

# МЕТОД УПРАВЛІННЯ ЗАХОПЛЕННЯМ ДЕТАЛЕЙ В КОМП'ЮТЕРНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ РУКОЮ РОБОТА-МАНІПУЛЯТОРА АВТОМАТИЗОВАНОГО СКЛАДУ НА БАЗІ ПЛАТФОРМИ RASPBERRY PI

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*Запропоновано метод управління підсистемою захоплення деталей в системах управління рукою робота-маніпулятора, сформульовано підхід до моделювання такої системи з врахуванням та використанням особливостей обчислювальної платформи Raspberry Pi і виконавчих механізмів: датчиків та двигунів, запропоновано метод захоплення що дозволяє покращити якість автоматизованої системи управління рукою робота-маніпулятора.*

**Ключові слова:** система управління рукою робота-маніпулятора, рука робота-маніпулятора, захоплення деталей, Raspberry Pi, двигуни, датчики.

## *Abstract*

Proposed executing method of subsystems for components capture in robotic arm executing system, formed an approach to modeling such systems with account and including Raspberry Pi circuit features and executive mechanisms: motors and sensors, was proposed method that allow to improve automatic system for robotic arm executing quality.

**Keywords:** robotic arm executing system, robotic arm, components capture in robotic arm executing system, Raspberry Pi, motors, sensors.

## **Вступ**

Сучасний етап розвитку людства передбачає впровадження інноваційних технологій в промисловість у вигляді інтелектуальних систем управління та виконавчих механізмів, що керуються такими системами. Такі технології дозволяють збільшити якість та обсяги виробництва продукції, а також, зменшити витрати та дію людського фактора під час її виготовлення. Прикладами таких технологій є рука робота-маніпулятора автоматизованого складу та автоматизована система управління захопленням деталей, оскільки, вони дозволяють збільшити вантажообіг та швидкодію на промислових складах. Сьогодні Україна переходить на світові стандарти виробництва, тому, щоб вийти на світовий ринок необхідно використовувати такі системи для досягнення необхідного рівня якості при великих обсягах виготовлення та забезпечити стабільність і високу надійність виробництв [1].

Метою роботи є підвищення якості та точності процесу управління системою захоплення деталей в системах управління рукою робота-маніпулятора на базі обчислювальної платформи Raspberry Pi.

## **Постановка задачі**

Робот-маніпулятор – це механізм який укомплектований робочим органом (інструментом) для виконання рухових функцій подібних людині. Сьогодні існує велика кількість таких механізмів. Їх класифікують за сферами використання. Прикладом такого робота в промисловості є Робот-пакувальник, що автоматизує процес пакування виробів, прикладом в медицині слугує робот-хірург Da Vinci, що використовують для підвищення точності при складних операціях, прикладом маніпулятора в машинобудуванні є робот-зварювальник. Кожен такий робот оснащено складними комплексами механізмів та програм. Незважаючи на те що такі технології дуже корисні та продуктивні розробка таких систем потребує великої кількості грошей та часу. Через це вони є

вигідними лише для великих підприємств. Але, існує альтернатива і для малих виробництв у вигляді руки робота-маніпулятора, що базується на використанні обчислювальних платформ.

Ключовою частиною роботів-маніпуляторів є схват. Схват - це пристрій у вигляді щипців який здійснює захоплення та утримання деталей під час їх перенесення чи використання маніпулятором. Зазвичай система схвату складається з таких елементів як зап'ястя та пальці. Під зап'ястям розуміють ту частину маніпулятора що відповідає за положення схвату в просторі та виконує рухи схвату передбачені конструкцією. Це можуть бути рухи у будь-яких системах координат: прямокутній, полярній і циліндричній, сферичній чи ангулярній. Пальці маніпулятора виконують функцію захоплення деталей. Схват має різну будову яка залежить від поставленої задачі. Він може мати більше двох пальців та різну кількість рухомих частин.

