

4. Баркалов А. А., Тутаренко Л. А. Синтез микропрограммных автоматов на заказных и программируемых СБИС. – Донецк : УНИТЕХ, 2009. – 336 с.
5. De Micheli G. Synthesis and Optimization of Digital Circuits. – NY : McGraw-Hill, 1994. – 636 pp.
6. Virtex-6 Family Overview [Электронный ресурс] : Advance Product Specification / XILINX. – Электрон. дан. (1 файл). – [S. l.] : XILINX, 2010. – Режим доступа: [http://www.xilinx.com/support/documentation/data\\_sheets/ds150.pdf](http://www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds150.pdf), свободный. – Загл. с экрана. – Англ. яз.
7. Stratix III FPGA: Lowest Power, Highest Performance 65-nm FPGA [Электронный ресурс] / Altera. – Электрон. дан. – [S. l.] : Altera, 2010. – Режим доступа: <http://www.altera.com/products/devices/stratix-fpgas/stratix-iii/st3-index.jsp>, свободный. – Загл. с экрана. – Англ. яз.

Надійшла 5.04.2010

Баркалов О. О., Зеленёва І. Я., Мірошкін О. М.

#### РОЗШИРЕННЯ ФОРМАТУ МІКРОКОМАНД У КОМПОЗИЦІЙНОМУ МІКРОПРОГРАМНОМУ ПРИСТРОЇ КЕРУВАННЯ ІЗ ЕЛЕМЕНТАРІЗАЦІЄЮ ОПЕРАТОРНИХ ЛІНІЙНИХ ЛАНЦЮГІВ

Модифікація методу синтезу композиційного мікропрограмного пристрою керування спрямована на зменшення апаратних витрат при реалізації у FPGA базисі. Зменшення складності блоку адресації мікрокоманд досягається завдяки

полю, що містить код класу псевдоеквівалентного операторного лінійного ланцюга. Приведені умови доцільності та приклад використання модифікації методу синтезу.

**Ключові слова:** композиційне мікропрограмне устройство управления, операторная линейная цепь, адресация микрокоманд, класс псевдоэквивалентности.

Баркалов А. А., Зеленёва И. Я., Мирошкин А. Н.

#### РАСШИРЕНИЕ ФОРМАТА МИКРОКОМАНД В КОМПОЗИЦИОННОМ МИКРОПРОГРАМНОМ УСТРОЙСТВЕ УПРАВЛЕНИЯ С ЭЛЕМЕНТАРИЗАЦИЕЙ ОПЕРАТОРНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ

Модификация метода синтеза композиционного микропрограмного устройства управления направлена на уменьшение аппаратных затрат при реализации в FPGA базисе. Уменьшение сложности блока адресации микрокоманд достигается за счет поля, содержащего код класса псевдоэквивалентной операторной линейной цепи. Приведены условия целесообразности и пример применения предложенной модификации метода синтеза.

**Ключевые слова:** композиционный микропрограммный пристрой керування, операторний лінійний ланцюг, адресація мікрокоманд, клас псевдоеквівалентності.

УДК 002.53+681.3(075.8)

Бойченко О. В.

Канд. техн. наук, професор Кримського юридичного інституту Одеського державного університету внутрішніх справ (м. Сімферополь)

## КООРДИНАЦІЯ НЕЧІТКИХ РІШЕНЬ В БАГАТОРІВНЕВІЙ ІЄРАРХІЧНІЙ СИСТЕМІ

Проаналізовано методологічні засади керування складними багаторівневими інформаційними системами в умовах швидкої зміни порядку їх застосування. Запропоновано застосування комплексного системного підходу щодо координації прикладного (сеансового) та базового рівнів складних розгалужених інформаційних систем для оптимізації їхнього функціонування в умовах можливості виникнення нечітких рішень.

**Ключові слова:** багаторівневі ієрархічні системи, координація нечітких рішень, математичне моделювання та прогноз.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Аналіз практики застосування в діяльності організацій та установ розподілених інформаційно-телекомунікаційних систем визначає можливість виникнення обставин відсутності координації між базовим та прикладним рівнями управлінської ієрархії, що зменшує ефективність оперативного та достовірного обміну даними в діяльності закладу та потребує розробки відповідних заходів оптимізації функціонування комп'ютерної системи через застосування сучасних методів математичного моделювання та прогнозу з метою вирішення проблеми координації нечітких рішень в багаторівневій ієрархічній системі.

