



Рис. 5. Схема розпізнавання зображення за інформаційними ознаками

Алгоритм розпізнавання  $A_R$  за описом вхідного об'єкта (вектор ознак  $X$ ) та таблицею навчання  $T$  визначає клас, до якого цей об'єкт належить ( $K_l = A_R(X, T)$ ).

### Висновки

В роботі запропоновано підхід до вибору опорних точок та алгоритми розпізнавання, які є інваріантними до послідовно-паралельного переносу та повороту зображення долоні, що є важливим чинником в системах ідентифікації особи.

1. Журавлев Ю.И. Алгебраический подход к задачам распознавания / Проблемы кибернетики. – 1978. – № 33. – С.5–68. 2. Журавлев Ю.И., Никифоров В.В. Алгоритмы распознавания, основанные на вычислении оценок / Кибернетика. – 1976. – № 3. – С.1–11. 3. Myhajlo Lobur, Raed Sahawneh, Ahmad Al Khateb. Information Features of Palms Images Used for Palm's Recognition. Proceedings of the International conference TCSET'2004. – Lviv-Slavsko, 2004. – P. 251–251.

УДК 621.37/39.001; 621.397.133

Володимир Шклярський

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра радіоелектронних пристроїв та систем

## ВИБІР РЕЖИМУ СКАНУВАННЯ В ТЕЛЕВІЗІЙНО-ОПТИЧНОМУ ВІДБИВНОМУ МІКРОСКОПІ

© Шклярський Володимир, 2004

**Розглянуто режими сканування поверхні мікрооб'єкта за допомогою телевізійно-оптичного відбивного мікроскопа з метою вибору доцільного режиму з точки зору виявлення рельєфності поверхні.**

**Modes of scanning of micro object relief by television-optical reflective microscope with the aim of reasonable mode choice with point visual show relief surface are considered in the paper.**

Принцип роботи телевізійно-оптичного відбивного мікроскопа полягає в скануванні досліджуваного мікрооб'єкта світловим зондом, перетворенні інтенсивності світла, відбитого від досліджуваного мікрооб'єкта в електричний сигнал, обробці цього сигналу та відображенні поверхні мікрооб'єкта на екрані телевізійного монітора [1]. Як джерело світла, в такому мікроскопі використовується електронно-променева трубка високої роздільної здатності. На екрані такої трубки за допомогою електронної розгортки формується світний растр, чим забезпечується поелементне сканування досліджуваного мікрооб'єкта світловим зондом постійної інтенсивності [2]. Відбите від досліджуваного мікрооб'єкта світло спрямовується на два фотоелектронні помножувачі, розташовані під кутом до падаючого світла. Сформовані на виходах фотоелектронних помножувачів

електричні сигнали пропорційні до інтенсивності світла, відбитого від досліджуваного мікрооб'єкта. Ці сигнали перетворюються в повний телевізійний сигнал, який використовується для відтворення зображення мікрооб'єкта на екрані телевізійного монітора або для введення в персональний комп'ютер. Почергове відтворення на екрані телевізійного монітора зображення поверхні мікрооб'єкта дає змогу досліднику за наявності відповідних пристроїв, наприклад стереоокулярів, робити висновки про рельєфність його поверхні. Одним з основних чинників, який впливає на якість відтворюваного зображення рельєфу поверхні досліджуваного мікрооб'єкта, є режим його сканування.

В скануючому телевізійно-оптичному відбивному мікроскопі можливими є такі режими сканування поверхні досліджуваного мікрооб'єкта:

- безперервного сканування в стандартному телевізійному режимі;
- безперервного сканування в малокадровому режимі (кількість рядків сканування в одному кадрі, порівняно з телевізійним режимом, залишається такою самою, а швидкість сканування є істотно меншою);
- крокового сканування при використанні імпульсного підсвічування світної плями на екрані скануючої електронно-променевої трубки.

Крім того, необхідно зазначити, що з метою збільшення вибраного дослідником фрагмента досліджуваного мікрооб'єкта аналоговим способом в мікроскопі передбачено зменшення розмірів світного растра на екрані скануючої електронно-променевої з відповідним переміщенням його в необхідну точку екрана. Такий режим уможливує відтворити на екрані телевізійного монітора будь-який фрагмент досліджуваного мікрооб'єкта в збільшеному масштабі без використання додаткових пристроїв регулювання розмірів.

