

Ключевые слова: семантическая сеть, терминологический анализ, машинные документы, статистические критерии, интегрированная информационная система.

Кунченко-Харченко Валентина Іванівна, доктор технічних наук, професор, кафедра інформатики і інформаційної безпеки, Черкаський державний технологічний університет, Україна, e-mail: valentine.kun@ukr.net.

Кунченко-Харченко Валентина Іванівна, доктор технічних наук, професор, кафедра інформатики і інформаційної безпеки, Черкаський державний технологічний університет, Україна.

Kunchenko-Kharchenko Valentina, Cherkassky State Technological University, Ukraine, e-mail: valentine.kun@ukr.net

УДК 004.08:005.8

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.56825

**Нестеренко С. А.,
Становський А. О.,
Оборотова О. О.**

РОЗПІЗНАВАННЯ СТАНУ БЕЗДРОТОВИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ ЗА ДОПОМОГОЮ ТРИВИМІРНОГО ПОЛЯ НАПРЯМКІВ

Показано, що особливості зорового відображення бездротових комп'ютерних мереж з частково недоступними моніторингу в експлуатації елементами не дозволяють використовувати для розпізнавання їх стану відомі інтелектуальні методи обробки нерухомих зображень. Розроблений і впроваджений метод такого розпізнавання за допомогою тривимірного поля напрямків. Наведено приклад використання цього підходу в реальній практиці Збройних Сил України.

Ключові слова: бездротова комп'ютерна мережа, розпізнавання стану, зоровий образ, тривимірне поле напрямків.

1. Вступ

Сучасні розповсюджені складні системи, до яких, в першу чергу, відносяться бездротові комп'ютерні мережі (БКМ), потребують постійного моніторингу своєї працездатності, особливо у випадках, коли ці системи експлуатуються в небезпечних для їхнього стану умовах, наприклад, в умовах бойових дій. Ця небезпека для самого факту існування деяких елементів БКМ та зв'язків між ними багаторазово посилюється неможливістю діагностувати їхній поточний стан з-за віддаленості та недоступності для безпосереднього тестування.

Натомість існують методи інтелектуального (побудованого на знаннях) розпізнавання стану частково недоступних для моніторингу технічних систем [1], коли досліднику вдається отримати ймовірнісну оцінку стану недоступних елементів (а, отже, і всієї БКМ) по сигналах від доступних. На жаль, такі методи відрізняються низькою швидкістю з-за своєї складності [2], або невеликою точністю [3].

Останнім часом з'явилися пропозиції по інтелектуальному розпізнаванню стану БКМ за допомогою побудови проміжного зорового образу (зображення) цього стану [4]. Однак вибір методу фінішної обробки такого образу з метою отримання можливостей його порівняння з базою даних і прийняття діагностичних рішень не зв'язаний із геометричними особливостями саме зорових образів БКМ, що суттєво знижує їхню ефективність.

Тому розробка швидкодіючого методу розпізнавання стану бездротових комп'ютерних мереж за допомогою вибору та вдосконалення методу обробки проміжного

зорового зображення цього стану є головним завданням даної роботи.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Широке використання БКМ в військовій практиці призводить до зростання вимог щодо їхньої надійності. При проектуванні та експлуатації таких відповідальних БКМ важливо вміти оцінювати стан їхньої структури. Адже на відміну від «звичайних» дротових мереж, бездротові позбавлені можливості постійного внутрішнього структурного моніторингу [5, 6]. Справа ускладнюється також тим, що елементи бездротових мереж не мають сталих «сусідів» для взамотестування, оскільки вони часто-густо переміщуються в просторі, постійно змінюючи перелік найближчих серверів та вузлів іншого призначення.

Зазначені проблеми обумовлюють високі часові витрати на пошук несправності, а також звужують діапазон суб'єктів, що забезпечують коректне розв'язання завдання пошуку структурної несправності, що, в свою чергу, призводить до високої трудомісткості і складності розв'язання даної проблеми.

В той же час, на справних серверах бездротової мережі під час її роботи накопичується багато інформації, яка може взагалі не використовуватися для основної роботи, але яка, в той же час, містить на прихованому рівні важливі знання про структуру мережі та її «історію» від початку експлуатації до поточного часу. Важливо, що з виходом з ладу окремих структурних одиниць системи,

інформація, яка зберігається на доступних вузлах залишається (до певних меж) інформативною з точки зору діагностики [4]. Такі знання носять безумовно ймовірнісний характер, але використання сучасних інтелектуальних методів «витягування» корисних знань з, на перший погляд, неінформативних джерел інформації (наприклад, методи поля напрямків) робить цей шлях до діагнозів структури бездротових комп'ютерних мереж вельми актуальним [7].

Один з таких напрямків — використання проміжного зорового образу стану структури БКМ із наступною згортокою за допомогою методу поля напрямків. Такий метод широко використовується для ідентифікації особистості по дактилограмах [8] в криміналістиці, аналізу кристалів слюзи [9, 10] та крові [11] в медицині, тощо. Отримані при цьому поля напрямків дозволяють використовувати їх в алгоритмах для автоматизованих систем розпізнавання образів та апроксимації зображень [12–15].

Але, на жаль, існуючі методи створені лише для обробки двовимірних зображень [16, 17], що, як з'ясувалося, звужує межі використання полів напрямків для моделювання таких динамічних систем, як працюючі в зоні підвищеної небезпеки БКМ. Адже, розглядаючи лише одне зображення, тобто часовий переріз життєвого циклу БКМ, ми губимо всю «історію» переходу мережі від початкового «справного» стану до поточного «пошкодженого». Це створює головну проблему для фахівців в галузі комп'ютерних мереж, — зробити сучасні інтелектуальні методи, зокрема, метод поля напрямків, придатним для обробки як єдине ціле низки послідовних зображень, тобто відеопотік.

