM, OP)$ , де  $AM$  – множина алгоритмічних моделей;  $OP$  – множина операцій над ними.

Алгоритмічну модель узагальнено на випадок невизначеності даних на основі методу узагальнюючих функцій, який дає можливість врахувати невизначеність як стохастичного, так і нечіткого типу, дозволяє оцінити на його основі характеристики ПЗД, здійснити синтез оптимальних структур ПЗД. Для перетворення моделі в умовах визначеності (R-форма) в узагальнену (G-форма) вихідну алгоритмічну модель записують у вигляді рядка символів, що утворюють певну математичну формулу в системі R.

Запис моделі перетворюється на G-форму за алгоритмом:

1. Здійснюється декомпозиція моделі по виходах. В результаті загальна алгоритмічна модель подається у вигляді системи перетворень вектора вимірних параметрів  $X''$  на сукупність вихідних параметрів;
2. Послідовність запису операторів алгоритмічної моделі перетворюється з прямої («постфіксної») форми на обернену («префіксну») форму;
3. Невизначені вхідні змінні замінюються відповідними узагальнюючими функціями невизначеності (УФН);
4. Елементи алгоритмічної моделі замінюються операторами перетворення УФН;
5. Вхідні дані операторів, які є проміжними результатами алгоритмічної моделі, замінюються на їх операторні вирази.

Для спрощення операторної моделі багатовимірної системи введено поняття векторного оператора:  $\bar{\Phi}^{\{k_{\max}\}}(\{\varphi_i\})$ , де  $\{k_{\max}\}$  - розмірність вектора невизначених параметрів моделі;  $\{\varphi_i\}$  - вектор ядер операторів-компонент векторного оператора  $\bar{\Phi}$ .

Вектор УФН результатів перетворення  $\{\beta(x_i \in X)\}$  буде мати вигляд:

$$\{\beta(x_i \in X)\} = \bar{\Phi}^{\{k_{\max}\}}(\{\varphi_i\}) \cdot \prod_{j=1}^n \beta(x_j \in X''), \quad (1)$$

де  $\beta(x_j \in X)$  - УФН початкових даних.

Використання векторних операторів перетворення УФН суттєво спрощує моделювання систем паралельної та циклічної дії, а також структурної невизначеності у ПЗД.

Розширено поняття про еквівалентність алгоритмічних моделей в умовах невизначеності, що розширює можливості здійснення еквівалентних перетворень.

Еквівалентні перетворення алгоритмічної моделі здійснюються на основі властивостей операцій над алгоритмічними моделями:

- $paste(B, n1, n2) cut(n1, n2) \equiv 1$
- $cut(n1, n2) paste(B, n1, n2) \equiv 1$
- $paste(B1, n1, n2) paste(B2, n3, n4) \equiv paste(B2, n3, n4) paste(B1, n1, n2)$ , якщо  $(n1, n2) \cap (n3, n4) = \emptyset$
- $cut(n1, n2) cut(n3, n4) \equiv cut(n3, n4) cut(n1, n2)$ , якщо  $(n1, n2) \cap (n3, n4) = \emptyset$
- $En1(op, X, Y) En2(op-1, Y, X) \equiv 1$

В умовах невизначеності поняття еквівалентності алгоритмічних моделей змінюється. З огляду на обмежену вірогідність результату роботи ПЗД в умовах невизначеності, можна говорити лише про еквівалентність їх алгоритмічних моделей із заданою вірогідністю або про ступінь еквівалентності алгоритмічних моделей. Доведено, що алгоритми, які не еквівалентні за визначених умов, можуть бути еквівалентними за невизначених умов, причому ступінь еквівалентності може бути збільшена штучним введенням невизначеності.

Вдосконалено метод оцінювання характеристик підсистем збору даних в умовах невизначеності. Вдосконалений метод ґрунтується на алгоритмічній моделі в операторній формі в умовах комбінованої невизначеності, що дозволяє розширити область застосування та підвищити достовірність оцінок. Метод дозволяє формалізувати оцінювання характеристик ПЗД.

Операторна форма дозволяє сформулювати новий підхід до визначення складності системи. Оцінка складності ПЗД в умовах невизначеності визначається сумарним порядком операторів моделі.

Отримано оцінки складності базових програмних і апаратних структур, деякі з них наведено у табл. 1.

Для чисельного аналізу впливу окремих структурних параметрів ПЗД на її складність визначено складність базової системи, тобто системи, яка здійснює збір даних про стан об'єкта розмірності  $N$  без урахування просторового розташування точок контролю, впливу сторонніх збурень (а отже, необхідності додаткової обробки сигналів), складного керування з метою оптимальної дискретизації та стиснення, обмеженої кількості входів і виходів пристроїв.

Залежності складності ПЗД від параметрів її структури за умов невірдженої моделі об'єкта і наявності її однозначного розв'язку зображені на рис. 1.

