

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ПІДГОТОВКИ ІНФОРМАЦІЇ ПРО МАТЕРІАЛ СКЛАДНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ РОЗКРІЙНИХ СХЕМ

*В.І. Чупринка, М.М. Шкоденко, В.П. Коновал*

Київський національний університет технологій і дизайну,  
01011, Київ-11, вул. Немировича-Данченко, 2, тел. (044) 256 8465,  
[Shkodenko\\_m@ipnet.ua](mailto:Shkodenko_m@ipnet.ua)

Розглянуто задачу виділення геометричного контуру об'єктів великого розміру, що мають складну конфігурацію. Ці задачі є актуальними при підготовці вхідної інформації для програм автоматизованої побудови розкрійних схем. Описано методику оцифровки на прикладі натуральної шкіри. Наведено структуру програмного продукту, який її реалізує.

The tasks of selection a geometrical contour of objects that have large size and difficult geometrical form are considered in work. These tasks are actual at preparation of the input information for the programs of the automated construction cutting out patterns. The method of digitizing on the example of leather is described. The structure of software product is presented.

### Вступ

У сучасному виробництві, в таких галузях промисловості як взуттєва, меблева, металообробна, текстильна та інші широке застосування знайшли програмні продукти для автоматизованої побудови розкрійних схем. Разом з тим виникає проблема підготовки інформації про об'єкти розкрою, які мають великі габарити та особливі зони, зокрема ділянки з дефектами. За умови, що нові об'єкти проектуються у вигляді шаблонів, виникає необхідність у засобах виділення геометричного контуру плоских об'єктів і представлення його в необхідному форматі.

Розробка програм такого роду є нетривіальною задачею, що вимагає володіння предметною областю та специфічним математичним апаратом, потребує створення ефективного коду.

У представленій роботі розглядається проблема виділення геометричної інформації необхідної для побудови розкрійної схеми на натуральній шкірі. Дослідження виконується саме для натуральної шкіри, оскільки вона має великі габарити (1,5×2 м), складний зовнішній контур та неоднорідну поверхню, яка зазвичай містить особливі зони (пороки), яких треба уникати при побудові розкрійної схеми.

### Постановка задачі

Мета даної роботи – розробка методів і створення програмних засобів підготовки вхідної інформації для автоматизованого проектування розкрійних схем. Для досягнення мети дослідження необхідно:

- розробити методику отримання зображення об'єкта великого розміру в електронному вигляді;
- реалізувати метод виділення контуру плоского об'єкта й особливих зон на ньому;
- розробити програмне забезпечення для редагування контуру і збереження його у вибраному форматі.

### Технічне забезпечення

Для представлення характеристик шкіри у цифровій формі можливе використання техніки двох типів: для безпосереднього переведення координат точки у цифрову форму – дигитайзери, і для візуалізації всього об'єкта в цілому – сканери. Дигитайзери успішно використовуються для оцифровки макетів деталей, але застосування їх для роботи з контуром значних розмірів виявляється неефективним, окрім того вирішення задачі позначення і оцифрування пороків виявляється громіздким і трудоемним. Оскільки поставлена задача передбачає виконання послідовності операцій для всієї шкіри, то як вхідну цифрову інформацію було використано растрове зображення шкіри. Найбільш точним інструментом для отримання таких зображень для плоских об'єктів є сканери, але виявилось, що доступні моделі здатні обробити матеріал площею понад 1 м<sup>2</sup> і товщиною порядку 5–8 мм мають дуже високу вартість. Окрім того вказані величини для шкіри є середніми, а при їх перевищенні вибраний сканер не може бути застосований.

Тому для отримання зображення було використано цифрову дзеркальну фотокамеру моделі Canon EOS 1000 D, яка має достатні характеристики (роздільна здатність 4500×3400 точок) і прийнятну ціну. Таке рішення зменшило вартість оцифровки, але висунуло додаткові вимоги до попередньої обробки отриманого зображення.

Будь-яка фотокамера має складну оптичну систему, яка завжди приносить викривлення у зображення. Тому було використано об'єктив зі сталою фокусною відстанню, який дає точне зображення при визначеній відстані, крім того такий об'єктив спрощує монтаж і налаштування фотокамери.

## Підготовка зображень

Оскільки контур визначається повністю автоматично, то для вхідного зображення критичним фактором є наявність шумів, які спотворюють межу між фоном і шкірою. Для зменшення їх інтенсивності було використано фотографію, зроблену при мінімальній чутливості матриці фотокамери у чорно-білому режимі. Пороки шкіри визначалися на кольорових фотографіях.

