

УДК 50-62

М.М. Ткач, Д.О. Гуменний, М.В. Маленко, Ю.О. Юзюк, Р.С. Скиба

## **СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ НЕПЕРЕРВНОГО СОРТУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ОБ'ЄКТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОПТИЧНОГО ТРИВИМІРНОГО СКАНУВАННЯ**

*Анотація:* У роботі запропоновано метод тривимірного сканування, зчитування та аналізу малогабаритних фізичних об'єктів з метою їхнього подальшого сортування. В основу даного методу покладено принцип генерації вільних носіїв заряду під впливом квантів випромінювання.

*Ключові слова:* система управління автооператором; конвеєрне сортування; швидкісне сортування; тривимірне сортування об'єктів.

### **Вступ**

Сучасні галузі виробництва потребують високошвидкісного сортування сировини, заготовок та готової продукції. Класичними підходами до сортування таких об'єктів є застосування людської праці, автоматизованих, а у останні десятиліття — автоматичних ліній. Проте, використання людської праці для вирішення цієї задачі супроводжується низькою швидкістю сортування, високою ймовірністю допущення помилок та дороговизною найму. Застосування автоматизованих систем теж потребує участі у процесі людини, що також несе означені вище недоліки. Натомість, автоматичні системи сортування, що не потребують постійної присутності людини, обмежені у продуктивності роботи лише технічними можливостями обладнання, математичними методами опрацювання даних та алгоритмічно-програмними засобами управління.

Зважаючи на те, що математичні методи і алгоритмічно-програмні засоби здатні удосконалюватись, то єдиним практичним обмеженням швидкодії процесу сортування об'єктів є апаратні засоби, зокрема — принципові підходи до реалізації цієї операції.

Так, у роботах [1, 2, 6] показано застосування в якості апаратних засобів решітки. Однак даний підхід обмежений у використанні, бо потребує, щоб об'єкти сортування були одного розміру відносно всіх проекцій. До того ж, для аналізу даних об'єктів необхідно використовувати додаткове обладнання.

У роботах [2,4] запропоновано використовувати лазер для фіксації початку та кінця об'єкту. Такий підхід дозволяє класифікувати об'єкти відносно прямої за фактом їх початку, кінця та кількості.

Роботи [3,5] присвячені застосуванню двовимірної матриці світлочутливих елементів та джерела світла, що забезпечує просвічування об'єкта і визначення його контура. Такий підхід дозволяє

ба, 2015  
© М.М. Ткач, Д.О. Гуменний, М.В. Маленко, Ю.О. Юзюк, Р.С. Ски-

визначати площу об'єкта, а при комплексному застосуванні і його об'єм. Проте, даний метод потребує зупинки конвеєра для сканування кожного з об'єктів.

### Постановка задачі

Потрібно створити новий метод сортування об'єктів, який забезпечить беззупинне тривимірне їх сортування та дозволить пришвидшити дані процеси.

### Експериментально-дослідницьке вирішення задачі

З метою підвищення швидкодії процесу сортування малогабаритних об'єктів в роботі запропоноване їх тривимірне сканування на основі процесу генерації вільних носіїв заряду під впливом квантів випромінювання.

Для реалізації означеного підходу побудована макетна установка (рисунок 1), яка складається з стрічкопротяжного блоку (СПБ) (1), системи управління СПБ, сканувального модуля (СМ), який включає сканувальні головки (СГ) CCD\_linear Sensor (2, 3), що працюють за принципом контурного просвічування об'єкта, та системи управління (СУ) з цифровими інтерфейсами та джерелом живлення.

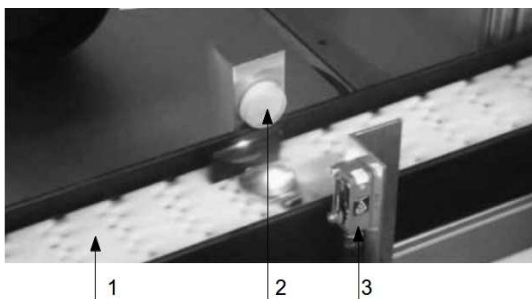


Рис. 1 – Зовнішній вигляд макетної установки

Принцип роботи даної установки полягає в наступному. Після потрапляння об'єкта сканування (ОС) на СБП (1), об'єкт рухається із заданою швидкістю та проходить через СМ. Сканувальна головка (2), яка орієнтована у площині OYZ та розташована зліва від СБП зчитує периметр об'єкта у площині XZ власної системи координат даного об'єкта.

Аналогічним чином працює СГ (3).

У результаті роботи обох СГ (2, 3) об'єкт проходить сканування у площинах XY та XZ. Це дозволяє визначити його габаритні розміри та об'єм. Тож, після завершення сканування об'єкти переміщуються стрічкою СПБ до системи розподілу їх за лінійними або об'ємними критеріями.

Аналіз габаритних розмірів об'єктів та формування звітної форми про виконані обсяги сортування здійснюється шляхом застосування мікро-ЕОМ.