### Рис.1. Вплив кількості контрольованих параметрів на складність ПЗД

Загальна складність знайдена як сума програмної і апаратної складності

$$S = S_{np} + S_{an}. \quad (2)$$

Проаналізовано зв'язок складності ПЗД з невизначеністю результату збору даних. Невизначеність результатів збору даних про стан технологічного процесу характеризується узагальненою ентропією

$$H(Q) = \sum_{i=1}^k \int \beta(x_i) \ln \beta(x_i) dx_i, \quad (3)$$

де  $X'[k]$  – параметри стану ПЗД, які визначають її ефективність.

## Оцінки складності деяких структур

Тип структури/ алгоритму	Алгоритмічна модель	Операторна модель	Параметри	Складність
Послідовне з'єднання	$A(B) M_1 M_2 A(E)$	$\beta(x_3) = \Phi_2^{(n_2)}(M_2)$ $[\Phi_1^{(n_1)}(M_1)[\beta(x_1)]]$	$n_1, n_2$ – порядок операторів моделей підсистем	$S = n_1 + n_2$
Лінійна ПЗД	$A(B) M_0 \parallel [ [M_{10} M_{ДТР 1} ] [M_{20} M_{ДТР 1}] ] A(E)$	$\{\beta(x_3), \beta(x_4)\} = \Phi^{(n_0)}(M_0)$ $[\overline{\Phi}^{(\max\{n_1, n_2\})}(M_1 M_{ДТР 1}, M_2 M_{ДТР 1}) \{ \beta(x_1), \beta(x_2) \} ]$	$M_{ДТР 1}$ – протокол передавання даних у лінійній мережі	$S = n_1 + n_2 + n_0$
Розгалуження	$M = A(B) E_0(u_0)$ $w_1(a_1)  _{(n+1)}$ $w_2(a_2)  _{(n+2)} \dots$ $w_n(a_n)  _{(n+n)} M_{n+1}(u_1)$ $M_{n+2}(u_2) \dots M_{n+n}(u_n)$ $A(E)$	$\{\beta(x_i), i=1 \dots n\} = \overline{\Phi}^{(\max\{n_i\})}(u_i) [ \overline{\Phi}^{(2)}(\{a_i\}) [ \Phi^{(n_0)}(u_0) \beta(x_0) ] ]$	$S_i = n_i$ – складність алгоритму $u_i$	$S = S_0 + 2 \cdot n + \sum_{i=1}^n S_i$
Цикл з параметром	$M = A(B) E_1(C; (1); (i))$ $M_F E_3(C; (i+1); (i); (i))$ $w_4(i \leq m)  _{-2} A(E)$	$\overline{\Phi} = \{ \Phi^{(n_{M_F})}(F) \}$	$m$ – розмірність векторного оператора (кратність циклу) $n_{M_F} = \max\{n_{M_F i}\}$	$S = 4 + \sum_{i=1}^m n_{M_F i}$

Невизначеність результату залежить від способу первинної обробки даних у ПЗД. Базою для вибору способу обробки даних є модель технологічного процесу як об'єкта контролю. Розв'язком системи рівнянь моделі об'єкта є система

$$X'[k] = F^{-1}(X''[n]), \quad (4)$$

де  $F$  – оператор моделі об'єкта;  $X'[k]$  – вектор параметрів об'єкта контролю;  $k$  – кількість параметрів об'єкта, які розраховуються;  $X''[n]$  – вектор контрольованих параметрів;  $n$  – розмірність вектора контрольованих параметрів.

Якщо  $k = n$ , то система рівнянь за умови невиродженості і сумісності може бути розв'язана з точністю, яка визначається обчислювальною похибкою обраного алгоритму розв'язання і похибками початкових даних. Якщо  $k \neq n$ , то розв'язок може бути отриманий за допомогою алгоритму оцінювання, який мінімізує середню квадратичну похибку результатів і є основним способом визначення неконтрольованих параметрів об'єкта.

Розглянуто особливості і характеристики алгоритму оцінювання в умовах невизначеності параметрів моделі. Отримано алгоритмічну модель оцінювання і характеристику невизначеності результату. Для цього матрицю Якобі моделі (4) подано у вигляді суми визначеної і невизначеної складових

$$[A] = [A_0] + [\Delta_A], \quad (5)$$

де  $[A_0]$  – матриця визначених складових;  $[\Delta_A]$  – матриця невизначених відхилень.

Тоді лінеаризована модель матиме вигляд

$$[\Delta_{X'}] = ([X''] + [\Delta_{X''}]) \cdot ([A_0] + [\Delta_A]) - [X']. \quad (6)$$

Якщо критерієм задачі оцінювання є мінімум сумарної середньої квадратичної похибки оцінювання, то, з урахуванням кореляції параметрів, цей критерій можна подати у вигляді

$$Q_\delta = \sum_{i=1}^n (\Delta_{X'_i})^2 = \{ ([X''] + [\Delta_{X''}]) \cdot ([A_0] + [\Delta_A]) + [X'] \} \cdot \{ r_{X'} \} \cdot \{ ([X''] + [\Delta_{X''}]) \cdot ([A_0] + [\Delta_A]) + [X'] \}^T, \quad (7)$$



де  $\{r_{X'}\}$  - матриця коефіцієнтів кореляції.