Серед основних параметрів мікроскопа, які необхідно врахувати при виборі режиму сканування, є розміри скануючого растра на сканованому об'єкті, роздільна здатність телевізійного монітора або монітора персонального комп'ютера, чіткість, яскравість та контрастність відтворюваного зображення поверхні мікрооб'єкта [3].

Розміри скануючого растра на досліджуваному мікрооб'єкті визначаються розмірами растра на екрані скануючої електронно-променевої трубки, конструктивними параметрами оптичного каналу, розмірами зображення на екрані монітора та необхідним коефіцієнтом збільшення мікроскопа.

Вибираючи тип скануючої електронно-променевої трубки потрібно врахувати, щоб її роздільна здатність не погіршувала необхідної роздільної здатності мікроскопа в цілому, тобто повинна виконуватись умова

$$D_{\text{ЕПТ}} \leq D_{\text{М}} / q \cdot q_1, \quad (1)$$

де  $D_{\text{ЕПТ}}$  – діаметр світної плями скануючої трубки;  $D_{\text{М}}$  – діаметр світної плями кінескопа використовуваного монітора;  $q$  – лінійне збільшення мікроскопа, тобто відношення ширини растра зображення на екрані монітора до ширини растра на екрані скануючої трубки;  $q_1$  – коефіцієнт зменшення скануючого растра на екрані скануючої трубки і відповідно на сканованому мікрооб'єкті (зменшення розмірів растра скануючої трубки уможливує пропорційно збільшувати загальний коефіцієнт збільшення мікроскопа).

Як відомо, чіткість відтворюваного зображення на екрані телевізійного монітора визначається шириною смуги пропускання сигнального тракту каналу формування відеосигналу зображення та роздільною здатністю кінескопа телевізійного монітора. Якщо відома роздільна здатність використовуваного монітора, то необхідну верхню частоту сигнального тракту  $F_{\text{СМАКС}}$  можна визначити відповідно до виразу [3]

$$F_{\text{СМАКС}} = \frac{k \cdot z^2 \cdot n_{\text{К}}}{2} \approx 0,66 \cdot z^2 \cdot n_{\text{К}}, \quad (2)$$

де  $k$  – відношення розмірів горизонтальної до вертикальної сторін растра;  $z$  – кількість рядків, які формують зображення;  $n_{\text{К}}$  – кількість кадрів зображення за одну секунду.

З іншого боку, на верхню частоту сигнального тракту впливають попередній підсилювач сигналу фотоелектронного помножувача, формувач повного відеосигналу та відеопідсилювач телевізійного монітора, а також роздільна здатність використовуваного монітора, роздільна здатність скануючої електронно-променевої трубки та роздільна здатність оптичної системи. Еквівалентні

верхні частоти впливу останніх трьох чинників на верхню частоту сигнального тракту можуть бути визначені відповідно до таких виразів:

$$F_{1\text{МАКС}} = 0,5 \frac{b_M}{D_M \cdot T_P}, \quad (3)$$

де  $F_{1\text{МАКС}}$  – максимальна частота, яка обмежується роздільною здатністю кінескопа телевізійного монітора;  $b_M$  – ширина екрана телевізійного монітора;  $T_P$  – тривалість прямого ходу рядкової розгортки;  $D_M$  – діаметр світної плями кінескопа телевізійного монітора;

$$F_{2\text{МАКС}} = 0,5 \cdot \frac{b_{\text{ЕПТ}}}{D_{\text{ЕПТ}} \cdot T_P \cdot q_1}, \quad (4)$$

де  $F_{2\text{МАКС}}$  – максимальна частота, яка обмежується роздільною здатністю скануючої трубки;  $D_{\text{ЕПТ}}$  – діаметр світної плями скануючої трубки;  $b_{\text{ЕПТ}}$  – максимальна ширина растра на екрані скануючої трубки;

$$F_{3\text{МАКС}} = 0,5 \cdot \frac{b_{\text{ЕПТ}}}{r \cdot T_P \cdot q_1} q_0, \quad (5)$$