© Бойченко О. В., 2010

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Вирішенню проблем оптимізації складних ієрархічних систем управління стосовно координації нечітких рішень через застосування рекурентної процедури та процесу корекції в теорії нечітких множин присвячені роботи таких видатних фахівців, як Белман Р., Заде Л., Месарович М., Такахара Я., Моїсєєв Н. та інших [1–3]. Разом з тим, наявність низки проблем практики застосування управлінських ієрархічних систем визначає необхідність проведення подальших наукових досліджень з метою розробки відповідних заходів для їх вирішення. Наукова новизна запропонованої праці полягає в формуванні шляхів до

визначення якісно нового рівня комплексної системи заходів координації нечітких рішень в багаторівневій ієрархічній системі через застосування сучасних методів математичного моделювання та прогнозу.

**АЛГОРИТМИ З'ЄДНАНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ІЄРАРХІЧНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ НЕЧІТКИХ РІШЕНЬ**

Розглядаючи процедуру з'єднання елементів у багаторівневій ієрархічній системі, слід зазначити, що вона належить до класу безітеративних алгоритмів.

При цьому ухвалення оперативних рішень у складній ієрархічній системі (рис. 1) має за мету знаходження на кожному рівні вектора рішень, які забезпечують максимум системного вектора цільових функцій при координаційному завданні, отриманому від  $(N + 1)$ -го рівня управління. Причому процес ухвалення рішень здійснюється дискретно в моменти часу й у загальному випадку, а крок дискретизації з управління зростає від нижчих рівнів до вищих. Частина рішень (в основному на нижчих рівнях) є управлінськими, а вищі рівні лише координують роботу підсистем нижчих рівнів.

Тому вирішення завдання оптимізації процесу управління в ієрархічній системі повинно враховувати підмножину допустимих для системи технологічно достовірних режимів  $C \subset X$ , тобто бути узгодженим з можливостями технології.

Спроба безпосереднього використання єдиного глобального критерію верхнього рівня з подальшою його декомпозицією для підсистем усіх рівнів робить завдання оптимізації доволі складним через низьку ефективність впливу на роботу системи нижчих

рівнів. Щодо глобальної цільової функції, то вона не залежить явним чином від рішень нижчих рівнів, які приймаються підсистемами, що ускладнює вибір режимів роботи підсистем і шляхів їх вдосконалення [2]. Тому доцільно припустити, що для кожної  $j$ -ї підсистеми  $i$ -го рівня задано свої цілі на безлічі вирішень підсистем, а системна цільова функція є векторною і залежить як від глобального критерію, так і від цільових функцій підсистем  $F(\bar{x}_{ij})$ .

Останнім часом прийнято досліджувати питання оптимізації для дворівневої системи та приймати це завдання як основний модуль для будь-якої  $N$ -рівневої системи [2], причому для вирішення завдання на  $(i - 1)$ -му рівні вважається заданим результат оптимізації на рівні  $i$ , що можна представити таким чином:

$$\bar{x}_N = \{\bar{x}_{ij}\}, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M}, \quad (1)$$

де  $X_N$  – число підсистем на  $i$ -му рівні управління, за умови що всі рішення вже прийняті.

Розглядаючи різні ітеративні методи оптимізації в багаторівневих системах [3], доцільно вирізнити метод інваріантного занурення [4], у якому замість завдання з чітким рішенням  $x_{N+1}^0$  на  $(N + 1)$ -му рівні і фіксованим числом рівнів  $N$ , розглядатимемо деяку систему завдань з  $N = 1, 2, 3, \dots; x_{N+1}^0 = [0, \infty]$ . У такому разі максимум функцій залежатиме від  $N$  і  $\bar{x}_i$ , що є основною метою завдання. За таких умов початкове чітке завдання фактично розмивається, що приводить до нечіткого рішення для кожного рівня управління. Зазначене дозволяє застосувати для вирішення завдання апарат теорії нечітких множин.