Отже, задача оцінювання в умовах невизначеності параметрів моделі полягає у пошуку такого вектора  $X'_0$ , який мінімізує критерій (7). Оптимізація алгоритмічної моделі здійснюється за допомогою системи еквівалентних перетворень. В умовах невизначеності перетворення виконуються в операторній формі на основі методу узагальнюючих функцій. Остаточна невизначеність результату оцінювання отримується підстановкою вектора  $X'_0$  у рівняння (6).

За умови існування розв'язку системи (5), необхідною умовою чого є виконання нерівності  $n \geq k$ , ентропію (3) можна подати у вигляді

$$H(Q) = \sum_{i=1}^k \int_{X''} \left\{ \Phi(F^{-1})[\beta(x_i)] \right\} \cdot \ln \left\{ \Phi(F^{-1})[\beta(x_i)] \right\} dx_i, \quad (8)$$

де  $\Phi$  – оператор перетворення узагальнюючих функцій невизначеності вектора контрольованих параметрів  $X''$  з ядром  $\delta[X' - F^{-1}(X'')]$ .

При  $n < k$  розв'язок (4) може бути знайдений лише наближено за допомогою алгоритму оцінювання. Невизначеність такого розв'язку є значно більшою.

Визначено залежність ентропії результату від кількості контрольованих параметрів у лінійній системі. Графіки залежності ентропії від кількості контрольованих параметрів зображено на рис. 2. При кількості контрольованих параметрів  $n = k$  на графіках спостерігається розрив.

**Рис. 2. Графіки залежності ентропії результату від кількості контрольованих параметрів**

Швидкодія ПЗД – це характеристика, обернена проміжку часу  $T$  від надходження на вхід керування ПЗД команди щодо визначення стану технологічного процесу до фактичного отримання вектора параметрів стану.

Загальний час  $T_{\Sigma}$  визначається за графом алгоритмічної моделі, вага ребер якого відповідає часу виконання кожної операції

$$T_{\Sigma} = L_{\max}, \quad (9)$$

де  $L_{\max}$  – найдовший шлях у графі від початкової вершини (отримання команди) до кінцевої (остаточне отримання вектора результатів) з урахуванням кратності циклічних структур.

Запропоновано методику оцінювання швидкодії ПЗД на основі алгоритмічної моделі з урахуванням її складності. Узагальненою характеристикою надійності ПЗД є інформаційна надійність, яка характеризується ймовірністю того, що невизначеність стану об'єкта не перевищує задану границю  $P(H \leq H_{zp})$ .

Визначено залежність інформаційної надійності від складності ПЗД.

При  $n < N/2$

$$\left\{ \begin{array}{l} H = \frac{N}{2} \ln \pi + \sum_{i=1}^n \ln \sigma_i + \sum_{i=n+1}^{N-n} \ln \Omega_i - \ln \sqrt{2\pi e \sum_{i=1}^n \left[ x_{i0} - \sum_{j=1}^{N-n} \alpha_{ij} x_{n+j} \right]^2}; \\ S = (S_{im} + S_{ip} + 2 + k \cdot m) \cdot n + [(2 + n_g + 1) \cdot n + (2 + n_{\text{Мок}} + 4) \cdot k + 3n + 1] + 12; \\ (10) \\ k = N - n. \end{array} \right.$$

При  $n = N/2$

$$\left\{ \begin{array}{l} H = \frac{N}{2} \ln \pi + \sum_{i=1}^n \ln \sigma_i + \sum_{i=n+1}^{2n} \ln \sqrt{2\pi e \sum_{l=1}^n \left( \sigma_l \frac{\mu_{il}}{\Lambda} \right)^2}; \\ S = (S_{im} + S_{ip} + 2 + k \cdot m) \cdot n + (k^2 m) + 12; \\ k = N - n. \end{array} \right. \quad (11)$$

При  $n > \frac{N}{2}$

$$\left\{ \begin{array}{l} H = \frac{N}{2} \ln \pi + \sum_{i=1}^n \ln \sigma_i + \sum_{i=n+1}^{2n} \ln \sqrt{2\pi e \sum_{l=1}^n \left( \sigma_l \frac{\mu_{il}}{\Lambda} \right)^2} - \ln \sqrt{2\pi e \sum_{i=N-n+1}^n \left[ x_{i0} - \sum_{j=1}^{N-n} \alpha_{ij} x_{n+j} \right]^2}; \\ S = (S_{im} + S_{ip} + 2 + k \cdot m) \cdot n + [(2 + n_g + 1) \cdot n + (2 + n_{\text{Мок}} + 4) \cdot k + 3n + 1] + 12; \\ k = N - n. \end{array} \right. \quad (12)$$