3. Об'єкт, мета і задачі роботи

Об'єкт дослідження — процес розпізнавання стану структури бездротових комп'ютерних мереж, які експлуатуються в умовах підвищеної ймовірності пошкодження її окремих важкодоступних для моніторингу елементів.

Метою роботи є підвищення швидкості та ефективності процесів розпізнавання поточного стану частково недоступних для моніторингу пошкоджуваних БКМ за рахунок отримання та обробки змінного зорового образу їхньої структури шляхом розробки та застосування методу перетворення таких образів до тривимірних полів напрямків.

Для досягнення цієї мети в роботі були поставлені та розв'язані такі задачі:

- вдосконалити метод побудови зорового образу поточного стану структури частково недоступних для моніторингу пошкоджуваних БКМ;
- вдосконалити метод розпізнавання зорових образів структури частково недоступних для моніторингу пошкоджуваних БКМ з використанням перетворення до тривимірного поля напрямків, кодування останнього та пошуку аналогів в базі даних;
- виконати випробування розроблених методів та оцінити ефективність їхнього застосування в складних умовах експлуатації пошкоджуваних БКМ.

4. Метод розпізнавання стану бездротових комп'ютерних мереж за допомогою тривимірного поля напрямків

4.1. Вдосконалення методу побудови зорового образу структури частково недоступних для моніторин-

гу пошкоджуваних БКМ. Візьмемо в якості прикладу деяку відносно просту, двадцятип'ятиелементну БКМ, структура зв'язків між елементами якої для її первинного (непошкодженого) стану відображена у вигляді графа на рис. 1. Створимо матрицю суміжності розміром 25×25 ячеек для цього графа, в якій на місцях існування дуг стоять 1, а на інших — 0. Таким чином, мережа, яка містить 25 елементів, відбивається у матрицю суміжності, що складається з 625 позицій.

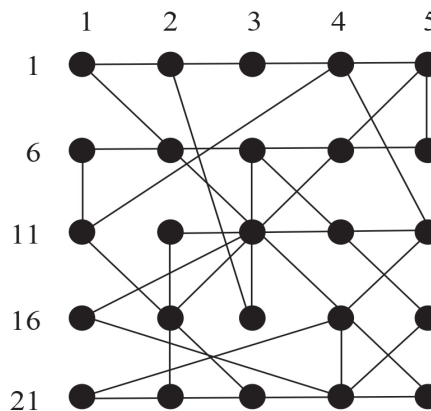


Рис. 1. Граф двовимірної структури двадцятип'ятиелементної БКМ

Відмітимо також таку особливість матриці суміжності: якщо всі зв'язки в БКМ двобічні, то така матриця буде симетричною відносно головної діагоналі [18].

Далі побудуємо зоровий образ цієї, ще не пошкодженої БКМ у вигляді двовимірного розміром 25×25 пікселів цифрового зображення, в якому чорний колір (яскравість дорівнює 0) кожного з 625 пікселів відповідає випадку, коли відповідний зв'язок конструкцією БКМ не передбачений (в матриці суміжності на цьому місці знаходиться 0), а білий (яскравість дорівнює 255) — коли такий зв'язок у первинному стані БКМ передбачений, тобто в матриці суміжності на цьому місці знаходиться 1 (рис. 2).

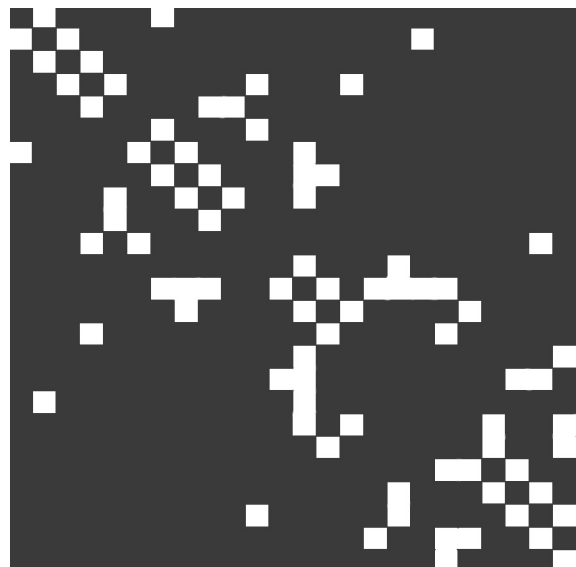


Рис. 2. Двовимірний зоровий образ двадцятип'ятиелементної БКМ

В міру пошкодження деяких елементів, деякі одиниці в матриці суміжності почнуть зменшуватися.

Візьмемо далі структуру більш складної, стоелементної тестової БКМ, наведеної в [4] (рис. 3).

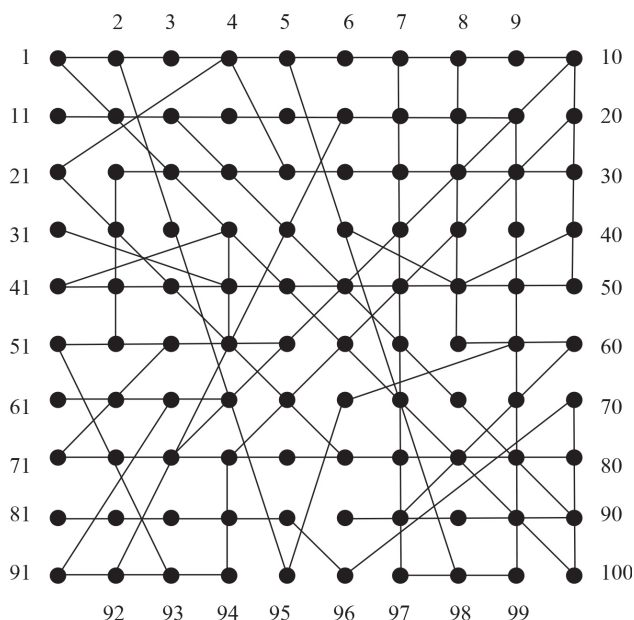


Рис. 3. Двовимірна структурна схема структури стоелементної тестової БКМ

Побудуємо її зоровий образ за описаним алгоритмом, але інвертований відносно яскравості (0 — білий, 255 — чорний) для більшої наочності (рис. 4).