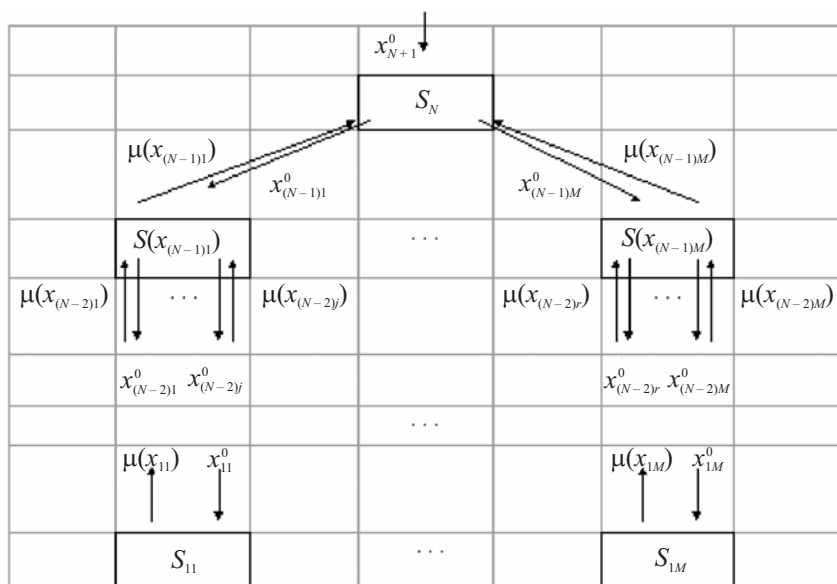


Рис. 1. Структурна схема багаторівневої ієрархічної системи

Застосування процедури навмисного внесення невизначеності або випадковості частково вирішує виключення впливу векторного критерію, дискретності та складності початкового завдання [4], але найбільш ефективним, на нашу думку, є застосування процедури раціоналізації рішення для однорівневих систем.

Для характеристики ухвалюваних рішень за окремими підсистемами  $j$  і для всієї системи в цілому використовуватимемо функцію приналежності ухвалюваних рішень до підмножини допустимих, ефективних і скоординованих рішень, причому ця функція не зводиться для чітких рішень до функції, оскільки вона містить не тільки характеристику ефективності рішення, але й характеристику його допустимості та скоординованості з цілями і обмеженнями нижчих підсистем. Функції приналежності визначаються безліччю рішень  $X = \{x_{ij}\}$ . Ефективність рішень задається нечіткою метою як нечітка підмножина з функцією приналежності, допустимість рішень – нечіткою підмножиною з функцією приналежності, а скоординованість – нечіткою множиною з функцією приналежності  $\mu_K(\bar{x}_{ij})$ .

Найчастіше для визначення функції приналежності користуються співвідношенням

$$\mu_{G \cap C \cap K}(x_{ij}) = \mu_G(x_{ij}) \wedge \mu_C(x_{ij}) \wedge \mu_K(x_{ij}) = \min\{\mu_G(x_{ij}), \mu_C(x_{ij}), \mu_K(x_{ij})\}; x_{ij} \in X. \quad (2)$$

Тоді нечітку підмножину називатимемо нечітким вирішенням підсистеми  $j$ -рівня, причому

$$\mu_D(x_{ij}) = \mu_{G \cap C \cap K}(x_{ij}). \quad (3)$$

За наявності матеріальних потоків між ієрархічними рівнями або різних рівнянь матеріального балансу, що описують групи підсистем, рішення для підсистеми  $r$  на рівні  $(i + 1)$  може бути пов'язане з вирішенням підсистем  $i$ -го рівня рівнянням

$$x_{(i+1)r} = f(x_{i1}, \dots, x_{iM}). \quad (4)$$

У разі, коли безліч рішень  $X$  складається тільки з одного параметра, рівняння може бути записане у вигляді

$$x_{(i+1)r} = \sum_{j=1}^M x_{ij}. \quad (5)$$

Рішення можуть бути складнішими та характеризуватися вектором різноманітних параметрів. Тоді у загальному випадку рішення можуть ухвалюватися і для нестационарних режимів роботи системи з застосуванням диференціальних рівнянь у частинних похідних.