Для здійснення оптимізації структури ПЗД сформульовано методику визначення ефективності ПЗД як головного критерію оптимізації. Узагальнено окремі характеристики ПЗД для отримання комплексного критерію ефективності, придатного для використання в процесі оптимізації структури ПЗД. За основу узагальнення взято інформаційно-вартісний показник

$$Q = \frac{I_u}{C(\theta_S, P_H, T_u, H_{\text{зал}})}, \quad (13)$$

де  $C(\theta_S, P_H, T_u, H_{\text{зал}})$  - вартісна функція, яка залежить від параметрів:  $I_u$  - кількість інформації про об'єкт контролю за один цикл;  $T_u$  - тривалість циклу збору даних (швидкодія підсистеми);  $H_{\text{зал}}$  - залишкова ентропія (невизначеність стану об'єкта збору даних);  $\theta_S$  - складність;  $P_H$  - інформаційна надійність.

Визначена відносна оцінка ефективності у порівнянні з деякою базовою ПЗД

$$q = \frac{Q}{Q_0} = \left[ \frac{I_u}{I_0} \right] / \left[ \frac{C}{C_0} \right]. \quad (14)$$

За базову ПЗД доцільно взяти достатньо просту систему з відомими технічними даними і цінними характеристиками.

Для розв'язання задачі пошуку оптимальної структури підсистеми збору даних здійснено ранжування простору структур, що дозволяє застосувати швидкі методи направлено пошуку замість простого перебору варіантів. Для здійснення ранжування введено норму і метрику на просторі структур.

Умовам введення норми відповідають лише дві характеристики структури ПЗД: складність і вартість. Вартість ПЗД є незручною для використання її як норми, а складність ПЗД може бути використана за умови усунення неоднозначності залежності між складністю і вартістю. Для усунення цього недоліку структури розглядаються у двовимірному просторі, координатами якого є складність програмного забезпечення  $q_n$  і складність апаратного забезпечення  $q_a$ . Тоді норма окремого елемента ПЗД буде мати вигляд

$$q_i = \alpha q_n + \beta q_a, \quad (15)$$

де  $i$  - індекс елемента ПЗД;  $\alpha$  і  $\beta$  - нормуючі коефіцієнти,  $\alpha, \beta > 0$ .

У розділі 3 отримала подальший розвиток інформаційна технологія оптимізації структур підсистем збору даних в умовах невизначеності, яка відрізняється використанням запропонованого методу моделювання, вдосконаленого методу оцінювання характеристик, запропонованого підходу до перетворення алгоритмічних моделей та бази знань і дозволяє підвищити ефективність підсистем збору даних. Підґрунтям інформаційної технології є запропонований метод моделювання ПЗД. Застосування інформаційної технології оптимізації структури передбачається на двох стадіях життєвого циклу ПЗД: на стадії проектування і на стадії експлуатації. Основні функції інформаційної технології у вигляді UML-діаграми варіантів використання наведені на рис. 3.

**Рис. 3. Діаграма варіантів використання інформаційної технології**

Основні елементи технології показані за допомогою UML-діаграм.

Функції системи реалізуються за допомогою декількох основних класів програмних і апаратних засобів, що реалізують основні варіанти використання, і стосунки між ними. База даних інформаційної технології складається з трьох основних сутностей: варіанти структур ПЗД, елементи ПЗД, алгоритми збору даних. Алгоритмічна модель використовується у формі рядка символів і у вигляді графа (рис. 4). В умовах невизначеності створюється спадкоємець базового класу «Модель», в якому передбачені операції перетворення алгоритмічної моделі в операторний вигляд і перевизначена операція оцінювання з врахуванням нового способу опису. Клас «Оптимізація», містить базові операції генерування кроку пошуку, розрахунку значення критерію оптимізації  $Q$  і пошуку максимуму.

**Рис. 4. Діаграма класу «Модель»**

Проведені теоретичні дослідження використані при створенні методик та алгоритмів дослідження характеристик й оптимізації структур підсистем збору даних в умовах комбінованої стохастичної та нечіткої невизначеності.

Задача оптимізації складається з моделі у векторній формі

$$X'[k] = F^{-1}(X''[n]), \quad (16)$$

критерію ефективності у просторі структур ПЗД (функціонал від комплексу характеристик ПЗД)

$$Q = F[C, \theta_s, P_T, I, T_u, H_{zall}] \quad (17)$$

і функціональних обмежень.

Параметр керування - структура ПЗД у вигляді комплексного показника

$$S : \{s_e, s_f, s_c, s_{inp}, s_{out}\}, \quad (18)$$

де  $s_e$  - елементи ПЗД; - зв'язки між елементами; - функції елементів; - множина виходів; - множина входів.

Задачу оптимізації розв'язано для двох випадків. В умовах повної визначеності передбачається, що контролюються всі суттєві параметри об'єкта, склад вектора контрольованих параметрів не змінюється, а його компоненти є стаціонарними процесами.