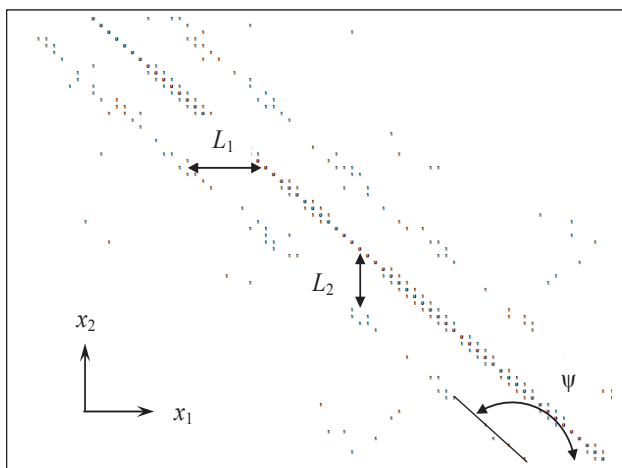


Рис. 4. Інвертований двовимірний зоровий образ стоелементної тестової БКМ

Як видно з рис. 4, завдяки переважному розташуванню зв'язків між сусідніми елементами БКМ (така перевага впливає зі схеми мережі, яка в практиці використання у збройних силах демонструє найбільшу живучість), зоровий образ стоелементної тестової БКМ у деякому наближенні є сукупністю контурних ліній, що підкоряються деякому порядку. Такі зображення є вельми надлишковими, а отже без втрат інформаційної складової вони можуть бути згорнуті до такої кількості характеризуючих поточний стан БКМ змінних, яка стає

придатною для он-лайн пошуку в банку даних подібних структур методом порівняння [19, 20].

Типовими представниками подібних квазіперіодичних зображень зі структурною надмірністю є інтерферограми, дактилограми та багато інших зображень природного і штучного походження. Квазіперіодичні структури визначаються наявністю багатоконтурної впорядкованої текстури з вираженою орієнтацією. У кожній малій області квазіперіодичної структури функція яскравості є періодичною уздовж певного напрямку і візуально виражається в системі «паралельних» смуг. Основними параметрами таких зображень є переважний напрямок смуг та їх густина в кожній точці зображення. Крім того, на таких зображеннях виділяються особливі точки і лінії (сингулярності), в яких порушується періодична структура.

Просторовий спектр таких зображень розташований в досить вузькій смузі частот в області деякої характерної просторової частоти, яку можна назвати несучою частотою [21]. Саме несуча частота, яка візуально сприймається як множина контурних ліній, є основним чинником надмірності зображень, аналогів наведеному на рис. 4. Процес накладення інформаційної складової на несучу, як правило, є досить складним і не завжди відомим заздалегідь, що виключає застосування простих методів виділення інформації (демодуляції), застосовуваних, наприклад, у радіотехніці.

Після більш-менш тривалої експлуатації БКМ в важких умовах, загрозливих пошкодженнями та навіть втратами її елементів та зв'язків між ними, наприклад, для БКМ, частково встановлених на військових безпілотних літаках в умовах бойових дій, «базовий» оператор на сервері втрачає відомості про поточний стан недоступних до моніторингу елементів. Як відомо, за допомогою інтелектуальної обробки сигналів, які залишаються на доступних елементах, можна отримати інформацію про ймовірність працездатності недоступних [3, 7, 9]. Ця інформація відбивається на змінній матриці суміжності у вигляді дрейфу одиниць, які містяться в ній, в напрямку нуля, відповідно до зниження ймовірності існування колись стовідсотково ймовірного зв'язку.

В будь-якому випадку, зоровий образ БКМ, побудований за описаним вище методом, як і будь-яке зображення, що підлягає розпізнаванню, містить великий обсяг надлишкової інформації, яку необхідно «згорнути» без змістовних втрат.

4.2. Застосування методу поля напрямків до зорових образів бездротових комп'ютерних мереж. Найбільш зручним носієм згорнутої інформації для вирішення завдання інтерпретації і розпізнаванні зображень, типу представленого на рис. 4, зі структурною надмірністю є *поле напрямків* [22], тобто поле кутів переважного напрямку смуг в локальній околиці точки зображення. При цьому, кут напрямку смуги $\psi(x_1, x_2)$ в даній точці дорівнює, за визначенням, куту дотичної до лінії рівня функції яскравості $f(x_1, x_2) = f_0$ [8]. Як впливає з визначення, полем напрямків є геометрична інтерпретація множини лінійних елементів, які відповідають звичайним диференціальним рівнянням:

$$\frac{dx_2}{dx_1} = g(x_1, x_2). \quad (1)$$

Лінійним елементом називається набір чисел x_1, x_2 , $g(x_1, x_2)$, який можна представити як сукупність точки $(x_1, x_2) \in G \subset R^2$ та відповідного їй напрямку з на-
правляючими косинусами:

$$\left(\frac{1}{\sqrt{1+g^2(x_1, x_2)}}, \frac{g(x_1, x_2)}{\sqrt{1+g^2(x_1, x_2)}} \right), \quad (2)$$

де G – загальна множина точок; для двовимірного (R^2) розташування точок – G це ϵ , власне, зображення.