Тоді системне скоординоване рішення на рівні  $N$  може бути визначене таким чином:

$$D(x_N) = D(x_{11}) \cdot \dots \cdot D(x_{1M}) \cdot D(x_{21}) \cdot \dots \times \\ \times D(x_{2M}) \cdot \dots \cdot D(x_{(N-1)1}) \cdot \dots \times \\ \times D(x_{(N-1)M}) \cap C(x_N) \cap G(x_N). \quad (6)$$

Системне рішення (6) дозволяє отримати просту рекурентну процедуру для ухвалення рішень в  $N$ -рівневій ієрархічній системі.

А внаслідок інваріантності введеного опису за рівнями системи з (6) витікає, що

$$D(x_{ij}) = D(x_{11}) \cdot \dots \cdot D(x_{1M}) \cdot D(x_{21}) \cdot \dots \times \\ \times D(x_{2M}) \cdot \dots \cdot D(x_{(i-1)1}) \cdot \dots \times \\ \times D(x_{(i-1)M}) \cap C(x_{ij}) \cap G(x_{ij}), \quad (7)$$

$$D(x_{(i+1)r}) = D(x_{11}) \cdot \dots \cdot D(x_{1M}) \cdot D(x_{21}) \cdot \dots \times \\ \times D(x_{2M}) \cdot \dots \cdot D(x_{i1}) \cdot \dots \times \\ \times D(x_{iM}) \cap C(x_{(i+1)r}) \cap G(x_{(i+1)r}). \quad (8)$$

У зв'язку з тим, що в ієрархічній структурі рішення на  $i$ -му рівні управління залежить тільки від перебування на цьому рівні та рішень, що приймаються вищими  $(i + 1)$ -м і нижчими  $(i - 1)$ -м рівнями управління (що обумовлено самим принципом ухвалення рішень в ієрархічних системах), у рішенні враховуються всі рішення нижчих підсистем. Тоді (8) можна записати через нечіткі вирішення нижчого рівня таким чином:

$$D(x_{(i+1)r}) = [D(x_{i1}) \cdot \dots \cdot D(x_{iM})] \cap \\ \cap C(x_{(i+1)r}) \cap G(x_{(i+1)r}). \quad (9)$$

Причому для ухвалення рішення управлінська підсистема  $r$ -рівня  $(i + 1)$  повинна заздалегідь визначити рішення нижчих підсистем у системне рішення  $D(x_{i1}, \dots, x_{iM})$ . Тоді (9) можна записати у вигляді

$$D(x_{(i+1)r}) = D(x_{i1}, \dots, x_{iM}) \cap \\ \cap C_{(i+1)r} \cap G(x_{(i+1)r}). \quad (10)$$

Наявність такої рекурентної процедури обумовлена особливістю ухвалення рішень у ієрархічній структурі та наявністю самостійних прав з обробки інформації та ухвалення рішень у кожній системі управління.

Проте на відміну від загальноприйнятого представлення рішень у чіткій формі (тобто у вигляді конкретних числових значень параметрів управління) допустимо, що вирішення всіх підсистем у процесі координації рішень є нечіткими і задаються для кожної підсистеми функціями приналежності  $\mu(x)$ . Тоді для функцій приналежності даної підмножини ефективних і допустимих рішень рівняння (10) набуває вигляду

$$\mu_D(x_{(i+1)r}) = \mu_D(x_{i1}, \dots, x_{iM}) \otimes \\ \otimes \mu_G(x_{(i+1)r}) \otimes \mu_C(x_{(i+1)r}), \quad (11)$$

де

$$\mu_D(x_{i1}, \dots, x_{iM}) = \mu_D(x_{i1}) \otimes \dots \otimes \mu_D(x_{iM}). \quad (12)$$

Функція приналежності характеризує міжрівневу координацію, причому для ухвалення рішення на  $(i + 1)$ -му рівні необхідно спроектувати координуюче рішення. Тоді функцію можна буде представити у вигляді

$$\mu_K(x_{(i+1)r}) = \mu_D \left( \sum_{j=1}^M x_{ij} \right). \quad (13)$$

Рівняння (13) наочно показує, що рішення вищого рівня може бути виконане за допомогою різних вирішень нижчих підсистем  $x_{i1}, \dots, x_{iM}$ . Причому, аналізуючи вираз (12), можна зробити висновок про те, що за інших рівних умов робота підсистеми  $r$  рівня  $(i + 1)$  буде найбільш ефективною у разі, коли кожна підсистема  $j$ -рівня і ухвалюватиме оптимальні рішення (максимізувавши свою функцію приналежності). Визначення рішень підсистем нижчого рівня є максимізуванням проекції цих рішень через

$$\mu_K \left( \sum_{j=1}^M x_{ij} \right) = \max_{\{x_{ij}\}} [\mu_D(x_{i1}) \otimes \dots \otimes \mu_D(x_{iM})]. \quad (14)$$

Це дає можливість характеризувати оптимальну стратегію подібно до принципу оптимальності Р. Беллмана [4].