Зважаючи на те, що СПБ має постійну швидкість, тобто ОС переміщується повз СГ (2) також з постійною швидкістю, то після завершення сканування об'єкту, *CCD* сенсор зчитує його двовірну проекцію (рисунок 2). У процесі зчитування сенсор передає поточкові дані, що містять інформацію про координати потрапляння світла на матрицю, до СУ, яка формує відповідний масивконтур ОС у площині ХУ.

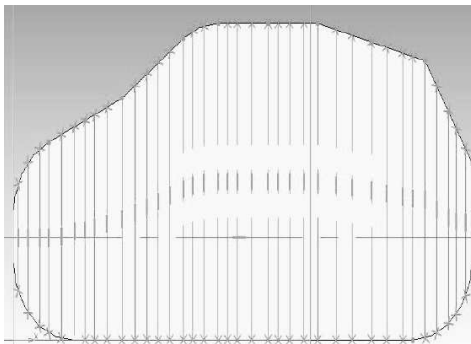


Рис. 2 – Лінійна проекція ОС

Для зчитування даних про контур ОС, дані з сенсора поступають на мікроконтролерну СУ у вигляді потоку. Зважаючи, що сенсор передає дані у вигляді паралельного аналогового потоку, а СУ приймає дані у цифровому вигляді, то дані необхідно оцифрувати із варіативною пороговою межею логічних рівнів. Для цього розроблено модуль СУ, схема якого зображена на рисунку 3.

Отримані цифрові дані передаються на входні порти мікроконтролера, для подальшого функціонального доопрацювання. Для здійснення такої передачі розроблений модуль мікроконтролерного управління, схема якого зображена на рисунку 4.

Процедура зчитування даних з сенсорів даного модуля реалізована так:

```
void TIM2_IRQHandler(void) //Генерація тактування для датчика та зчитування отриманого результату
{
    // Перевірка поточного стану тактового виходу та його інверсія
    if (GPIOA->IDR & 2) GPIOA->BSRR |= GPIO_BSRR_BR15 else GPIOA->BSRR |= GPIO_BSRR_BS15;
    output_buf = output_buf < 1; // Зсув вліво буферу отриманих даних
    if (GPIOA->IDR & 4) output_buf |= 1 else output_buf &= ~1; // Зчитування отриманих даних з сенсора
    output_buf_data++; // Збільшення лічильника даних у буфері на одиницю
}
```

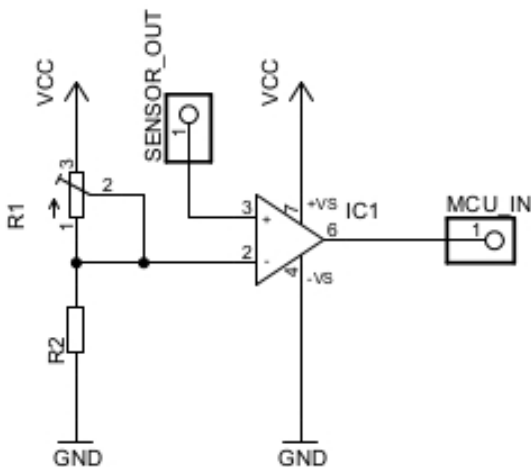


Рис. 3 – Принципова схема моделю перетворення даних з CCD-linear sensor до цифрового вигляду, придатного для зчитування мікроконтролером; R1 – резистор для налаштування світлової чутливості матриці; R2 – резистор підтяжки рівня “нуль” вольт; IC1 – компаратор; MCU – Вивід дискретних даних до мікроконтролера; SENSORout – ввідний канал аналогових даних з CCD-linear sensor ; VCC – високий рівень опорної напруги; GND – низький рівень опорної напруги

```
if (output_buf_data == 32) // Якщо буфер заповнений
{udp_send(output_buf); // дані буфера у UDP пакету
output_buf_data = 0; // Очищуємо лічильник даних буфера
output_buf = 0; // Очищуємо буфер}}
```

Тоді програмні функції мікроконтролера для передачі даних до комп'ютера засобами UDP виглядають так:

```
uint8_t udp_send(uint32_t data) // Функція надсилання пакетів udp
{uint16_t len = 0; // Ініціалізація змінної довжини пакету даних
ip_packet_t *ip = (void*)(frame->ip); // Показник на ip отримувача
udp_packet_t *udp = (void*)(data); // Показник на udp пакет
len += sizeof(udp_packet_t); // Визначення довжини udp пакету
ip->protocol = IP_PROTOCOL_UDP; // Налаштування ip структури
ip->from_addr = ip_addr;
udp->len = htons(len); // Налаштування udp структури
udp->cksum = 0;
udp->cksum = ip_cksum(len + IP_PROTOCOL_UDP,(uint8_t*)udp-8, len+8);
return ip_send(udp,len); // Відправлення пакету даних}
```