Керується схват так само як і маніпулятор, програмно, тому в залежності від типу керування ці машини бувають жорсткопрограмованими, гнучкопрограмованими, адаптивними та інтелектуальними. Звісно, перевага стоїть за інтелектуальними системами, оскільки такі системи крім того що мають переваги усіх інших систем мінімізують людське втручання і навіть можуть самостійно приймати рішення. Проте, як було зазначено вище такі системи занадто дорогі. Можливо зменшити витрати на такі системи завдяки використанню обчислювальних платформ. Обчислювальна платформа - це пристрій що поєднує у собі обчислювальні можливості комп'ютера в маленькому форм факторі. В наш час існує велика кількість обчислювальних платформ: Arduino, Raspberry Pi, Intel Edison, Netduino та інші. Найбільш перспективною є платформа Raspberry Pi, оскільки, за відносно низьку ціну ми отримуємо справжній мікрокомп'ютер у якому уже присутні більшість необхідних портів та потужна «начинка». Тому, для проектування поставленої задачі було обрано саме її.

На рисунку 1 зображено звичайний схват в системі координат. Він складається з двох пальців та зап'ястя. Проте, для розробки інтелектуальної системи управління такої конструкції недостатньо. Потрібно додатково встановити камеру та датчики тиску. На рисунку 2 зображено запропонований схват, його додатково укомплектовано камерою та датчиками тиску. За допомогою яких здійснюється уточнення координат, орієнтація в просторі та підтвердження захоплення деталі.

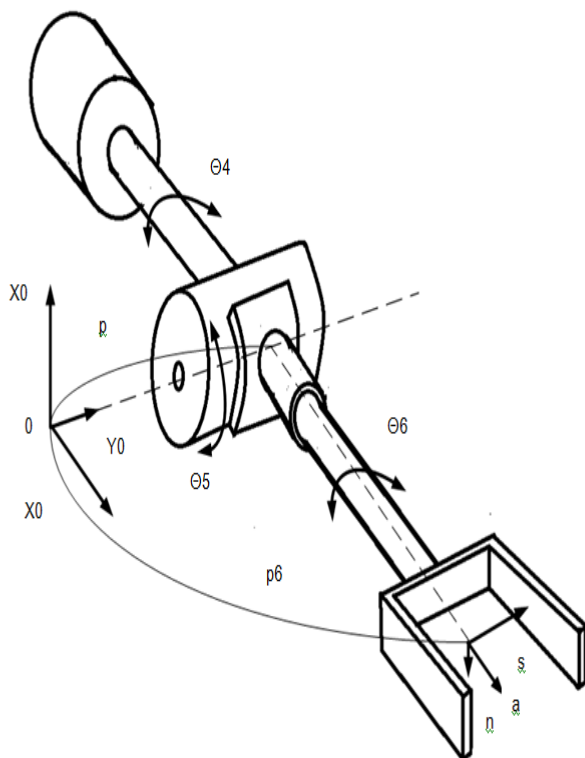


Рисунок 1 – Звичайний схват

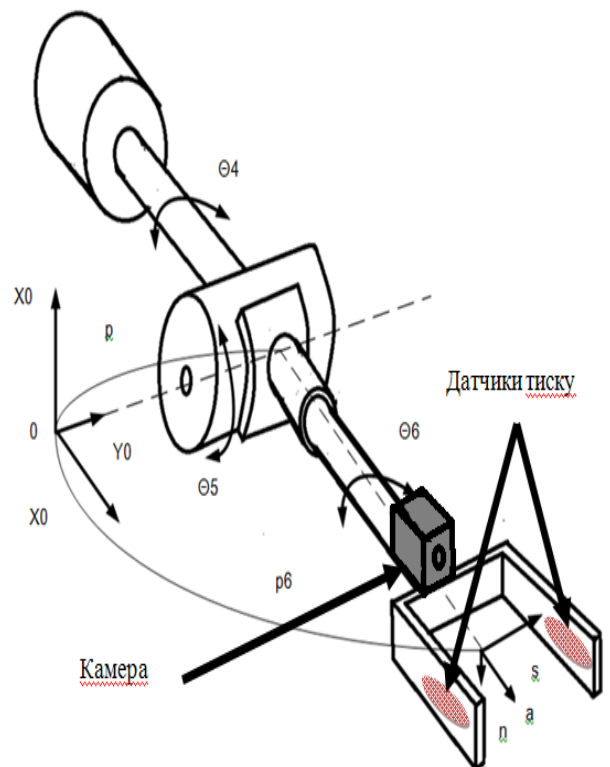


Рисунок 2 – Запропонований схват

## Результати дослідження

Запропоновану інтелектуальну систему управління захоплення деталей побудовано на основі обчислювальної платформи Raspberry Pi 3. Дана платформа має наступні характеристики: процесор ARM Cortex-A53 x64 з частотою 1,2 ГГц та 4-ма ядрами, ОЗУ 1 Гб, GPIO 40 пінів, USB 4 входи, Ethernet e, WiFi 802.11n, Bluetooth 4.1 і ціна \$40.

