

## ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРАВЛІЧНИХ МАШИН

Перекрест А.Л., к.т.н., Роцупкіна Г.О., магістр

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна

E-mail: pks@kdu.edu.ua

Розглянутий підхід для отримання масивів значень характеристик гідравлічних машин за їх графічним зображенням із використанням методів виділення контурів.

**Ключові слова:** характеристики гідромашин, обробка зображень, регресійний аналіз.

**Вступ.** Постановка задачі ідентифікації гідравлічних машин (ГМ) пов'язана зі створенням їх математичних моделей. Існує декілька способів ідентифікації. У загальному вигляді ідентифікація припускає знаходження оператора об'єкта керування (ОК), що відтворює перетворення входних сигналів у вихідні [1]. У зв'язку з цим виділяють задачі структурної й параметричної ідентифікації. При структурній ідентифікації визначають вид математичної моделі об'єкта. Після того, як математична модель об'єкта визначена, проводять параметричну ідентифікацію, що полягає у визначенні числових параметрів моделі. Головною задачею ідентифікації ГМ є визначення адекватного математичного опису, що ускладнюється наявністю декількох керуючих впливів на ОК [2].

Гідромашини характеризуються за допомогою універсальних та робочих характеристик. Універсальні характеристики ілюструють залежність чотирьох і більше параметрів (рис. 1) [2].

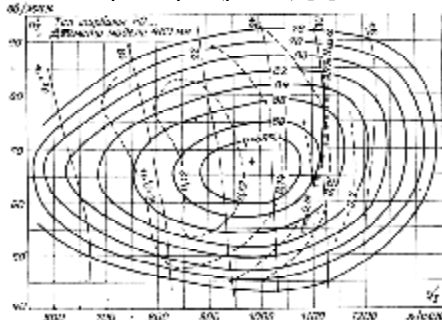


Рисунок 1 – Універсальна характеристика модельної радіально – осьової турбіни  $D_{гг} = 0,46$  м,  $N_{гг} = 4$  м

Цей вид характеристик дає змогу повністю описати властивості гідротурбіни, дозволяє визначати всі необхідні параметри (напір, подачу, потужність, ККД) і побудувати робочі характеристики натурної гідротурбіни при постійних трьох параметрах (рис. 2).

Отримання характеристик натурних турбін полягає у формуванні масивів значень з універсальної характеристики, їх подальшому перерахунку та графічній побудові. Універсальні характеристики подаються у вигляді зображень, тому доцільним є використання методів обробки графічної інформації, що дає можливість автоматизувати процес створення масивів даних графічних характеристик. Це значно спрощує процес переходу й дозволяє використовувати результати в подальших дослідженнях, а саме для отримання математичного опису залежності

ГМ.

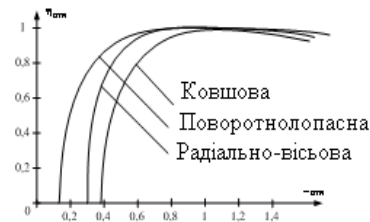


Рисунок 2 – Відносна напірна характеристика гідротурбіни

**Аналіз попередніх досліджень.** На даний час існують і використовуються різноманітні програми для векторизації зображення: EasyTrace, AlgalabRaster, MapEdit, Vectory, R2V та інші. Функціональність існуючих програм-векторизаторів – це обробка растрового зображення спільно з нанесенням векторної інформації в ручному режимі, а також можливість напівавтоматичного трасування контурів і ліній об'єктів. Деякі програми-векторизатори мають можливість розпізнати певний клас об'єктів (наприклад, точкові умовні знаки) автоматично, без участі користувача.

Розроблені алгоритми для проведення процедури векторизації, наприклад, алгоритми векторизації кольорових растрових зображень на основі триангуляції, запропоновані у вигляді модулю, що підключається до програми ілюстративної графіки AdobeIllustrator [3].

Використання перелічених програмних продуктів можливе лише як проміжна ланка, оскільки обробка вже результату векторизації не проводиться, що призводить до необхідності використання інших програмних засобів для отримання числових значень зображення.