Щоб систематизувати обробку, фотографії були об'єднані у єдиний файл архівного типу. Додатковий інструмент пропонує вибрати послідовно чорно-білу фотографію для визначення контуру і кольорові фотографії лицьової та бахтармяної сторін шкіри для позначення пороків шкіри. У визначеному порядку файлам присвоюються спеціальні імена, і далі файли заносяться в архів формату zip (для архівування використовується компонент з безкоштовної бібліотеки JVCL). Таким чином вся початкова інформація, що належить одній шкірі зберігається в одному файлі.

Вибрана цифрова фотокамера дозволяє зберігати зображення у форматах RAW і JPEG. Формат RAW представляє собою необроблену інформацію з матриці камери, тому він є максимально точним форматом, але громіздким і складним для обробки, тому як формат зображення було обрано JPEG з мінімальним ступенем стиснення.

При використанні формату JPEG в будь-якому випадку відбуваються втрати інформації, що проявляється як розмитість на межі двох різних кольорів, тому перед початком роботи з фотографією до неї було застосовано простий пороговий фільтр. Спосіб його дії полягає у наступному: якщо середнє значення трьох каналів кольору виявлялося менше заданого порогового, то по всім каналам виставлявся нуль (чорний піксель), у протилежному випадку інтенсивності всіх кольорів приймають значення 255 (білий піксель).

## Визначення контуру

Визначення контуру чорної ділянки зображення, яка відповідає шкірі, розбито на два етапи:

- виділення межових пікселів растрового контуру на вхідному зображенні;
- переведення растрового контуру у векторний формат.

Для спрощення побудови векторного контуру до множини граничних пікселів було поставлено наступну вимогу: кожен чорний піксель може контактувати лише з двома чорними пікселями. Тоді можливі конфігурації растрового контуру будуть мати вигляд, представлений на рис. 1.

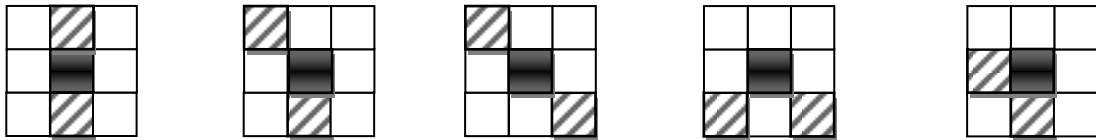


Рис. 1. Можливі конфігурації чорних пікселів у растровому

Для обробки фотографія завантажується в об'єкт BitMap з форматом пікселів pf24bit. Далі відбувається послідовний перегляд пар пікселів у рядках BitMap.ScanLine в певному порядку. У випадку, коли два пікселі мають однаковий колір, обоє позначаються як білі. У випадку, коли один білий а другий чорний, то значення білого залишається без змін, а чорний відмічається (задається третій колір, у даному випадку червоний). Для того щоб виявити всі пари білий-чорний, необхідно переглянути матрицю пікселів за рядками та стовпчиками в прямому й зворотному напрямках.

Додатково виконується видалення окремих ліній товщиною в один піксель – якщо для пари білий-чорний наступний піксель за чорним не чорний, то чорний піксель позначається як білий. Така операція виконується при прямому горизонтальному проході та при зворотному вертикальному.

На заключному етапі для прискорення роботи алгоритму формування векторного контуру та економії оперативної пам'яті отримана растрова матриця відображається на булеву матрицю такої ж розмірності. При цьому білому пікселю відповідає значення false, а чорному – true. Функціональну схему алгоритма наведено на рис. 2.

Отриманий набір даних – це невпорядкований двовимірний масив, індекси елементів якого відповідають координатам пікселів, а значення елементів є ознакою належності відповідного пікселя до контуру. Наступна задача полягає у виділенні елементів контуру у вигляді впорядкованої послідовності координат точок в якій перший елемент збігається з останнім, а кожна пара елементів задає відрізок – вектор.