Для розробки інтелектуальної системи управління необхідно розробити алгоритм управління. Запропонована система повинна виконувати такі функції: розпізнання об'єкта та визначення його положення, розрахунок координат об'єкта, управління рухом зап'ястя, уточнення положення зап'ястя за допомогою камери, управління пальцями та захопленням.

Структуру системи наведено на рисунку 3.

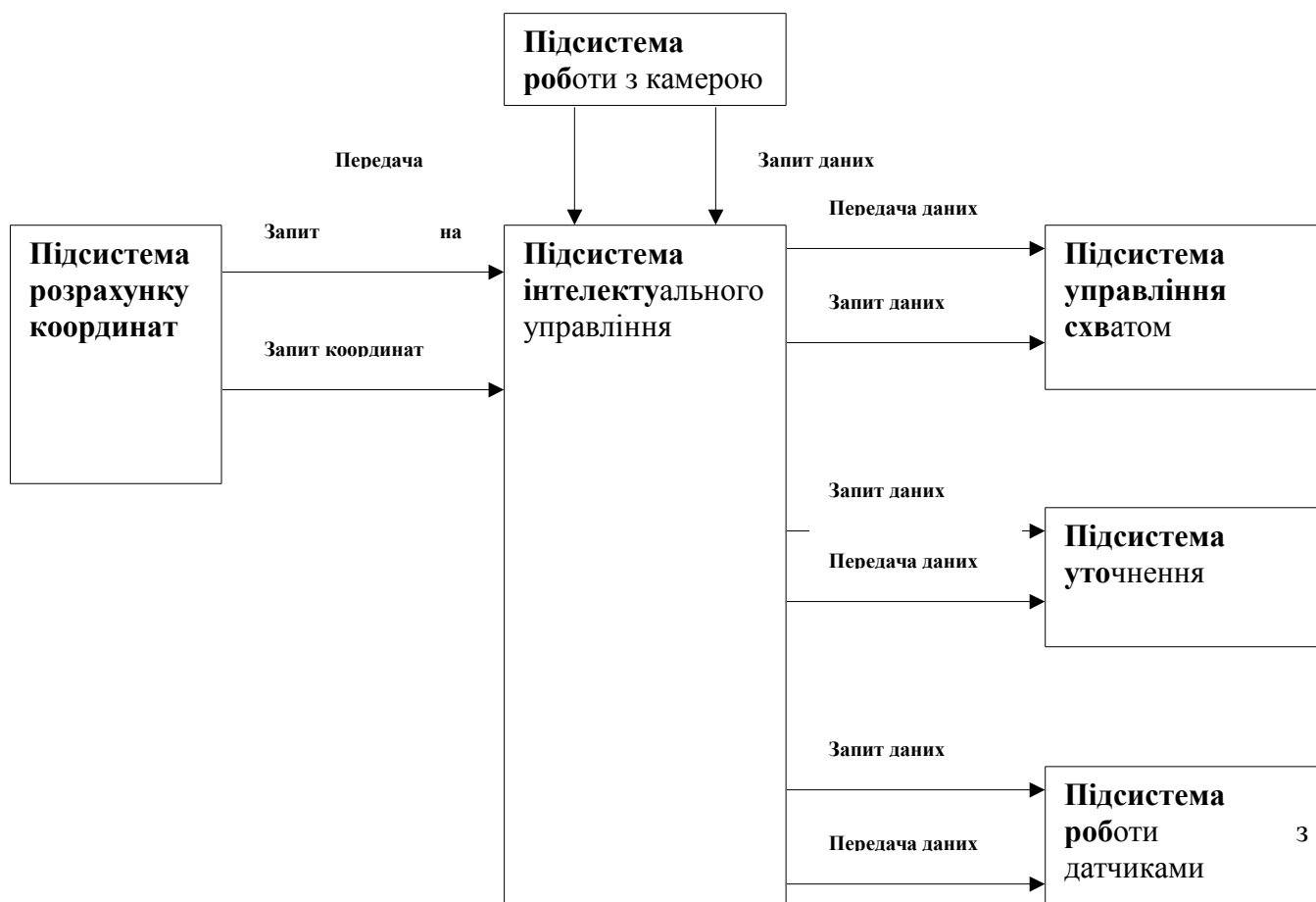


Рисунок 3 – Структура системи

Керує розробленим схватом інтелектуальна система управління. Спочатку виконується задача розпізнавання об'єкта. Система розпізнає вид, колір та форму об'єкта за допомогою інтелектуальної системи що базується на нечіткій логіці. Після того як крок виконано система починає виконувати операцію захоплення.