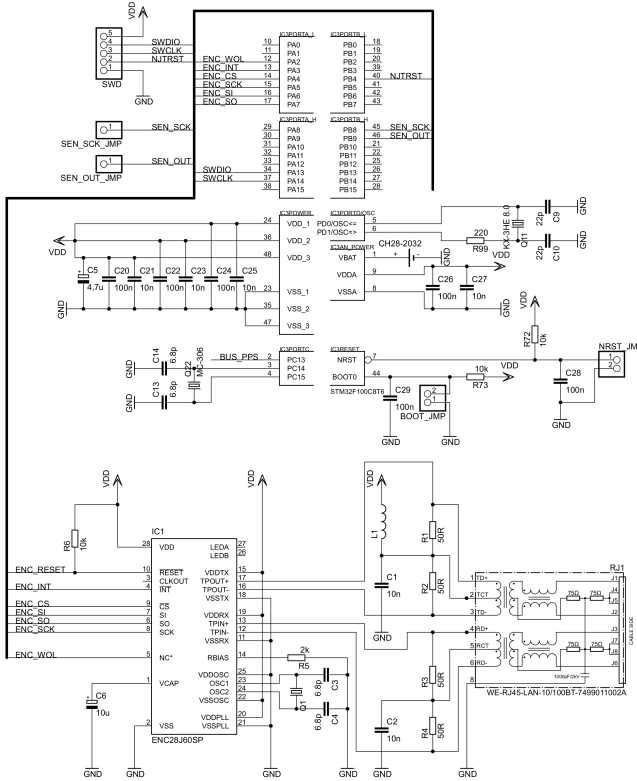


Рис. 4 – Принципова схема модуля мікроконтролерного управління

Макрос для *MatLAB*, для зчитування даних, отриманих від мікроконтролера описується так:

```

instreset;
DataCounter=0;
DevObj=udp (192.168.43.1,'LocalPort',55);
fopen (DevObj);
while DataCounter<200
    UdpData=fscanf (DevObj)
    DataCounter=DataCounter+1;
end
fclose (DevObj);
instreset;
UdpData
    
```

## Результати роботи макетної установки

Для перевірки можливостей запропонованого методу здійснено дослідження деякої множини ОС, які зображені на рисунку 5.

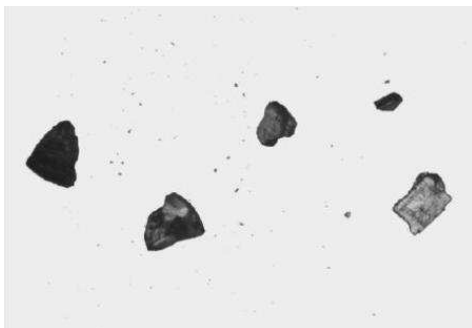


Рис. 5 – Об'єкти сканування для діагностики макетної установки

В результаті проведеного дослідження, отримані елементи контуру ОС у площині  $OXY$  та побудовані графіки які зображено на рисунку 6, де вздовж осі абсцис показано час сканування, а вздовж осі ординат — висоту елемента контуру ОС в даний момент часу.

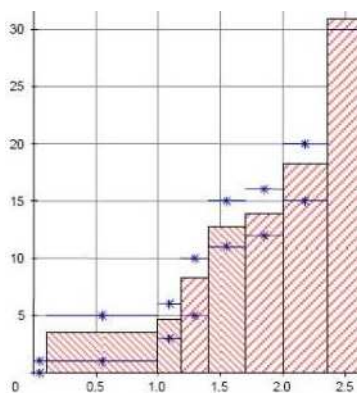


Рис. 6 – Результати зчитування перетинів ОС. “\*” – діапазон можливої похибки сканування, що спричинена механічними дефектами СБП

Маючи дані проєкцій ОС у площині  $OXY$  та визначивши швидкість переміщення ОС можливо визначити площу перерізу його відносно цієї площини. Аналогічним чином, маючи переріз ОС у площині  $OXZ$  можливо отримати площу ОС у перерізі цієї площини. Загалом, маючи площі ОС у обох площинах стає можливим визна-

чити об'єм ОС, а відтак і класифікувати його за критеріям об'єму або площі.

### **Висновки**

Проведені дослідження показали, що запропонований у роботі підхід дозволяє збільшити швидкість сканування малогабаритних об'єктів до 50 одиниць за секунду, а точність сканування забезпечити на рівні 12 мкм.

### **Список використаних джерел**

1. Брагин В.Б. Системы очувствления и адаптивные промышленные роботы / В.Б. Брагин, Ю.Г. Войлов, Ю.Д. Жаботинский и др.; Под общ. ред. Е.П. Попова, В.В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
2. Хорн Б.К.П. Зрение роботов: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 487 с. ISBN 5-03-000570-6
3. Яхно О.М. Введение в мехатронику О.М. Яхно, А.В. Узунов, А.Ф. Луговской и др. – К.: НТУУ “КПИ”, 2008. – 528 с.
4. Хегинботама У.Б. Гибкие сборочные системы / У.Б. Хегинботама; Пер. с англ. Д.Ф. Миронова. – М.: Машиностроение, 1988. – 400 с.
5. Узунов А.В. Информационные устройства робототехнических систем: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 384 с.
6. Окоси Т. Волоконно-оптические датчики / Т. Окоси, К. Окамото, М. Оцу, Х. Нисихара, К. Кюма, К. Хататэ; Пер. с япон. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1990. – 256 с.

Отримано 13.10.2015 р.