Розглянемо довільну функцію яскравості зображення $f(x_1, x_2)$, яку будемо вважати гладкою, тобто такою, що має неперервні частинні похідні першого порядку. Розглянемо множину кривих на площині (x_1, x_2) , які відповідають лініям рівня функції яскравості зображення:

$$f(x_1, x_2) = f_0. \quad (3)$$

Множина напрямків дотичних до ліній, відповідно до визначення, утворює поле напрямків при:

$$g(x_1, x_2) = -\frac{df(x_1, x_2)/dx_1}{df(x_1, x_2)/dx_2}. \quad (4)$$

Таким чином, класичне визначення поля напрямків призводить до функції $\psi(x_1, x_2)$, яка має фізичний сенс кута нахилу дотичної до лінії рівня функції яскравості зображення і задається наступним рівнянням:

$$\operatorname{tg} \psi(x_1, x_2) = -\frac{df(x_1, x_2)/dx_1}{df(x_1, x_2)/dx_2}, \quad 0 \leq \psi(x_1, x_2) < \pi. \quad (5)$$

Очевидним є зв'язок поля напрямків з градієнтом функції яскравості: кут $\psi(x_1, x_2)$ задає напрямок, перпендикулярний до вектора градієнта $(df(x_1, x_2)/dx_1, df(x_1, x_2)/dx_2)$.

На жаль, формула обчислення поля напрямків (5) може бути застосована лише до класу зображень, функція яскравості яких має достатню гладкість для можливості її диференціювання. Таким класом зображень є, зокрема, зорові образи структури БКМ, для яких інтуїтивно поняття поля напрямків зв'язується з напрямком інтерференційних смуг і збігається з визначенням (5). У довільній локальній області досить малих розмірів функція яскравості таких зображень (рис. 5) може бути описана гармонійною функцією [8]:

$$f(x_1, x_2) = A \cos[\omega_1 x_1 + \omega_2 x_2 + \varphi_0] + B, \quad (6)$$

де $\omega_1 = 2\pi/L_1$, $\omega_2 = 2\pi/L_2$ (позначення на рис. 4) – локальні просторові частоти, а φ_0 – локальна початкова фаза.

Можна визначити напрямки і просторову частоту смуг в цій локальній області:

$$\operatorname{tg} \psi = -\omega_1 / \omega_2, \quad 0 \leq \psi < \pi, \quad \omega = \sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}. \quad (7)$$

Розглядаючи сукупність усіх точок зображення, отримуюмо альтернативний опис поля напрямків $\psi(x_1, x_2)$ у вигляді рівняння:

$$\operatorname{tg} \psi(x_1, x_2) = -\frac{\omega_1(x_1, x_2)}{\omega_2(x_1, x_2)}, \quad (8)$$

а також поле просторових частот:

$$\omega(x_1, x_2) = \sqrt{\omega_1^2(x_1, x_2) + \omega_2^2(x_1, x_2)}, \quad (9)$$

яке описує щільність або густоту смуг в малій околиці заданої точки (x, y) на зображенні. Співвідношення (8) задає альтернативний до формули (5) спосіб обчислення поля напрямків для «гладких» зображень, що містять квазіперіодичні структури і задовольняють локальної моделі (6).

Модель «гладкого» зображення (6) може бути узагальнена на випадок довільного зображення з квазіперіодичною структурою, в тому числі, на зображення, що містять перепади функції яскравості (контури), і на бінарні (двохградіаційні) зображення [23].

Так, наприклад, зорові образи БКМ не описується гладкою функцією яскравості, і до них не може бути застосоване класичне визначення поля напрямків (5). Однак такі зображення містять локальні періодичні структури і можуть бути описані наступною локальної моделлю:

$$f(x_1, x_2) = A Q[\omega_1 x_1 + \omega_2 x_2 + \varphi_0] + B, \quad (10)$$

де $Q[\cdot]$ – довільна періодична функція з періодом (для визначеності) 2π . Зокрема, зоровий образ БКМ (рис. 4) може бути описано локальною моделлю (10) з прямокутною функцією:

$$Q[z] = \operatorname{sign}[\cos(z)]. \quad (11)$$

Таким чином, усунення структурної надмірності для розглянутого класу смугастих зображень призводить до заміни таких зображень парою полів: полем напрямків $\psi(x_1, x_2)$ і полем просторових частот $\omega(x_1, x_2)$ [24].

Двовимірне поле напрямків зображується градаціями сірого, причому нульовим значенням відповідає чорний колір, а значенням π – білий. Поле просторових частот також представлено градаціями сірого в діапазоні від мінімального до максимального значення.

На жаль, диференціювання за (5) для побудови поля напрямків можливе лише для «гладких» зображень при умові повної відсутності шумів спостереження. На практиці використовують численні завадостійкі методи побудови поля напрямків засновані на апроксимації та усередненні [23]. В роботі для обробки зорового образу БКМ використовували диференціальний метод, який заснований на тому факті, що похідна функції яскравості за напрямком, який співпадає із напрямком смуги, має найменше за модулем значення серед похідних за напрямком в поточній точці: $\psi = \arg \min_{\phi} |f'_{\phi}|$.

Основною перевагою диференціальних методів є максимально можлива швидкість серед усіх відомих класів методів побудови поля напрямків [8, 23].

При використанні чисельного диференціального методу з маскою 3×3 (вісім сусідів у центрального елемента маски x_0) по відліках усередині вікна обчислюємо «похідні» уздовж чотирьох не колінарних напрямків, обумовлених кутами $\varphi = 0; 45; 90$ та 135 градусів (рис. 5, а).

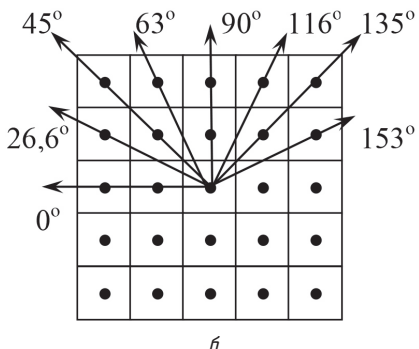
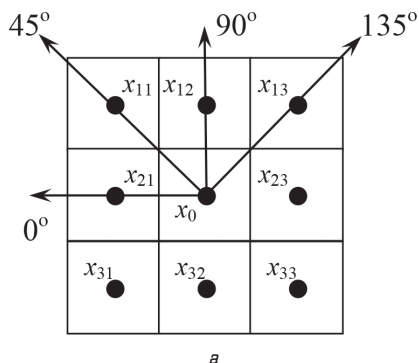


Рис. 5. Схеми обчислення похідних в диференціальному методі побудови двовимірного поля напрямків: а — маска 3×3 ; б — маска 5×5

При цьому використовуються симетричні різницеві схеми:

$$f'(x_0) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + h) - f(x_0 - h)}{2h}, \quad (12)$$

де h — кількість кроків за напрямком.