Обробка зображень виконується також за допомогою програмних засобів комп'ютерної математики, наприклад, MATLAB, Mathcad, Maple, Mathematica, LabView та ін. Для цього в них використовуються як базові засоби, так і пакети розширення Image Processing [4].

Вбудовані пакети розширення мають більш загальні функції, але дозволяють не лише запрограмувати процес розпізнавання зображення, а й провести його обробку. Розроблені рішення на основі таких пакетів орієнтовані на прикладну доцільність, і використання їх в іншій постановці задачі вже не можливе.

Що стосується методологічних засад у задачах обробки зображення, то для даної роботи основопо-

ложними є методи визначення контурів. Найбільш популярними є методи Робертса, Превітта і Собеля [5]. Всі перелічені методи використовують базову властивість сигналу яскравості – розривність. Загальним способом пошуку розривів яскравості є обробка зображення за допомогою квадратної маски (ядра, вікна, шаблону). Оперування подібною матрицею в локальних перетвореннях називають фільтрацією або просторовою фільтрацією. Принцип визначення контурів ліг в основу даної роботи.

**Мета роботи.** Розробка елементів інформаційної технології для отримання табличних значень характеристик гідравлічних машин за їх графічним зображенням.

**Матеріал і результати дослідження.** Для ідентифікації ГМ за графічними характеристиками необхідно отримати числову інформацію з їх зображення. Отримані значення за допомогою відомих методів регресійного аналізу обробляють та отримують аналітичні залежності, що можуть використовуватись у математичній моделі ГМ. Такий вигляд має загальна ідея роботи. Очевидно, що функціонально можна виділити три блоки: блок ініціалізації, блок роботи із зображенням та блок використання методів регресійного аналізу (РА) (рис. 3).

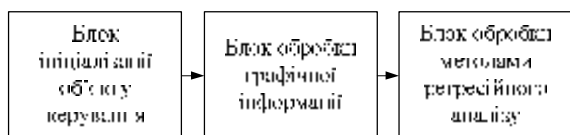


Рисунок 3 – Функціональна схема інформаційної системи ідентифікації технологічних об'єктів за їх характеристиками

Блок ініціалізації відповідає за отримання початкових даних про ГМ: її тип, технічні характеристики.

Блок обробки графічної інформації представляє собою сукупність взаємопов'язаних процедур, що виконують перетворення растрового зображення в числовий формат. Вихід цього блоку – числові масиви безперервних кривих.

Блок РА працює з вихідними значеннями попереднього блоку. Результатом роботи є аналітичні залежності характеристик ГМ при різних керуючих впливах.

У даній роботі розглянемо більш детально питання обробки графічної інформації.

Для вирішення задачі в цілому та на окремих її етапах використовуються різні методи попередньої обробки зображень, сегментації, розпізнавання та масштабування [4-6].

Розглянемо загальну схему розпізнавання зображень (рис. 4). Завантаження зображення відбувається з електронного документу. Результатом виконання цього етапу є числова матриця з розмірами зображення.

Блок виділення області не є обов'язковим. Його використання необхідне для роботи з частинами зображення.

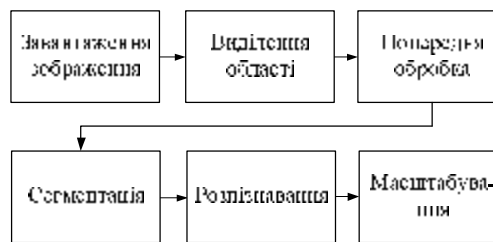


Рисунок 4 – Загальна схема розпізнавання зображень

Узагалі операція попередньої обробки застосовується практично завжди після зняття інформації з відеодатчика й переслідує мету зниження перешкод на зображенні, що виникли в результаті дискретизації і квантування, а також зменшення зовнішніх шумів. Як правило, це операції усереднювання й вирівнювання гістограм [6]. У нашому випадку останні процедури можуть бути необхідними для покращення вигляду зображення (регулювання контрастності, яскравості та ін.). До попередньої обробки також можна віднести етап бінаризації, пов'язаний з перетворенням півтонового зображення, що має багато градацій яскравості, в бінарне – двоградацийне. Таке перетворення здійснюється в першу чергу для того, щоб скоротити інформаційну надмірність зображення, залишити лише ту інформацію, яка потрібна для вирішення конкретного завдання.