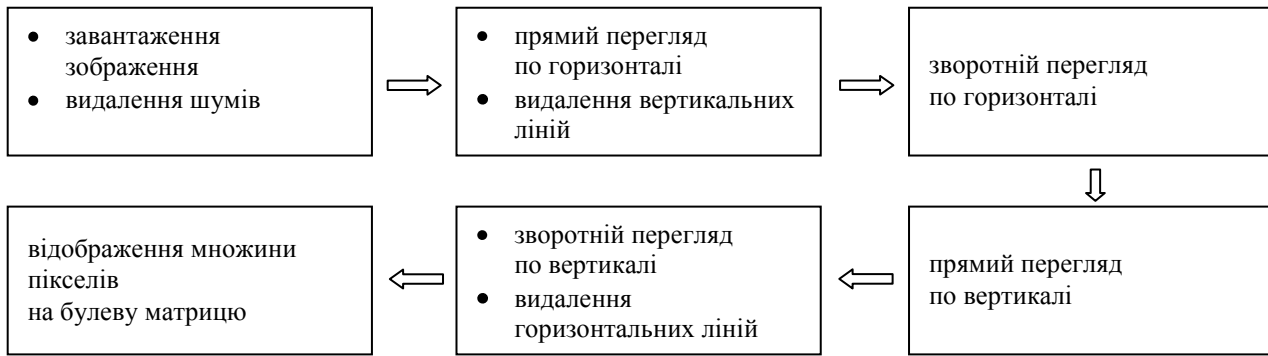


Рис. 2. Функціональна схема процедури виділення растрового контуру

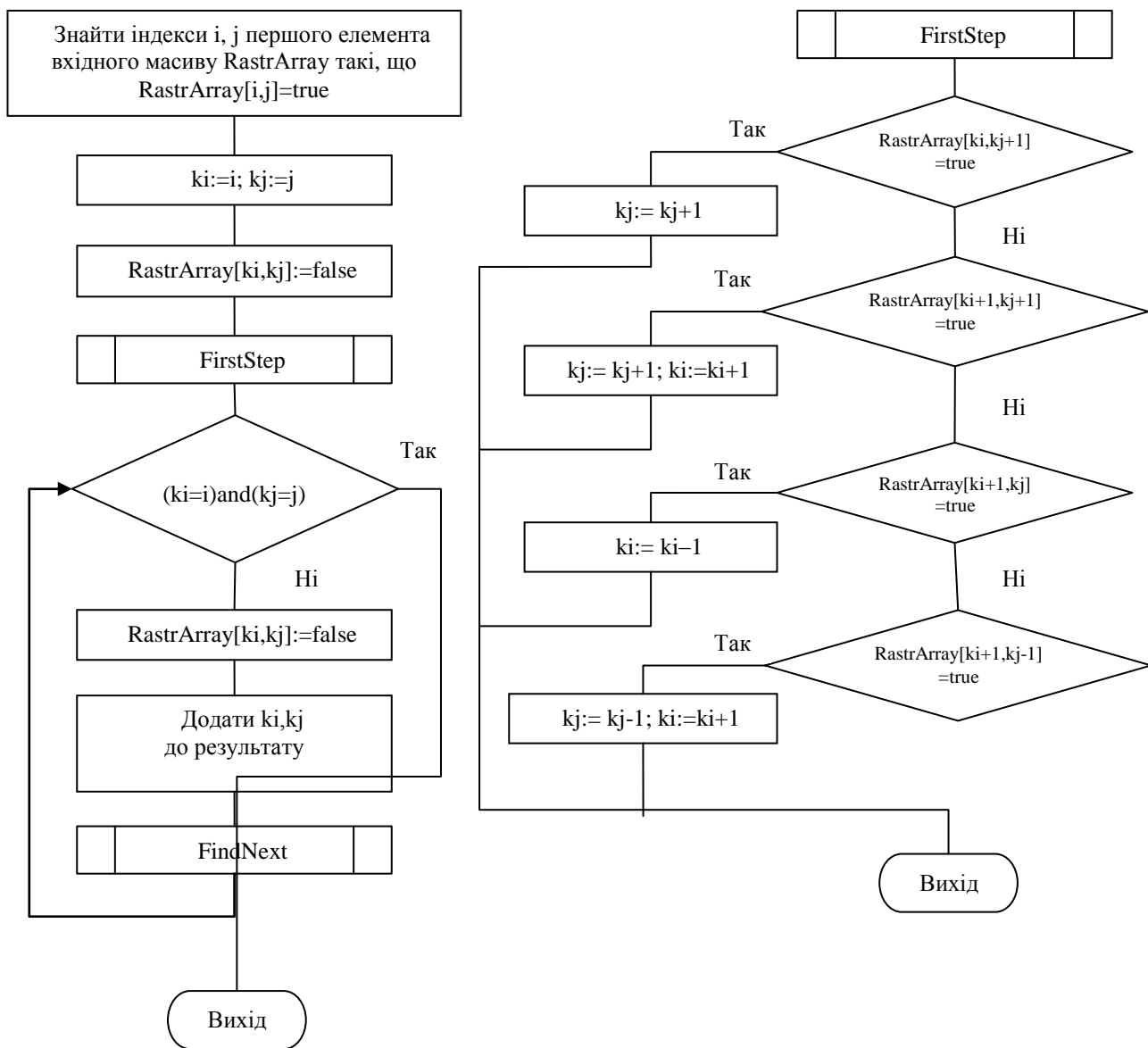


Рис. 3. Функціональна схема формування векторного контуру

## Переведення растрового контура у векторний формат

Перетворення растрового контура у векторний формат виконується шляхом послідовного пошуку суміжних чорних пікселів і збереження координат точок растрового контуру в одновимірному масиві. Функціональна схема формування векторного контура наведена на рис. 3. При перетворенні растрового контура вважається, що кожен піксель є вершиною ребра многокутника. Оскільки кожен позначений піксель в матриці має лише двох сусідів, то процедура пошуку буде йти у певному напрямку, заданому початковими умовами. На кожному кроці буде знаходитися тільки один новий піксель і всі пікселі будуть проаналізовані, ситуація, коли наступний піксель виявиться вже проаналізованим є ознакою зупинки алгоритму.

Спочатку визначаються координати стартової точки контуру – перший елемент true масиву при перегляді зліва-направо і зверху-вниз. Стартова точка фіксується окремо і заноситься в результуючий масив координат. Індеси елементу  $i$  та  $j$  встановлюються як поточні робочі  $ki$ ,  $kj$ . Оскільки стартова точка займає особливе положення, то для неї виконується окрема процедура пошуку найближчого сусіда – пошук ведеться тільки справа і вниз від стартової точки, таким чином задається подальший напрям пошуку. Після додавання до результату елемент вхідного булевого масиву тимчасово позначається false.