Застосування принципу оптимальності дозволяє реалізувати найбільш ефективний спосіб координації рішень, що приймаються на окремих рівнях ієрархії. Цей принцип дозволяє до мінімуму скоротити обмін інформацією між рівнями й забезпечити локальну обробку інформації за підсистемами.

Але тільки використання єдиного підходу до цільових функцій і обмежень у теорії нечітких множин дозволяє отримати адекватні характеристики нижчих підсистем, що не зводяться тільки до економічних аддитивних характеристик в умовах повної визначеності.

На основі цього принципу можна побудувати рекурентну процедуру ухвалення рішень, яка складатиметься з двох етапів для кожного  $(i + 1)$ -го рівня управління.

По-перше, вирішується оптимізаційне завдання на декартовому полі множин з цільовою функцією (14) для рівня  $(i + 1)$  з урахуванням відповідного обмеження. Якщо підсистеми рівня  $i$  пов'язані між собою матеріальними потоками, то попередні обмеження доповнюють системою обмежень рівностей та нерівностей підсистем, що описують зв'язок, на рівні  $i$ :

$$\bar{H}(x_{i1}, \dots, x_{iM}) = 0, \quad (15)$$

$$\bar{W}(x_{i1}, \dots, x_{iM}) \geq 0. \quad (16)$$

Результатом рішення оптимізаційної задачі є функція приналежності:

$$\mu_K(x_{(i+1)r}) = \mu_D \left( \sum_{j=1}^M x_{ij} \right). \quad (17)$$

По-друге, знаходиться нечітке рішення на  $(i + 1)$ -му рівні. При цьому, для ухвалення чіткого рішення на  $N$ -му рівні управління необхідно вибрати таке рішення, для якого ступінь приналежності до підмножини ефективних і допустимих рішень є максимальним, тобто

$$\mu_D(x_N^0) = \max_{\{x_{ij}\}} [\mu_D(x_N)]. \quad (18)$$

Після ухвалення чіткого рішення на  $N$ -му рівні управління на основі рішення оптимізаційного завдання (15), (16), (17) знаходяться чіткі вирішення рівня  $(N - 1)$   $x_{(N-1)1}^0, \dots, x_{(N-1)M}^0$ . Далі ця процедура повторюється до тих пір, поки не будуть чітко ухвалені всі рішення в системі  $\{x_{ij}\}$ ,  $i = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, M}$ .

Підсистеми управління першого рівня можуть бути елементарними й не мати координуючих функцій, тобто

$$\mu_K(x_{1r}) = 1, \quad r = \overline{1, M}. \quad (19)$$

Активність підсистем першого рівня в цьому випадку виявляється у формуванні своїх нечітких рішень:

$$D(x_{1r}) = C(x_{1r}) \cap G(x_{1r}). \quad (20)$$

Проте за наявності взаємозв'язку підсистем першого рівня через технологічний процес виникає природна необхідність координації рішень підсистем, виходячи з цільової функції і моделей, що описують цей процес. У цьому разі координуюча функція буде отримана на основі вирішення оптимізаційних завдань для складних технологічних процесів.

Цільові функції підсистем вищих рівнів можуть бути специфічними для кожного рівня і полягати лише в забезпеченні ефективних режимів роботи нижчих підсистем:

$$\mu_G(x_{(i+1)r}) = 1. \quad (21)$$

Якщо ж вища підсистема має власну мету  $G$ , то при ухваленні рішень вона враховуватиме цілі і можливості нижчих підсистем через координуюче нечітке рішення. Ця функція приналежності гарантує призначення нижчим підсистемам режимів роботи, близьких до найбільш переважних для них режимів, тобто фактично відображає факт обліку інтересів підсистем у процесі ухвалення рішень.