Згідно з обчислювальною схемою (12), чисельні наближення похідних для різних напрямків в диференціальному методі з маскою 3×3 (позначення елементів x_{ij} на рис. 5, а) мають такий вигляд [8]:

$$f'_0 = \frac{x_{13} - x_{11} + x_{23} - x_{21} + x_{33} - x_{31}}{6}, \quad (13)$$

$$f'_{45} = \frac{x_{12} - x_{21} + 0,5(x_{13} - x_{31}) + x_{23} - x_{32}}{3\sqrt{2}}, \quad (14)$$

$$f'_{90} = \frac{x_{31} - x_{11} + x_{32} - x_{12} + x_{33} - x_{13}}{6}, \quad (15)$$

$$f'_{135} = \frac{x_{23} - x_{12} + 0,5(x_{33} - x_{11}) + x_{32} - x_{21}}{3\sqrt{2}}. \quad (16)$$

При використанні більшої маски, розміром 5×5 (двадцять чотири сусіди у центрального елемента маски) обчислюються наближення похідних за восьми не колінарними напрямками, обумовленими кутами: $\varphi = 0; 26,6 = \arctg 0,5; 45; 63 = \arctg 2; 90; 116; 135$ та 153 градуси (рис. 5, б). Чисельні наближення похідних для різних напрямків в цьому випадку при позначеннях елементів x_{ij} , аналогічних позначенням в матриці 3×3 , мають такий вигляд:

$$f'_0 = \frac{x_{15} - x_{11} + x_{25} - x_{21} + x_{35} - x_{31} + x_{45} - x_{41} + x_{55} - x_{51}}{20}, \quad (17)$$

$$f'_{26,6} = \frac{x_{15} - x_{32} + x_{25} - x_{41} + x_{35} - x_{51}}{6\sqrt{5}}, \quad (18)$$

$$f'_{45} = \frac{1,5(x_{13} - x_{31}) + x_{14} - x_{41} + 0,75(x_{15} - x_{51}) + x_{25} - x_{52} + 1,5(x_{35} - x_{53})}{15\sqrt{2}}, \quad (19)$$

$$f'_{63} = \frac{x_{13} - x_{51} + x_{14} - x_{52} + x_{15} - x_{53}}{6\sqrt{5}}, \quad (20)$$

$$f'_{90} = \frac{x_{51} - x_{11} + x_{52} - x_{12} + x_{53} - x_{13} + x_{54} - x_{14} + x_{55} - x_{15}}{20}, \quad (21)$$

$$f'_{116} = \frac{x_{11} - x_{53} + x_{12} - x_{54} + x_{13} - x_{55}}{6\sqrt{5}}, \quad (22)$$

$$f'_{135} = \frac{1,5(x_{31} - x_{53}) + x_{21} - x_{54} + 0,75(x_{11} - x_{55}) + x_{12} - x_{45} + 1,5(x_{13} - x_{35})}{15\sqrt{2}}, \quad (23)$$

$$f'_{153} = \frac{x_{11} - x_{35} + x_{21} - x_{45} + x_{31} - x_{55}}{6\sqrt{5}}. \quad (24)$$

Вагову функцію визначали за допомогою такого співвідношення [23]:

$$\omega = \frac{\max_{\varphi} |f'_{\varphi}| - \min_{\varphi} |f'_{\varphi}|}{\max_{\varphi} |f'_{\varphi}|}. \quad (25)$$

Істотним недоліком диференціальних методів побудови поля напрямків є сильна чутливість до шумів, що дає більш низьку якість оцінки в порівнянні з іншими методами. Однак зорові образи БКМ, як правило, не містять шумів, завдяки методам їхніх отримань та обробки, тому цей недолік в виборі методу не був вирішальним.

Значно суттєвішим виявився той недолік, який випливає із постійної мінливості стану структури БКМ, які використовуються в небезпечних умовах, що робить оцінку, отриману за невеликий час до поточного моменту, наразі застарілою. Якщо робити такі часові «зрізи» якнайчастіше, то окремі зорові образи або сталі зображення перетворюються на рухомий образ або відеопотік. Під «найчастіше» розуміли найбільшу швидкість, яку забезпечує метод, описаний у підрозділі 4.1, та наявні засоби його реалізації.

Що торкається інтерпретації серії послідовних зорових образів БКМ в якості відеопотоку, то такий підхід призводить до побудови вже тривимірних моделей, які, ускладнюючи обчислювальну складову розпізнавання, надають значно більших можливостей в ефективній інтерпретації поточного стану структури БКМ [25, 26].

4.3. Обробка та розпізнавання стану частково недоступної для моніторингу БКМ за допомогою тривимірного поля напрямків. Попередні висновки виходили з того, що чорно-білий зоровий образ в комп'ютерному представленні є двовимірною матрицею пікселів, атрибутами кожного з яких є його дискретна адреса $E_1 = i \in J$, $E_2 = j \in J$ та яскравість $0 \leq f \leq 255$, незмінна для ij -го пікселя в цілому [27], тобто $f = f(i, j)$. Якщо до двох координат — i та j додати залежність яскравості f ще й від часу $x_3 = \tau$, тобто покласти $f = f(i, j, \tau) = f(x_1, x_2, x_3)$ (рис. 6), то отримуємо *тривимірний* зоровий образ, який після описаної обробки перетворюється на *тривимірне поле напрямків*.