Наступний пошук ведеться у нескінченному циклі, умовою зупинки якого є рівність координат поточної точки і стартової. На третій ітерації циклу елемент вхідного масиву, що відповідає стартовій точці, знову приймає значення true. Елементи вхідного масиву, що мають значення false не приймають участі в процедурі відбору. Далі шукається кількість сусідів поточного елемента вхідного масиву по горизонталі й по вертикалі. Знайдені значення присвоюються змінним  $n1$ ,  $n2$ . Якщо тільки одна з цих змінних дорівнює 1, то поточні індеси елемента  $ki$ ,  $kj$  вхідного масиву заносяться до результуючого масиву й ведеться пошук наступного елемента true, при цьому поточному елементу присвоюється значення false. При пошуку найближчих сусідніх пікселів спочатку перевіряється наявність сусідів по прямих лініях, якщо пошук невдалий – по діагональних.

Наприклад, для растрового зображення розміром  $770 \times 790$  точок, виділяється контур, що містить 2987 вершин за 3000 ітерацій головного циклу.

## Редагування контуру

Результатом роботи алгоритму представлення контуру у векторному вигляді є одновимірний масив з елементами типу TPoint, в яких зберігаються координати вершин многокутника, що апроксимує контур шкіри (деталі), записані в системі координат фотографії. Такий формат дозволяє просто накласти векторний контур на початкове зображення і за необхідності провести ручне коригування контуру. Для кусково-лінійної апроксимації, яка використовується у представленій роботі, існує детально розроблений математичний апарат, що дозволяє ефективно маніпулювати точками контуру [1]. Є можливість переміщення, видалення та додавання точок. Окремо слід відзначити процедуру стиснення векторного контуру [2]. Після приведення координат вершин до дійсних розмірів може виявитись, що отримана точність є надмірною при оптимальному значенні похибки для роботи з натуральною шкірою на 0,5 мм. У такому випадку для спрощення подальших обчислень можна використати вищезазвану процедуру, що видалає точки, величина взаємного розміщення яких лежить у межах зазначеної похибки.