Далі відбувається розрахунок координат для зап'ястя.. Для цього використовується підсистема розрахунку координат. Розрахунок координат відбувається за допомогою камери, тому підсистема розрахунку координат запускає підсистему управління камерою. Для розрахунку координат схвату необхідно вирішити пряму та зворотню задачу кінематики, з якої випливає так звана матриця маніпулятора у якій  $n$  – вектор нормалі до схвату. У випадку пласкопаралельного руху пальців цей вектор перпендикулярний пальцям маніпулятора;  $s$  – дотичний вектор схвату. Він лежить в площині

руху пальців і вказує напрямок руху пальців під час відкриття чи закриття схвату;  $a$  - вектор підходу схвату. Він напрямлений по нормалі до долоні схвату;  $p$  - вектор положення схвату.

Для розрахунку координат формується матриця стану руки виду[2]:

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} x_{\xi} & y_{\xi} & z_{\xi} & p_{\xi} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^0R_{\xi} & {}^0p_{\xi} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & s & a & p \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_x & S_x & a_x & p_x \\ n_y & S_y & a_y & p_y \\ n_z & S_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Наступним кроком є підведення зап'ястя до заданих координат. Для цього використовується підсистема управління схватом. Вона запускає сервоприводи та виконує рух по обчисленим раніше координатам. Для управління двигунами використовуються стандартні функції, що передбачені платформою Raspberry Pi. Після підведення зап'ястя до схвату відбувається уточнення координат за допомогою підсистеми уточнення. Підсистема зчитує положення схвату та об'єкта після чого визначає чи знаходиться схват в потрібному місці. Якщо так то алгоритм переходить до наступного кроку – захоплення деталі, якщо ні, то система здійснює перерозрахунки та вносить корективи до матриці координат.

Наступний крок - захоплення деталі відбувається також за допомогою підсистеми управління схватом. Після отримання позитивного результату від системи уточнення, очевидно, що об'єкт розташовується поміж пальців схвату, тоді пальці схвата стискаються до того моменту, доки датчики тиску не подадуть сигнал, який засвідчить що деталь стиснуто.

Коли схват захопив деталь, система переходить до наступного кроку – розрахунок координат для перенесення деталі. Деталь переноситься на розраховані координати, після чого знову відбувається уточнення координат чи знаходиться схват в необхідних кінцевих координатах. Після уточнення, система запускає сервоприводи, опускає деталь і відкриває схват.

Далі система повертається до першого кроку і знову виконує операції передбачені алгоритмом, по циклу, аж до завершення поставленої задачі.

Використання розробленої системи дозволяє значно підвищити якість та точність управління схватом руки робота-маніпулятора, оскільки усі розрахунки та управління проводяться без людського втручання.

## Висновки

Запропоновано метод управління підсистемою захоплення деталей в системах управління рукою робота-маніпулятора, створено модель інтелектуального маніпулятора, розроблено структуру інтелектуальної системи управління захопленням деталей, сформульовано підхід до моделювання такої системи з врахуванням та використанням особливостей обчислювальної платформи Raspberry Pi.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Заводим Raspberry Pi / Ричардсон М., Уоллес Ш. — пер. на рус. Амперка, 2013. — 230 с.
2. Основы робототехники / Никитин К. Д., Василенко Н. В., Пономарёв В. П., Смолин А. Ю. — ТОМСК МГП «РАСКО» 2013. — 238 с.

**Москвіна Світлана Михайлівна** — кандидат технічних наук, професор кафедри комп'ютерних систем управління, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: moskvina@ukr.net

**Татарський Павло Валерійович** — студент групи 2АВ-13б, факультет комп'ютерних систем управління та автоматики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: pasha.tatarsky@gmail.com

**Moskvina Svitlana** — Ph.D., professor of computer systems and automation chair, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: moskvina@ukr.net

**Tatarskiy Pavlo** — student of group 2AV-13b, department of computer systems and automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: pasha.tatarsky@gmail.com