де  $F_{3\text{МАКС}}$  – максимальна частота, яка обмежується параметрами оптичної системи;  $r$  – мінімальний розмір плями, який може забезпечити об'єктив;  $q_0$  – коефіцієнт збільшення оптичного каналу. За відомих  $F_{1\text{МАКС}}$ ,  $F_{2\text{МАКС}}$  та  $F_{3\text{МАКС}}$  частота  $F_{\text{СМАКС}}$ , яка визначатиме чіткість зображення на екрані телевізійного монітора, відповідно до [6] становитиме

$$F_{\text{СМАКС}} = \sqrt{\frac{F_{1\text{МАКС}}^2 \cdot F_{2\text{МАКС}}^2 + F_{1\text{МАКС}}^2 \cdot F_{3\text{МАКС}}^2 + F_{2\text{МАКС}}^2 \cdot F_{3\text{МАКС}}^2}{F_{1\text{МАКС}}^2 + F_{2\text{МАКС}}^2 + F_{3\text{МАКС}}^2}}. \quad (6)$$

Розрахована відповідно до (6) верхня частота сигнального тракту  $F_{\text{СМАКС}}$  повинна бути не меншою від верхньої частоти сигнального тракту, визначеної відповідно до (2). Якщо ця умова не виконується, то чіткість формованого зображення досліджуваного об'єкта є гіршою від досяжної, яка визначається роздільною здатністю використовуваного монітора. За використання телевізійного монітора і сканування досліджуваного мікрооб'єкта в стандартному телевізійному режимі, в якому зображення формується 500 рядками ( $z = 500$ ), відношення розмірів горизонтальної до вертикальної сторін растра  $k = 4 : 3 = 1,33$ , а частота кадрової розгортки  $n_K = 50$  Гц, верхня частота сигнального тракту  $F_{\text{СМАКС}}$  відповідно до (2) повинна бути не меншою, ніж 8,5 МГц.

Яскравість зображення досліджуваного мікрооб'єкта на екрані телевізійного монітора насамперед визначається яскравістю свічення скануючої трубки, а контраст цього зображення характеризується відношенням величини максимальної яскравості ділянки зображення до величини мінімальної яскравості ділянки зображення [4]. Водночас зображення оцінюється як добре, якщо його контраст не менший, ніж 30. Розрахунок відповідно до [2] мінімально необхідної яскравості скануючої трубки для забезпечення контрасту, дорівнює 30, з урахуванням власних шумів фотоелектронного помножувача, показує, що вона повинна бути не меншою за 270000 кД/м<sup>2</sup>. Реальна максимальна яскравість трубок високої роздільної здатності із спеціальними екранами не перевищує 20000 кД/м<sup>2</sup> [5], що дає змогу забезпечити максимальний контраст зображення досліджуваного мікрооб'єкта не більше ніж 3. Враховуючи також велику зашумленість досліджуваного зображення за малого контрасту зображення досліджуваного мікрооб'єкта використовувати для сканування стандартний телевізійний режим є недоцільно.

За застосування для сканування досліджуваного мікрооб'єкта малокадрового режиму з частотою кадрової розгортки  $n_K = 1$  Гц, верхня частота сигнального тракту зменшується до 170 кГц. Розрахунки відповідно до [2] показують, що за максимально можливої яскравості свічення скануючої трубки для такого режиму можна отримати контраст зображення близько 20. З використанням додаткових фільтрів для зменшення зашумленості зображення досліджуваного мікрооб'єкта цього може бути достатньо для отримання якісного зображення. Недолік цього методу полягає в необхідності використання спеціального блока пам'яті для запису інформації з низькою швидкістю, яка відповідає малій швидкості сканування досліджуваного мікрооб'єкта, і зчитування з великою швидкістю, яка відповідає швидкості роботи використовуваного телевізійного монітора.