Розв'язком задачі оптимізації моделі ПЗД є послідовність підстановок, яка деталізує і оптимізує базову модель.

Вираз вартісної функції отримується з алгоритмічної моделі ПЗД із застосуванням бази знань. Оптимізація здійснюється шляхом пошуку співвідношення послідовного або паралельного виконання операцій на основі зміни двох показників, а саме: програмна чи апаратна реалізація операцій, послідовне чи паралельне виконання операцій.

Сформульована загальна методика оптимізації структури ПЗД в умовах визначеності. Методика є ітераційним процесом і передбачає:

1. Визначення на основі моделі об'єкта контролю і технічної документації варіантів, які повністю визначають стан об'єкта;
2. Складання для кожного варіанта векторів контрольованих параметрів алгоритмічної моделі ПЗД, яка характеризується найбільшим значенням показника ефективності.
3. Генерування за допомогою системи еквівалентних перетворень варіантів модифікації структури ПЗД;
4. Підбір, з використанням бази знань, варіантів структур, які можуть бути фізично реалізовані;
5. Виконання для кожного варіанта структури пункту 2.

Запропоновано підхід до перетворення структурних схем підсистем збору даних, який ґрунтується на генеруванні еквівалентних структур в умовах невизначеності шляхом перетворення алгоритмічної моделі, що дозволяє розширити множину варіантів структур схем підсистем збору даних.

За рахунок результатів, отриманих у 2-й главі, інформаційно-вартісний показник

ефективності ПЗД за певних умов може бути збільшений штучним введенням невизначеності. Сформульована загальна методика оптимізації структури ПЗД в умовах невизначеності:

1. На основі моделі об'єкта контролю і технічної документації визначаються варіанти векторів контрольованих параметрів, які дозволяють оцінити стан об'єкта оптимально з точки зору критерію (17);

2. До вектора контрольованих параметрів додається штучна компонента з невизначеною дисперсією;

3. Для кожного варіанта складається базова алгоритмічна модель, яка характеризується найбільшим значенням максимуму показника ефективності;

4. За допомогою системи еквівалентних перетворень генеруються варіанти модифікації структури ПЗД;

5. Використовуючи базу знань, відбираються варіанти структур, які можуть бути фізично реалізовані;

6. Для кожного варіанта структури виконують пункт 3 і з усіх варіантів обирають структуру з найбільшим значенням максимуму показника ефективності.

Запропонована методика дозволяє автоматизувати пошук оптимальної структури ПЗД в умовах невизначеності.

У **розділі 4** наведено результати практичної реалізації розвитку інформаційної технології.

Розроблені алгоритми і методики реалізовані у вигляді програмного забезпечення «Checkout Subsystem Optimizer», яке розширяє можливості та удосконалює систему автоматизованого проектування Trace Mode. Спроектовано нечітку базу знань, використовуючи експертні оцінки, надані головним інженером підприємства ВКП «Віконт» ТОВ та іншими фахівцями. Створене програмне забезпечення дозволяє здійснювати оптимізацію структури ПЗД з використанням критерію оптимальності на основі алгоритмічної моделі з використанням бази знань, оцінювати характеристики ПЗД для отримання критерію ефективності на основі алгоритмічної моделі (вікно для нечіткого оцінювання вартісної функції показано на рис. 5).

### **Рис. 5. Розрахунок вартісної функції ПЗД**

Розроблене програмне забезпечення виконує перетворення алгоритмічної моделі системи керування на операторну форму, яка враховує невизначеність початкових даних, вхідних впливів та структурних змін системи, яка виконується у вигляді окремих етапів.

Результати дисертаційних досліджень впроваджені на підприємствах ТОВ «Вінтар», ВКП «Віконт» ТОВ та у навчальний процес кафедри комп'ютерних систем управління Вінницького національного технічного університету.

Розроблена в ході виконання дисертаційної роботи інформаційна технологія використана при проектуванні оптимальної структури та алгоритму ПЗД технологічного процесу варки рибних консервів на підприємстві ТОВ «Вінтар». Задача розв'язана за допомогою інформаційної технології і програмного забезпечення «Checkout Subsystem Optimizer». Запропоновані заходи дозволили збільшити узагальнений інформаційно-вартісний показник на 15% на основі збільшення кількості інформації, що пов'язано зі зниженням невизначеності результату і підвищення інформаційної надійності.

Результати дисертаційної роботи отримали практичну реалізацію у вигляді впровадження на ВКП «Віконт» ТОВ створеного в роботі програмного забезпечення для оптимального проектування структур підсистем збору даних, використовуючи базу знань та базу даних елементів та алгоритмів роботи підсистем.

В **додатках** наведено акти впровадження результатів дисертаційної роботи, структура проекту програмного забезпечення, фрагменти бази даних та бази знань, лістинги програм.