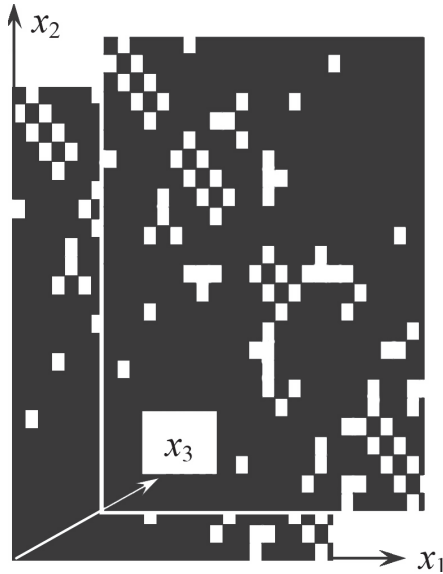


Рис. 6. Тривимірний зоровий образ двадцятип'ятиелементної БКМ

У тривимірній моделі при використанні маски розмірів $3 \times 3 \times 3$ (двадцять шість сусідів у центрального елемента маски) обчислюються чисельні «похідні» за тринадцятьма не колінеарними напрямками (рис. 7).

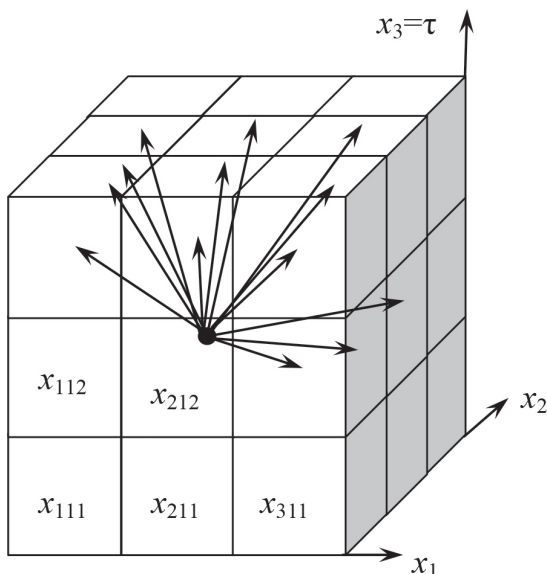


Рис. 7. Схеми обчислення чисельних «похідних» (скінченних різниць) в диференціальному методі побудови тривимірного поля напрямків: маска $3 \times 3 \times 3$

Оцінки чисельних «похідних» (скінченних різниць) для різних напрямків в цьому випадку мають такий вигляд:

$$\left\{ \begin{aligned} f'_1 &= \frac{x_{131} - x_{111} + x_{231} - x_{211} + x_{331} - x_{311}}{18} + \\ &+ \frac{x_{132} - x_{112} + x_{232} - x_{212} + x_{332} - x_{312}}{18} + \\ &+ \frac{x_{133} - x_{113} + x_{233} - x_{213} + x_{333} - x_{313}}{18}; \\ &\dots \\ f'_{13} &= \frac{x_{231} - x_{121} + 0,5(x_{331} - x_{111}) + x_{321} - x_{211}}{9\sqrt{2}} + \\ &+ \frac{x_{232} - x_{122} + 0,5(x_{332} - x_{112}) + x_{322} - x_{212}}{9\sqrt{2}} + \\ &+ \frac{x_{233} - x_{123} + 0,5(x_{333} - x_{113}) + x_{323} - x_{213}}{9\sqrt{2}}. \end{aligned} \right. \quad (26)$$

Отримане в такий спосіб поле напрямків кодується щодо наявності глобальних та локальних особливостей та їх геометричного розташування на полі так, як це робиться в дактилоскопії [8]. Для початку, неперервне значення поля напрямків від 0 до 180 градусів розбивається на чотири діапазони кутів: 0 — від 0 до 22 та від 158 до 180 градусів, 1 — від 23 до 67 градусів, 2 — від 68 до 112 градусів та 3 — від 113 до 157 градусів. Особливість кожної точки зорового образу БКМ полягає у порядку зміни діапазонів кутів в її околицях (наприклад, 2-3-0-1). Для глобальних особливостей цей порядок відрізняється від порядку довільної точки зображення.

Крім того, кожна глобальна особливість відрізняється геометричними характеристиками, а саме, — кутами нахилу ліній розподілу між діапазонами відповідних кутів.

Для пошуку локальних особливостей готується бінарний препарат зорового образу та застосовується до нього один з відомих методів ідентифікації зображення [15–17], але в тривимірній інтерпретації.

З наборів кодів відеопотоків від тестових зорових образів та досвіду розпізнавання стану реальних «минулих» БКМ створена база даних, яка використовується для розпізнавання стану поточних мереж.

5. Практичне використання результатів дослідження

Використання інтелектуального методу комп'ютерного розпізнавання та відтворення зорового образу структури складних пошкоджуваних об'єктів із недоступними для моніторингу елементами за допомогою створення та аналізу тривимірного поля напрямків дозволяє з високим ступенем ймовірності оцінити поточний стан мережі, а саме вибуття з ладу деяких її елементів по сигналах, отриманих від завідомо справних елементів, що залишаються на базових позиціях. Практика підтверджує можливість підвищення можливості своєчасного ремонту та заміни пошкоджених елементів бездротовою комп'ютерної мережі, що гарантує підвищення загального рівня працездатності останньої на 22,3–26,3 %.

Результати дисертаційного дослідження використовувались в повсякденній діяльності Розвідувального управління штабу Командування Сухопутних військ Збройних Сил України під час обґрунтування можливостей комплексу сил та засобів розвідки оперативних командувань.

6. Висновки

1. Вдосконалено метод побудови тривимірного зорового образу структури частково недоступних для моніторингу пошкоджуваних БКМ, який базується на визначенні ймовірностей працездатності недоступних елементів мережі по сигналах від доступних та побудові зображення, яскравість кожного пікселя якого пропорційна відповідній ймовірності.

2. Вдосконалено метод розпізнавання зорового образу стану структури БКМ шляхом побудови для нього тривимірного поля напрямків, кодування останнього та пошуку в базі даних відповідного цим кодам зображення, яке визнається як відбиток реального стану БКМ.