Сегментація – це процес пошуку однорідних областей на зображенні. Етап у загальному вигляді не алгоритмізований до кінця для довільних зображень. Найбільш поширені методи сегментації засновані на визначенні однорідної яскравості (кольору) або однорідності типу текстуру.

Безпосередньо розпізнавання полягає у сприйнятті сегментованого зображення та його інтерпретації. Для нашого випадку – це створення масивів координат безперервних кривих.

У більшості випадків різні методи описують розміщення пікселів на зображенні за допомогою піксельних координат. При цьому перша компонента (рядки) зростає вниз, друга компонента (стовпці) зростає вправо. Піксельні координати є цілими числами в діапазоні між одиницею і числом, що визначає кількість рядків або стовпців. Завдяки такому виду представлення отримані масиви є масивами піксельних координат. Для отримання адекватного результату за масштабом необхідно перетворити піксельну систему координат у звичну декартову [7]. Після введення максимального та мінімального значення за осями необхідно розрахувати числові значення точок кривих, що відповідають реальному масштабу на зображенні.

Проаналізувавши вигляд основних неперервних кривих на зображенні універсальних, експлуатаційних та робочих характеристик ГМ, було визначено особливості їх графічних зображень:

- товщина ліній складає 2-3 пікселя;
- зображення універсальних характеристик мають координатну сітку з конкретними масштабами;
- переважають зростаючі та спадаючі лінії;

– можлива наявність не більше ніж двох локальних екстремумів для кожної безперервної кривої.

У цілому було визначено елементарні криві, що в сукупності можуть представити розглянуті характеристики. Ці криві є базовими для вирішення поставленої задачі (рис. 5).

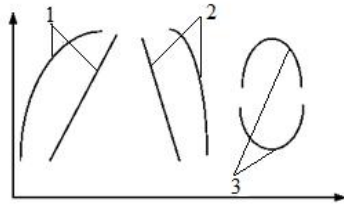


Рисунок 5 – Базові лінії характеристик ГМ:

- 1 – криві, що зростають; 2 – криві, що спадають;  
3 – криві з екстремумом

Обробка базових кривих є початковим етапом обробки більш складного зображення.

Визначені елементарні етапи обробки зображення у розрізі поставленої задачі:

1. Бінаризація зображення.
2. Пошук пікселів, що належать зображенню.
3. Приналежність кожного пікселя безперервній кривій:
  - визначення напрямку розпізнавання;
  - визначення вимог безперервності кривої.
4. Організація запису отриманих результатів.
5. Процедура масштабування.

Розглянемо роботу алгоритму (рис. 6) на прикладі розпізнавання базової кривої (рис. 5). Ілюстрація роботи алгоритму показана на рис. 6.

Після завантаження зображення формується матриця чисел розміром  $m \times n$ , де  $m$  – кількість рядків,  $n$  – стовпчиків. Відповідно до формату чисел інформаційної матриці виконуємо етап бінаризації (встановлення логічного формату чисел у матриці).

Пікселі, що несуть інформацію, – чорного кольору. Задача розпізнавання полягає у пошуку координат цих пікселів. Пошук початкової точки реалізується перебором елементів двовимірного масиву та порівнянні з 0 (чорний колір генерується в MatLAB як 0, фон – 1). Маючи координати першої точки, використовуємо процедуру розрахунку напрямку розміщення кривої. Суть останньої полягає у перевірці наявності чорного кольору в околі початкової точки. Задаючи крок  $h$ , отримуємо маску  $(2h+1) \times (2h+1)$ , що визначає всі сусідні точки. При початковому значенні  $h=1$  отримуємо маску  $3 \times 3$  і перевіряємо наявність чорного кольору (0) в її діапазоні. Маємо три точки чорного кольору. Множинний результат не дає можливості однозначно визначити напрям кривої. Для уточнення результату збільшуємо крок, маска відповідно збільшується до  $5 \times 5$ , і маємо лише одну точку чорного кольору, що дає змогу визначити напрям кривої. Координати початкової точки та останньої знайденої дають змогу провести розрахунок значення приросту координат для даної кривої:

$$\Delta X = \frac{(X_2 - X_1)}{h}; X_2 = X_1 + \Delta X; \Delta Y = \frac{(Y_2 - Y_1)}{h};$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y.$$

На рис. 6 ( $\Delta X, \Delta Y$ ) можна визначити як напрям між пікселями. Маючи початкову точку і приріст, можна прогнозувати координати наступних точок кривої.