Застосування крокового сканування за використання імпульсного підсвічування світної плями на екрані скануючої електронно-променевої трубки дає змогу підвищити яскравість свідчення скануючого елемента за рахунок того, що імпульс підсвічення підвищеної амплітуди подається в момент, коли світна пляма знаходиться в нерухомому положенні. Крім того, вибір затримки початку імпульсу підсвічення усуває вплив післясвічення використовуваної скануючої трубки на формування сигналу від подальших сусідніх елементів, що підвищує чіткість формованого зображення досліджуваного мікрооб'єкта. Гнучке керування кількістю елементів скануючого растра та кроком сканування уможливорює формувати зображення досліджуваного мікрооб'єкта з максимальною роздільною здатністю, яка визначається мінімальним розміром скануючого елемента. Якщо скануючий растр складається з 500 x 500 елементів, то за тривалості імпульсу підсвічення 8 мкс та тривалості затримки початку імпульсу підсвічення 2 мкс тривалість сканування одного кадру без урахування часу на зворотні ходи по кадру та рядку становить 2,5 с. За тривалості фронту імпульсу підсвічення 2 мкс верхня частота сигнального тракту смуга пропускання сигнального тракту повинна бути не меншою, ніж 175 кГц, тобто співрозмірною з відповідною частотою в малокадровому режимі сканування. Недолік цього методу полягає в ускладненні формування скануючого растра та збільшенні тривалості сканування одного кадру порівняно, навіть, з малокадровим режимом.

За способом формування можливі такі варіанти формування скануючого растра: черезрядковий, рядковий та зворотно-поступальний.

Проведені дослідження показали, що черезрядковий спосіб формування скануючого растра найбільш доцільно використовувати при застосуванні телевізійного монітора, який працює в стандартному телевізійному режимі, рядковий – при застосуванні телевізійного монітора, в якому передбачено рядковий режим відображення інформації. Зворотно-поступальний спосіб формування скануючого растра забезпечує економію часу за рахунок зворотних ходів по рядку та кадру, тому його найбільш доцільно використовувати при кроковому скануванні з застосуванням буферного блока пам'яті. Водночас організація запису інформації в буферний блок пам'яті повинна бути зроблена в такий спосіб, щоб зчитування здійснювалось в стандартному телевізійному режимі.

Проведений аналіз режимів сканування поверхні мікрооб'єкта з метою визначення її рельєфності за допомогою телевізійно-оптичного відбивного мікроскопа показав, що для дослідження рельєфу поверхні мікрооб'єктів з метою отримання високої чіткості його зображення найдоцільніше використовувати малокадровий режим сканування з застосуванням додаткових фільтрів для зменшення зашумленості зображення досліджуваного мікрооб'єкта і проміжного блока пам'яті, сигнал в яку записується зі швидкістю сканування, а зчитується в стандартному телевізійному режимі. Досліджуючи малоконтрастні мікрооб'єкти, доцільніше використовувати крокове сканування з імпульсним підсвічуванням світної плями на екрані скануючої електронно-променевої трубки. Такий режим уможливить підвищити яскравість скануючого елемента, при формуванні відеосигналу після фотоелектронного помножувача використати вузькосмуговий резонансний підсилювач. Це забезпечить збільшення відношення сигнал-шум і відповідно покращить контраст зображення досліджуваного зображення на екрані телевізійного монітора. Застосування персонального комп'ютера в обох рекомендованих режимах дасть змогу збільшити фільтрацію шумів за рахунок накопичення сигналу і покращити якість відтворення зображення рельєфу досліджуваного мікрооб'єкта на екрані монітора.

1. Грицьків З., Педан А. Питання створення кольорового телевізійного скануючого оптичного мікроскопа / Вісник ДУ "Львівська політехніка" "Радіоелектроніка та телекомунікації". – 2000. – № 387. – С. 365–369. 2. Грицьків З., Шклярський В. Визначення яскравості ЕПТ скануючого оптичного мікроскопа з урахуванням шумів / Вісник ДУ "Львівська політехніка" "Радіоелектроніка та телекомунікації". – 2001. – № 428. – С. 54–58. 3. Грицьків З.Д., Туркінов Г.О., Шклярський В.І. Вибір основних параметрів скануючого телевізійного стереомікроскопа / Вісник ДУ "Львівська політехніка" "Радіоелектроніка та телекомунікації". – 2002. – № 443. – С. 150–159. 4. Кривошеєв М.И. Основы телевизионных измерений. – М., 1989. 5. Денисюк В.А., Дорожко Е.В., Дубов Ю.Г., Мартынова В.П., Цыганенко В.В., Щербак Е.М. Растровый оптический микроскоп на основе электронно-лучевой трубки с монокристаллическим экраном / ПТЭ. – 1988. – №3. – С.298–300. 6. Орловский Е.Л., Халфин П.М. и др. Теоретические основы электрической передачи изображений. Т.1. – М., 1962.