3. Виконані випробування розроблених методів в повсякденній діяльності Розвідувального управління штабу Командування Сухопутних військ Збройних Сил України під час обґрунтування можливостей комплексу сил та засобів розвідки оперативних командувань та підтверджена можливість своєчасного ремонту та заміни пошкоджених елементів БКМ, що гарантує підвищення загального рівня працездатності останньої на 22,3–26,3 %.

Література

1. Савельева, О. С. Нетрадиционная математическая экспресс-модель надежности сложных систем с резервированием [Текст] / О. С. Савельева // Сучасні технології в машинобудуванні. — 2012. — Вип. 7. — С. 232–242.
2. Савельева, О. С. Метод дистанционной структурной диагностики низкочастотной аналоговой сети, частично недоступной мониторингу [Текст] / О. С. Савельева, В. Г. Максимов, Д. А. Пурич // Праці Одеського політехнічного університету. — 2012. — Вип. 2 (39). — С. 208–213.
3. Пурич, Д. А. Экспресс-анализ структурной надежности сложных технических систем с нагруженным резервированием [Текст] / Д. А. Пурич, О. С. Савельева, В. М. Тонконогий // Сучасні технології в машинобудуванні. — 2013. — Вип. 8. — С. 272–280.
4. Нестеренко, С. А. Перетворення структури складної технічної системи із частково недоступними елементами до зорового образу [Текст] / С. А. Нестеренко, А. О. Становський, А. В. Торопенко, П. С. Швець // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2015. — № 5/3(77). — С. 30–35. doi:10.15587/1729-4061.2015.51186
5. Беспроводные сети [Электронный ресурс] // Xreferat. — Режим доступа: \www/URL: http://xreferat.com/33/466-1-besprovodnye-seti.html. — 14.08.2015.
6. Понятие и виды беспроводных сетей [Электронный ресурс] // Информатика. — Режим доступа: \www/URL: http://informatika.ru/lectures/ponyatie_i_vidy_besprovodnyh_setei.html. — 13.07.2015.
7. Нестеренко, С. А. Интеллектуальная диагностика стану структури віддалених бездротових комп'ютерних мереж [Текст] / С. А. Нестеренко, А. О. Становський, О. О. Оборотова, О. І. Дадерко // Матеріали 2-ої Всеукраїнської конференції «Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості 2015». — Івано-Франківськ, 6–9 жовтня 2015. — С. 102–103.
8. Соифер, В. А. Методы компьютерной обработки изображений [Текст] / В. А. Соифер. — М.: ФИЗМАТЛИЗ, 2003. — 784 с.
9. Ильясова, Н. Ю. Компьютерный анализ изображения кристаллов слезы [Текст] / Н. Ю. Ильясова, А. В. Устинов //

Тезисы доклада на 2-ой международной конференции «Распознавание-95». — Курск, 1995. — С. 248–250.

10. Ченцова, О. Б. Кристаллографический метод обследования при некоторых заболеваниях глаз [Текст] / О. Б. Ченцова, Г. Л. Прокофьева — М.: Методические рекомендации, 1998. — 153 с.
11. Дворянова, Т. П. Компьютерная система анализа диагностических кристаллограмм [Текст] / Т. П. Дворянова, Н. Ю. Ильясова, А. В. Устинова // Компьютерная оптика. — 1996. — Вып. 16. — С. 90–96.
12. Giumov, N. I. The Fast Algorithm of Image Approximation in a Sliding Window [Text] / N. I. Giumov, N. I. Krainukov, V. V. Sergeev, A. G. Khramov // Pattern Recognition and Image Analysis. — 1991. — № 4. — P. 424–426.
13. Fisher, R. Dictionary of Computer Vision and Image Processing [Text] / R. Fisher, K. Dawson-Howe, A. Fitzgibbon, C. Robertson, E. Trucco. — John Wiley, 2010. — 521 p.
14. Glumov, N. I. Pattern Recognition and Image Analysis [Text] / N. I. Glumov, N. I. Krainkov, V. V. Sergeev, A. G. Khramov. — 1991. — 424 p.
15. Крылов, В. Н. Автоматизированная система распознавания [Текст] / В. Н. Крылов, М. В. Максимов, В. О. Давыдов // Искусственный интеллект. — 2002. — № 4. — С. 462–469.
16. Антошук, С. Г. Гибридная линейно-ранговая фильтрация сигналов и изображений [Текст] / С. Г. Антошук, В. Н. Крылов, В. О. Давыдов // Труды Одесского политехнического университета. — 2000. — Вып. 3(12). — С. 140–142.
17. Крылов, В. Н. Ранговая обработка двумерных изображений в пространстве оценок и решений [Текст] / В. Н. Крылов, С. Г. Антошук, А. А. Бодалевский // Труды Одесского политехнического университета. — 1998. — Вып. 1(5). — С. 105–108.
18. Кузьо, І. В. Застосування графів при дослідженні функціонування транспортних засобів з пружно зв'язаними елементами [Текст] / І. В. Кузьо, Р. В. Зінько, І. С. Лозовий // Науковий вісник НЛТУ. — 2010. — Вип. 20.12. — С. 111–116.
19. Ильясова, Н. Ю. Численные методы и алгоритмы построения полей направленных квазипериодических структур [Текст] / Н. Ю. Ильясова, А. В. Устинов, А. Г. Храмов // Компьютерная оптика. — 1998. — Вып. 18. — С. 150–165.
20. Soifer, V. A. The Method of the Directional Field in the Interpretation and Recognition of Images with Structure Redundancy [Text] / V. A. Soifer, V. V. Kotlyar, S. N. Khonina, A. G. Khramov // Pattern Recognition and Image Analysis. — 1996. — № 4. — P. 710–724.
21. Ильясова, Н. Ю. Методы анализа дактилоскопических изображений на основе поля направленных [Текст] / Н. Ю. Ильясова, А. В. Устинов, А. Г. Храмов // Научное приборостроение. — Санкт-Петербург, 1993. — С. 89–101.
22. Hozman, J. Automatic computer evaluation of blood serum crystallograms [Text] / J. Hozman, R. Kubinec, J. Tmka, J. Varenka. — Praha: Publishing House of the Czech Technical University, 1995. — P. 424–426.
23. Ильясова, Н. Ю. Метод поля направленных в анализе и интерпретации диагностических изображений [Текст] / Н. Ю. Ильясова, А. Г. Храмов. — Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. — 160 с.
24. Устинов, А. В. Компьютерная оптика [Текст] / А. В. Устинов. — 1999. — 156 с.
25. Становський, П. А. Кодирование и поиск подвижных и неподвижных изображений в хранилищах данных [Текст] / П. А. Становський // Електромашинобудування та електрообладнання. Тематичний випуск «Комп'ютерні системи та мережі». — 2009. — Вип. 72. — С. 231–234.
26. Востров, Г. М. До питання про фрактальне кодування відео потоків [Текст] / Г. М. Востров, Т. А. Абу Айаш, П. О. Становський // Наукові нотатки. — 2005. — Вип. 17. — С. 41–48.
27. Горобець, С. М. Основи комп'ютерної графіки [Текст] / С. М. Горобець — К.: Центр навчальної літератури, 2006. — 232 с.