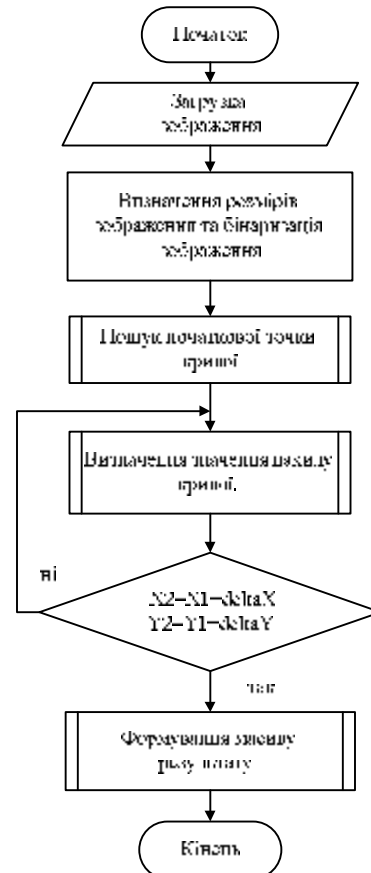


Рисунок 6 – Загальний алгоритм розробки базової кривої

Прогноз підтверджується спрацюванням умови перевірки знаходження 0 у масиві зображення за даними індексами  $(X_2, Y_2)$ . Наступні точки розраховуються за тим же принципом, але якщо прогнозована точка не несе зображення, повторюється процедура пошуку напрямку кривої. Результатом виконання алгоритму є масив координат пікселів, що несуть у собі зображення.

Виконання представлених етапів надає змогу вирішити задачу розпізнавання базових кривих, що є складовими універсальних та робочих характеристик гідравлічних машин. На даному етапі реалізовано розпізнавання базових кривих (рис. 5). Результат обробки елементарної базової кривої представлений на рис. 8.

Чорний колір – це початкове зображення, білий колір – графічне представлення вихідних масивів, білі точки – це елементи вихідного масиву.

Отримані в результаті побудови криві мають східчастий або аліасінг-характер – візуальний ефект "сходинок", що виникає при відтворенні на екрані похилих ліній, кривих та кіл.

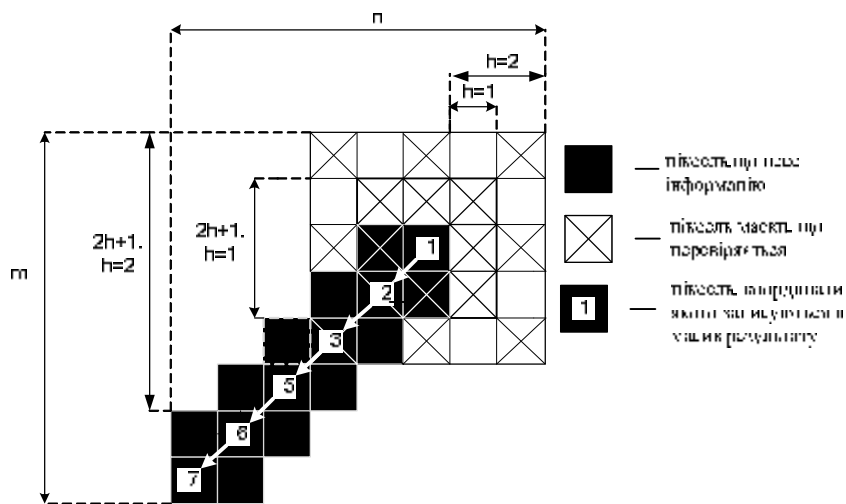


Рисунок 7 – Схема розпізнавання базової кривої

Східчастість викликана тим, що точки зображення на екрані розташовуються у вузлах прямокутної сітки, а коли розширення екрану низьке, то нерівність ліній стає дуже помітною. В нашому випадку аліасінг-ефект растрового зображення помітний під час приближення [8].