## **ВИСНОВКИ**

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення актуальної наукової задачі, яка полягає у розвитку інформаційної технології оптимізації структури підсистем збору даних (ПЗД) АСУТП з метою підвищення їх ефективності в умовах

комбінованої невизначеності. В результаті проведеного теоретичного аналізу сучасних поглядів на дану проблему в літературних та інтернет-джерелах і виконаних досліджень сформульовані та обґрунтовані такі наукові висновки і практичні результати:

1. Виходячи з аналізу методів, моделей та технологій структурного проектування підсистем збору даних, встановлено, що моделювання і проектування структури підсистеми збору даних доцільно здійснювати на основі алгоритмічної моделі. Крім того, при проектуванні ПЗД необхідно враховувати невизначеність функціонування систем. Таким чином, розробка інформаційної технології та вдосконалення методів оптимізації структури ПЗД з метою підвищення їх ефективності на основі алгоритмічних моделей з врахуванням в них умов невизначеності є актуальною теоретичною і прикладною задачею.

2. Розроблено метод моделювання ПЗД в умовах невизначеності. Метод базується на формальній системі алгоритмічних моделей і використовує операторне подання перетворень невизначених даних. Застосування цього методу дозволяє здійснювати оптимізацію структур ПЗД в умовах комбінованої стохастичної та нечіткої невизначеності. В результаті проведених досліджень сформульовано поняття про комплекс моделей, які є основою інформаційної технології оптимізації структури підсистем збору даних. Для спрощення операторної моделі багатовимірної системи введено поняття векторного оператора.

3. Вдосконалено метод оцінювання характеристик підсистем збору даних в умовах комбінованої невизначеності, який ґрунтується на алгоритмічній моделі. Цей метод дозволяє розширити область застосування та підвищити достовірність оцінок характеристик ПЗД, на основі яких визначається критерій оптимізації. Встановлено, що оцінка складності ПЗД в умовах невизначеності визначається сумарним порядком операторів моделі. Отримано оцінки складності базових програмних і апаратних структур. Встановлено зв'язок надійності, невизначеності результатів збору даних та швидкодії зі складністю ПЗД, що дозволяє спростити методику оцінювання цих характеристик.

4. Вперше запропоновано підхід до перетворення структурних схем підсистем збору даних, який ґрунтується на понятті про еквівалентні перетворення алгоритмічної моделі в умовах невизначеності, що дозволяє розширити множину варіантів структур схем підсистем збору даних. Розвинуте поняття про еквівалентність алгоритмічних моделей в умовах невизначеності, що розширює можливості здійснення еквівалентних перетворень в процесі оптимізації ПЗД. Доведено, що алгоритми, які не є еквівалентними у визначених умовах, можуть бути еквівалентними в умовах невизначеності, причому степінь еквівалентності може бути збільшена штучним введенням невизначеності.

5. Отримала подальшого розвитку інформаційна технологія оптимізації структур підсистем збору даних в умовах невизначеності, який полягає у використанні запропонованого методу моделювання, вдосконаленого методу оцінювання характеристик та запропонованого підходу до перетворення алгоритмічних моделей, що дозволяє підвищити ефективність підсистем збору даних. Сформульовано методику визначення ефективності ПЗД у вигляді інформаційно-вартісного показника як головного критерію оптимізації на основі узагальнення окремих характеристик ПЗД. Сформульовані також методики оптимізації структури ПЗД в умовах визначеності та в умовах комбінованої невизначеності.

6. Проведені теоретичні дослідження використані при створенні алгоритмів дослідження характеристик та оптимізації структур підсистем збору даних в умовах комбінованої стохастичної та нечіткої невизначеності. Розроблені алгоритми та методики реалізовані у вигляді програмного забезпечення «Checkout Subsystem Optimizer», яке розвиває можливості існуючих систем моделювання, аналізу і проектування АСУ. Дослідження ефективності розвинутої інформаційної технології показало, що в результаті її застосування узагальнений інформаційно-вартісний показник ефективності ПЗД збільшений на 15% .

7. Отримані у дисертаційній роботі результати впроваджено на виробничому підприємстві ТОВ «Вінтар» у процесі вдосконалення системи керування технологічним процесом варки рибних консервів, що дозволило зекономити витрати теплової енергії на 10% та зменшити втрати від браку на 15%, та на підприємстві ВКП «Віконт» ТОВ у процесі оптимального проектування структур підсистем збору даних, використано при виконанні науково-дослідних робіт та у навчальному процесі кафедри комп'ютерних систем управління