РАСПОЗНАВАНИЕ СОСТОЯНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ТРЕХМЕРНОГО ПОЛЯ НАПРАВЛЕНИЙ

Показано, что особенности зрительного отображения беспроводных компьютерных сетей с частично недоступными мони-

торингу в эксплуатации элементами не позволяют использовать для распознавания их состояния известные интеллектуальные методы обработки неподвижных изображений. Разработан и внедрен метод такого распознавания с помощью трехмерного поля направлений. Приведен пример использования этого подхода в реальной практике Вооруженных Сил Украины.

Ключевые слова: беспроводная компьютерная сеть, распознавание состояния, зрительный образ, трехмерное поле направлений.

Нестеренко Сергій Анатолійович, доктор технічних наук, професор, кафедра комп'ютерних інтелектуальних систем і мереж, Одеський національний політехнічний університет, Україна, e-mail: san@opu.ua.

Становський Андрій Олександрович, кафедра комп'ютерних інтелектуальних систем і мереж, Одеський національний політехнічний університет, Україна.

Оборотова Олена Олександрівна, кафедра нафтогазового та хімічного машинобудування, Одеський національний політехнічний університет, Україна.

Нестеренко Сергій Анатолійович, доктор технічних наук, професор, кафедра комп'ютерних інтелектуальних систем і мереж, Одеський національний політехнічний університет, Україна.

Становський Андрій Олександрович, кафедра комп'ютерних інтелектуальних систем і мереж, Одеський національний політехнічний університет, Україна.

Оборотова Елена Александровна, кафедра нефтегазового и химического машиностроения, Одесский национальный политехнический университет, Украина.

Nesterenko Sergiy, Odessa National Polytechnic University, Ukraine, e-mail: san@opu.ua.

Stanovskiy Andriy, Odessa National Polytechnic University, Ukraine.

Oborotova Olena, Odessa National Polytechnic University, Ukraine

УДК 616.07+004.78:025.4.036

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.56812

**Высоцкая Е. В.,
Порван А. П.,
Улескина Н. А.,
Чепая Тапа Оливер**

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕЛОВЕКА

Работа посвящена разработке информационной системы, позволяющей автоматизировать процессы обработки и анализа результатов клинико-лабораторных исследований, с дальнейшим сохранением всех полученных результатов в разработанной реляционной базе данных. В системе реализована функция упорядочения ведения различных контрольных процедур и составления отчетности по ним. Использование предлагаемой системы позволит повысить качество работы лабораторий и предоставляемых медицинских услуг населению.

Ключевые слова: информационная система, контроль качества, база данных.

1. Введение

Лабораторная диагностика является одной из составляющих современной медицины и результаты ее проведения позволяют правильно поставить диагноз и оценить эффективность лечебно-профилактических мероприятий. По данным Всемирной организации здравоохранения 80 % от общего числа различных типов медицинских исследований, проводимых во всех лечебных учреждениях мира, приходится именно на клинико-лабораторные. В свою очередь, забота о здоровье людей — это, прежде всего, забота о качестве предоставляемых медицинских услуг. Понимание этого вопроса привело к тому, что в последние годы в большинстве стран вопросам повышения качества проведения клинико-лабораторных исследований стали придавать особое значение [1]. Как показывает опыт современных клиницистов, основное количество неудовлетворительных результатов клинико-лабораторных исследований связано с возникновением различных типов ошибок при их анализе. При этом случайные и систематические ошибки снижают достоверность конечного результата и, соответственно, уменьшают вероятность определения правильного диагноза, что в свою очередь может привести к назначению неадекватной терапии.

На сегодняшний день работа большинства ответственных клинико-диагностических лабораторий сталкивается с определенными трудностями, связанными с рутинным выполнением однообразных действий, связанными с пациентом. И в первую очередь это работа с документацией в бумажном виде как при первичном заполнении, так и при повторном поиске необходимой информации.

Также всем лаборантам необходимо формализованное предписание выполняемых работ или рабочий лист, который содержит сведения о типе исследования и виде анализа, которому подлежит отобранная проба каждого пациента. При этом ежедневно поступающие лаборанту рабочие листы должны быть отобраны и сгруппированы по заданному критерию [2, 3].

Для решения этих проблем и улучшения качества работы медицинских учреждений создаются специализированные информационные системы, использующие развитый математический аппарат, современные информационные технологии и вычислительную технику. Такие информационные системы позволяют автоматизировать и ускорить документооборот, осуществлять контроль качества лабораторных исследований. Соответственно, использование специализированных лабораторных