Для практичного використання отримані дані необхідно привести до реальних координат. При дотриманні сталих показників зйомки ці дії можна виконати в автоматичному режимі. Відстань від основи до матриці фотокамери, реальні розміри фотографії й кількість пікселів по вертикалі та горизонталі – сталі величини. Межі зафарбованої на фотографії області, яка відповідає шкірі, визначаються програмою автоматично. Коефіцієнт співвідношення екранних і реальних координат буде дорівнювати відношенню габаритів об'єкта, що фотографується, до його розмірів на зображенні. Тут можливі два випадки. Якщо камера стаціонарно розміщена щодо основи, то коефіцієнт буде сталим і дорівнюватиме відношенню габаритних вимірів площі, яка попадає в кадр, до роздільної здатності камери. Якщо ж відстань нефіксована та відомі розміри шкіри, то коефіцієнт дорівнюватиме відношенню розмірів шкіри до розмірів векторного контура отриманого з фотографії цієї шкіри.

## Позначення пороків

При створенні розкрійної схеми для натуральної шкіри обов'язково мають враховуватись наявні пороки. Для програм автоматизованого формування розкрійних схем ця задача зводиться до визначення в межах контуру шкіри особливих ділянок, на яких не можна розміщувати деталі. За великої різноманітності видів пороків і неможливості визначення деяких з них тільки візуальним шляхом, позначення й уточнення пороків виконується оператором інтерактивно з використанням запропонованих інструментів. Пороки, які візуально не ідентифікуються, попередньо відмічаються маркером на поверхні шкіри, а також позначаються з двох сторін, причому бахтармяна сторона автоматично дзеркально відображається, щоб забезпечити правильну орієнтацію відмічених ділянок на основному контурі. Більшої точності позначення можна досягти використавши масштабування завантаженого зображення. Процес позначення пороків полягає в обведенні меж вад вказівником мишки на відповідній фотографії лицьової чи бахтармяної (зворотної) сторони. Контур пороку зберігається в тому ж форматі, що основний контур шкіри. Після створення його можна редагувати за допомогою подібних інструментів для роботи з точками – зміна положення, видалення та додавання точки. Також до збереженого контуру можна застосувати процедуру стиснення. Усім позначеним порокам

автоматично присвоюється ім'я на основі порядкового номера, а при необхідності його можна змінити на більш інформативне.

### Формат вихідних файлів

Отримана інформація зберігається у файлі, формат якого базується на форматі DGT. Далі наведено структуру файлу в вигляді переліку інформаційних блоків:

- текстовий ідентифікатор шкіри;
- ознака наявності контуру шкіри;
- кількість деталей – завжди нуль;
- кількість пороків;
- назви пороків;
- кількості вершин контурів пороків;
- координати вершин контурів пороків;
- кількість вершин контуру шкіри;
- координати вершин контуру шкіри;
- координати полюсу – розміщення пороку на шкірі;

Окрім цього, реалізована можливість збереження геометричної інформації про контури у файлі формату DXF, який є стандартом у галузі систем автоматизованого проектування та підтримується розкрийним обладнанням. Для потреб даної роботи було використано тільки необхідні можливості формату DXF. Спрощена структура файлу в даному форматі наведена в [3]. Контури представлені як множина об'єктів POLYLINE.

### Висновок

Запропонований спосіб отримання зображення об'єкта великого розміру за допомогою цифрової камери.

Наведено алгоритм автоматичного виділення геометричного контуру об'єкта на основі формування растрового контуру з послідовним його переведенням у векторний формат за рахунок аналізу кольору та взаємного розміщення пікселів.

На основі наведених методів розроблено програмне забезпечення, розглянуто методику створення файла, що описує натуральну шкіру.

Програмне забезпечення може бути використане в тих галузях промисловості, де необхідно отримати векторний контур плоского геометричного об'єкта, що має великі габарити.

1. Чупринка В.І., Колиско О.З. Алгоритм підготовки інформації для побудови розкрийних схем рулонних матеріалів на деталі взуття та шкіргалантерейних виробів // Вісник КНУТД. – 2005. – № 3. – С. 19–24.
2. Чупринка В.І., Чебанюк О.В. Алгоритм автоматичної підготовки вихідної інформації для побудови раціональних схем розкрою // Вісник КНУТД. – 2006. – № 6. – С. 18–22.
3. Чупринка В.І., Хоменко О.О., Шкоденко М.М. Підготовка вхідної інформації про схеми суміщення деталей взуття для автоматизованого розкрою // Вісник КНУТД. – 2009. – № 2. – С. 22–28.