Вінницького національного технічного університету при викладанні дисципліни «Комп'ютерне моделювання процесів і систем», а також у навчальному посібнику.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Никитенко О. Д. Визначення вимог до структури підсистеми керування вимірювально-обчислювальної системи / В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – № 4. Ч1., Т1 (68). – С. 115-118.
2. Никитенко О. Д. Еквівалентність невизначених алгоритмів / В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко, О. В. Глонь // Наукові праці ВНТУ. Електронні дані. – Вінниця, 2009. – Режим доступу: [http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/VNTU/2009\\_2\\_ua/2009-2.files/uk/09vmdoia\\_ua.pdf](http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/VNTU/2009_2_ua/2009-2.files/uk/09vmdoia_ua.pdf).
3. Никитенко О. Д. Застосування алгоритмічної моделі до оптимізації інформаційно-обчислювальних систем в умовах невизначеності / В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – № 6. – С. 9-13.
4. Никитенко О. Д. Об'єктно-орієнтований аналіз розвитку складних систем управління / В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – № 3. – С. 74 -77.
5. Никитенко О. Д. Оптимізація структури системи на основі алгоритмічної моделі / В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 3, Т.1. – С. 97-100.
6. Никитенко О. Д. Формалізація перетворень алгоритмічних моделей систем керування в умовах невизначеності / В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2006. – № 5. – С. 54-57.
7. Никитенко О. Д. Формалізація синтезу алгоритмічних моделей систем керування в умовах невизначеності / В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко // Системні технології. – 2006. – № 6 (47). – С. 121-130.
8. Никитенко О. Д. Формальна система представлення невизначених алгоритмічних моделей / В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2005. – № 4, Ч1, Т1(68). – С.115-118.
9. Никитенко О. Д. Еквівалентність алгоритмічних моделей в умовах невизначеності / В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко // „ІНТЕРНЕТ – ОСВІТА – НАУКА – 2008”: шоста міжнар. конф., 7-11 жовт. 2008 р.: матер. конф. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2008. – Том 2. – С. 510-513.
10. Никитенко О. Д. Штучна невизначеність як фактор підвищення ефективності систем / В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко // Автоматизація: проблеми, идеи, решения»: междунар. науч.-техн. конф., 8-12 сент. 2008 г.: матер. конф. – Севастополь: Изд-во СевНТУ. – 2008. – С. 164-167.
11. Nikitenko O. Algorithmic models of systems in conditions of uncertainty / V. Dubovoy, O. Nikitenko // „ІНТЕРНЕТ – ОСВІТА – НАУКА – 2004”: четверта міжнар. конф., 5-9 жовт. 2004 р.: матер. конф. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2004. – Том 2. – С. 538-541.
12. Никитенко О.Д. Алгоритмічна модель системи, керованої знаннями / В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко // Автоматика-2006: XIII міжнар. конф. з автоматичного управління, 25-26 верес. 2006 р: матер. конф. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2007. – С. 382-385.
13. Никитенко О.Д. Комп'ютерна програма для оптимізації алгоритмів прийняття рішень в умовах невизначеності в системах керування «EditorModel» / В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко // Свідцтво про реєстрацію авторського права на твір № 17351 від 24.07.2006
14. Никитенко О. Д. Спеціальні розділи математики. Навчальний посібник/ В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко . – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 165 с.

## АНОТАЦІЯ

**Никитенко О. Д. Інформаційна технологія оптимізації підсистем збору даних АСУТП в умовах комбінованої невизначеності. – Рукопис.**

**Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Вінницький національний технічний**

**університет, Вінниця – 2010.**

Дисертаційну роботу присвячено розв'язанню задачі розвитку інформаційної технології оптимізації структури підсистем збору даних (ПЗД) АСУТП з метою підвищення їх ефективності в умовах комбінованої невизначеності.

Розроблено метод моделювання систем в умовах невизначеності. Метод базується на формальній системі алгоритмічних моделей і використовує операторне подання перетворень невизначених даних. Сформульовано поняття про комплекс моделей, які є основою інформаційної технології оптимізації структури підсистем збору даних. Вдосконалено метод оцінювання характеристик підсистем збору даних в умовах невизначеності, який дозволяє розширити область застосування алгоритмічних моделей та підвищити достовірність оцінок ПЗД. Розроблені алгоритми та методики інформаційної технології реалізовані у вигляді програмного забезпечення «Checkout Subsystem Optimizer», яке розвиває можливості існуючих систем моделювання, аналізу і проектування АСУТП

Ключові слова: інформаційна технологія, система збору даних, оптимізація структури, АСУТП, невизначеність.

**Nikitenko O. D. Informational technology of data acquisition subsystems optimization of CAM in the context of combined uncertainty. - A manuscript.**

**Thesis for a candidate's degree of technical sciences on specialty 05.13.06 – information technologies. – Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia - 2010.**

Thesis is devoted to task solution of informational technology of CAM (computer-aided manufacturing) data acquisition subsystems' structure optimization with the purpose to improve their efficiency in the context of combined uncertainty.