У загальному випадку функція приналежності може бути умовною, тобто залежати від деякого параметра –  $\mu(x_{ij}/y_{ij})$ .

## ВИСНОВКИ

Підсумовуючи, слід зазначити, що розглянута рекурентна процедура забезпечує вирішення внутрішніх системних конфліктів. Застосування двоетапної рекурентної процедури дозволяє вирішити у складі системи конфлікти двох видів, а саме:

– внутрішньорівневий, який виникає з приводу несутимності локальних цілей окремих елементів у межах заданої структури і обмежень;

– міжрівневий (між двома суміжним рівнями), який має місце через те, що мета (завдання) вищого елементу не збігається із забезпеченням елементам нижчого рівня оптимальних режимів.

Особливості запропонованого методу дозволяють не тільки встановлювати наявність або відсутність подібних конфліктів і їх природу на основі використання відповідних функцій приналежності, яка є характеристикою багаторівневої системи, але й приймати ці функції приналежності як орієнтири для синтезу й цілеспрямованої зміни параметрів і структури системи.

Таким чином, розглянута методика направлена на узгодження рішень за рівнями в багаторівневій ієрархічній системі в певний момент  $t$ , причому для кожного, у тому числі й нижчого рівня (основного технологічного процесу), може бути вирішено також і динамічне завдання.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Беллман Р. Принятие решений в расплывчатых условиях / Р. Беллман, Л. Заде // Научно-практический сбор-

ник «Вопросы анализа и процедуры принятия решений». – М.: Мир, 1976. – С. 172–215.

2. Месарович М. Общая теория систем: монография / М. Месарович, Я. Такахара. – М.: Мир, 1978. – 345 с.
3. Моисеев Н. Н. Методы оптимизации: монография / Моисеев Н. Н. – М.: Наука, 1978. – 351 с.
4. Беллман Р. Прикладные задачи динамического программирования: монография / Р. Беллман, С. Дрейфус. – М.: Наука, 1965. – 333 с.
5. Растринин Л. А. Системы экстремального управления: монография / Растринин Л. А. – М.: Наука, 1974. – 234 с.
6. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений: монография / Заде Л. А. – М.: Мир, 1976. – 165 с.

Надійшла 15.04.2010

Бойченко О. В.

### КООРДИНАЦІЯ НЕЧЕТКИХ РЕШЕНИЙ В МНОГОУРОВНЕВОЙ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Проанализированы методологические принципы управления сложными многоуровневыми информационными системами в условиях быстрого изменения порядка их использования. Предложено применение комплексного системного подхода относительно координации прикладного (сеансового) и базового уровней сложных разветвленных информационных систем для оптимизации их функционирования в условиях возможности возникновения нечетких решений.

**Ключевые слова:** многоуровневые иерархические системы, координация нечетких решений, математическое моделирование и прогноз.

Boychenko O. V.

### CO-ORDINATION OF FUZZY DECISIONS IN MULTI-LEVEL HIERARCHICAL SYSTEM

The author analyses methodological principles of complex multilevel information systems control in conditions of quickly changing order of their use. Application of complex system approach is proposed in relation to co-ordination of applied (session) and base levels of complex branched information systems for optimization of their functioning at probable origination of fuzzy decisions.

**Key words:** multilevel hierarchical systems, co-ordination of fuzzy decisions, mathematical simulation and prediction.

УДК 681. 326

Дубинская Н. Г.

Аспирант Харьковского национального университета радиозлектроники

## СТРУКТУРНАЯ ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

Усовершенствован структурный метод поиска явных адресуемых неисправностей компьютерной сети, который отличается от известных сочетанием структур данных условного и безусловного методов поиска дефектов.

**Ключевые слова:** диагностика, компьютерная сеть, поиск дефектов, модель, граф.

## ВВЕДЕНИЕ

Широкое использование локальных и глобальных компьютерных сетей приводит к росту требований к надежности, отказоустойчивости и производительности

локальных вычислительных сетей (ЛВС). Высокая производительность сети обеспечивается, в первую очередь, отсутствием явных и скрытых узких мест и дефектов, приводящих как к замедлению

© Дубинская Н. Г., 2010