Рисунок 8 – Результат обробки базової кривої

Існування такого ефекту на початковому зображенні впливає на результати обробки.

Для вирішення проблеми аліасінгу в комп'ютерній графіці використовують різні алгоритми згладжування. Основний принцип згладжування – використання можливостей пристрою виводу для показу відтінків кольору кривої. У цьому випадку пікселі, сусідні з граничним пікселем зображення, набувають проміжного значення між кольором зображення й кольором фону, створюючи градієнт і розмиваючи межу.[8, 9].

Існує також велика кількість алгоритмів, які дозволяють генерувати вектор, оперуючи числовими даними. Наприклад, алгоритм Брезенхема, алгоритми цифрового диференційного аналізатора, апроксимація за допомогою кривих Безьє.

**Висновки.** Проблема ідентифікації елементів систем керування технічними об'єктами є актуальною. Для технологічних комплексів з гідравлічними машинами важливим є визначення аналітичних залежностей їх характеристик. Процес отримання таких залежностей може бути автоматизований за рахунок використання принципів і методів обробки графічної інформації – розпізнавання зображень. Розроблений алгоритм дає змогу вирішити базові задачі об-

робки зображення, необхідні для розробки системи ідентифікації характеристик гідравлічних машин.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Семенов А.Д. Идентификация объектов управления/ А.Д. Семенов, Д.В. Артамонов, А.В. Брюхачев. Учебн. пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2003. – 211 с.
2. Кривченко Г.И. Насосы и гидротурбины / Г.И. Кривченко. – М: Энергия, 1970. – 448 с.
3. Костюк Ю.Л. Алгоритмы векторизации цветных растровых изображений на основе триангуляции и их реализация/ Ю.Л. Костюк., А.Б. Кон, Ю.Л. Новиков/Вестник ТГУ. 2003.– № 280. – С. 275–280.
4. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р. Гонсалес, Р. Вуде. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
5. Фурман Я.А. Цифровые методы обработки и распознавания бинарных изображений / Я.А. Фурман, А.Н. Юрьев, В.В. Яшин.– Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1992. – 245 с.
6. Колесников С. Распознавание изображений: [Электронный ресурс] / С. Колесников // Компьютер–Информ. – 2006. – № 6.– С. 24 – Режим доступа к журналу: [http://www.ci.ru/inform06\\_06/p\\_24.htm](http://www.ci.ru/inform06_06/p_24.htm).
7. Image Processing Toolbox – обработка сигналов и изображений [Электронный ресурс]/ И.М.Журавель // Консультационный центр MatLab компании Softline. Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/index.php>.
8. Лукин А. Введение в цифровую обработку сигналов(математические основы)/ А. Лукин – лаборатория компьютерной графики и мультимедиа МГУ. – 2002. – 43 с.
9. Ярославский Л.П. Введение в цифровую обработку изображений – М.: Сов. Радио, 1979. – 312 с.

Стаття надійшла 25.03.2011 р.  
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.  
Родькіним Д.Й.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАШИН

*Перекрест А.Л., к.т.н., Рощупкина А.А., магистр*

*Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского*

*ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина*

*E-mail: [pk@kdu.edu.ua](mailto:pk@kdu.edu.ua)*

Рассмотрен подход к получению массивов значений характеристик гидравлических машин по их графическим изображениям с помощью методов выделения контуров.

**Ключевые слова:** характеристики гидромашин, обработка изображений, регрессионный анализ.

## USING IMAGE PROCESSING FOR AUTOMATIC RECOGNITION OF THE CHARACTERISTICS OF THE HYDRAULIC MACHINES

*Perekrest A., Cand. of Sc. (Tech.), Roshchupkina H., master*

*Kremenchug Mykhailo Ostrogradskyi National University*

*vul. Pershopravneva, 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine*

*E-mail: [pk@kdu.edu.ua](mailto:pk@kdu.edu.ua)*

Approach to acquisition of values arrays of the characteristics hydraulic machines has been researched with the help of the method of contour detection.

**Key words:** the characteristics of hydraulic machines, image processing, regression analysis.