Method of system modeling in the context of combined uncertainty has been developed. The method is based on the formal system of algorithmic models and uses operational presentation of ambiguous data transformation. The concept about model complex has been formulated; these models are the basis of informational technology of data acquisition subsystems' structure optimization. Method of characteristic estimation of data acquisition subsystems in the context of uncertainty has been improved and it allows enlarging the field of use of algorithmic models and increasing the reliability of DAS estimation. Developed algorithms and methodologies of informational technologies have been implemented in the form of software "Checkout Subsystem Optimizer" which develops possibilities of the existing systems of CAM modeling, analysis and projecting.

Key words: informational technology, data acquisition system, structure optimization, CAM, uncertainty.

**Никитенко О. Д. Информационная технология оптимизации подсистем сбора данных АСУТП в условиях комбинированной неопределенности. – Рукопись.**

**Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Винницкий национальный технический университет, Винница - 2010.**

Диссертационная работа посвящена решению задачи развития информационной технологии оптимизации структуры подсистем сбора данных (ПЗД) АСУТП с целью повышения ее эффективности в условиях комбинированной неопределенности.

В ходе анализа существующих подходов к моделированию и проектированию структуры подсистем сбора данных выявлен ряд недостатков, среди которых следует отметить распределенный характер таких подсистем, существенное усложнение их структуры, учет неопределенности функционирования ПЗД, представленной в разных формах (нечеткой и стохастической).

В связи с этим в диссертации поставлена и решена актуальная задача повышения эффективности подсистем сбора данных путем создания информационной технологии, которая включает модели и методы оптимизации структуры ПЗД, а также их практическую реализацию.

Для осуществления оптимизации структур ПЗД в условиях комбинированной

стохастической и нечеткой неопределенности был разработан метод моделирования систем в условиях неопределенности. Метод базируется на формальной системе алгоритмических моделей и использует операторные представления преобразований неопределенных данных. В результате проведенных исследований сформулировано понятие о комплексе моделей, которые являются основой информационной технологии оптимизации структуры подсистем сбора данных. Для упрощения операторной модели многомерной системы введено понятие векторного оператора.

Чтобы расширить область применения и повысить достоверность оценок характеристик ПСД, на основе которых определяется критерий оптимизации, был усовершенствован метод оценивания характеристик подсистем сбора данных в условиях комбинированной неопределенности, основанный на алгоритмической модели. Установлено, что оценка сложности ПСД в условиях неопределенности определяется суммарным порядком операторов модели. Получены оценки сложности базовых программных и аппаратных структур. Установлена связь надежности, неопределенности результатов сбора данных и быстродействия со сложностью ПСД, что позволяет упростить методику оценки этих характеристик.

Впервые предложен подход к преобразованию структурных схем подсистем сбора данных, основанный на понятии эквивалентных преобразований алгоритмической модели в условиях неопределенности, что позволяет расширить множество вариантов структур схем подсистем сбора данных. Расширено понятие об эквивалентности алгоритмических моделей в условиях неопределенности, что расширяет возможности осуществления эквивалентных преобразований в процессе оптимизации ПСД. Доказано, что алгоритмы, не эквивалентные в определенных условиях, могут быть эквивалентными в условиях неопределенности, причем степень эквивалентности может быть увеличена искусственным введением неопределенности.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе получила дальнейшее развитие информационная технология оптимизации структур подсистем сбора данных в условиях неопределенности, которая использует предложенный метод моделирования, усовершенствованный метод оценки характеристик, предложен подход к преобразованию алгоритмических моделей и базы знаний. Сформулирована методика определения эффективности ПСД в виде информационно-стоимостного показателя как главного критерия оптимизации на основе обобщения отдельных характеристик ПСД. Сформулированы также методики оптимизации структуры ПСД в условиях определенности и в условиях комбинированной неопределенности. Эффективность информационной технологии оптимизации структуры подсистем сбора данных подтверждена результатами имитационного моделирования.

Практическое значение полученных результатов заключается в том, что они позволили разработать алгоритмы оптимизации структуры на основе алгоритмической модели структуры ПСД и исследовать ее характеристики в условиях комбинированной стохастической и нечеткой неопределенности. Разработанные алгоритмы и методики реализованы в виде программного обеспечения «Checkout Subsystem Optimizer», которое развивает возможности существующих систем моделирования, анализа и проектирования АСУ ТП. Развитая информационная технология применена для оптимизации структуры ПСД технологического процесса варки рыбных консервов. Полученные в диссертационной работе результаты внедрены на производственном предприятии ООО «Винтар» в процессе совершенствования системы управления технологического процесса варки рыбных консервов и на предприятии ВКП «Виконт» ООО в процессе оптимального проектирования структур подсистем сбора данных, использованы при выполнении научно-исследовательских работ и в учебном процессе кафедры компьютерных систем управления Винницкого национального технического университета.

Ключевые слова: информационная технология, система сбора данных, оптимизация структуры, АСУТП, неопределенность.



Підписано до друку 18.01.2010 р. Формат 29.7×42 1/4  
Наклад 100 прим. Зам. № 2010-014  
Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі  
Вінницького національного технічного університету  
м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95. Тел.: 59-81-59