

## ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ СЕНСОРНОЇ СИСТЕМИ МАНІПУЛЯЦІЙНОГО РОБОТА

**Борисовський А.С.**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: artur.borysovskiy@nure.ua

**Анотація:** Для задачі автоматизації проєктування маніпуляційного робота в рамках агрегативно-декомпозиційного підходу було виконано розбиття вихідної задачі на множини з більш простих підзадач. Для ітераційної схеми технології проєктування розроблено компоненти системи підтримки рішень з вибору сенсорної системи маніпуляційного за множиною функціональних і вартісних показників.

**Ключові слова:** сенсорна система, робот-маніпулятор, Arduino, датчики.

### DECISION SUPPORT IN TOUCH DESIGN MANIPULATION ROBOT SYSTEMS

**A. Borisovskiy**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: artur.borysovskiy@nure.ua

**Abstract:** For the task of automating the design of the manipulation robot in the framework of the aggregative-decomposition approach, the division of the original problem into a set of simpler subtasks was performed. For the iterative scheme of design technology, the components of the decision support system for the selection of a sensor system for manipulating a set of functional and cost indicators have been developed.

**Key words:** Sensor System, Robot Manipulator, Arduino, Sensors.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** В наш час роботи знаходять все більш широке застосування в різних сферах людської діяльності від виробництва і військової сфери до медицини і сфери побуту [1]. Для виконання монотонних високоточних робіт, операцій в небезпечних умовах все частіше використовують маніпуляційні роботи, які реалізують функції, аналогічні функціям людської руки. На практиці маніпулятори можуть бути не тільки самостійними пристроями, але і бути у складі складних роботизованих комплексів. Процеси системного проєктування засобів робототехніки мають певні особливості. Зокрема у процесі розробки технічних вимог до засобів робототехніки і подальшого аналізу шляхів їх реалізації необхідно системно досліджувати їх взаємодію з іншим спільно працюючим технологічним обладнанням, а також з об'єктами маніпулювання. Це дозволяє виявляти можливості для спрощення вимог до робототехнічних засобів і тим самим отримати загальну техніко-економічну вигоду для всієї системи роботизованого устаткування [2]. Найбільш раціональним вважається системний підхід, в рамках якого все обладнання проєктується одночасно із робототехнічними засобами. Найчастіше це має місце при проєктуванні роботів, що виконують основні технологічні операції. Одночасно з тією ж метою необхідно досліджувати можливості створення так званої навколороботної оснастки та інших засобів упорядкування довкілля робота [3].

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Метою дослідження є розробка засобу підтримки прийняття рішень з вибору сенсорної системи для технології автоматизованого проєктування маніпуляційного робота. При виборі сенсорної системи необхідно розробити первинну систему з'єднання ультразвукових датчиків з тензодатчиками та резистивними датчиками тиску для покращеного розуміння схвату маніпулятора, для кращого відчуття управління, та передачі даних до керуючого роботом.

Основну частину інформаційно-вимірювальних систем роботів складають сенсорні системи, здатні формувати і видавати інформацію про стан об'єктів, навколишнього середовища і про сам робот. В основу розробки покладено платформу Arduino Uno. Arduino Uno – це пристрій на основі мікроконтролера ATmega328. До його складу входить все необхідне для зручної роботи з мікроконтролером: 14 цифрових входів/виходів (з них 6 можуть використовуватися як ШІМ-виходи), 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для внутрішньосхемного програмування (ICSP) та кнопка скидання. Для початку роботи з пристроєм досить просто подати живлення від AC/DC-адаптера або батарейки, або підключити його до комп'ютера за допомогою кабелю USB.

Для експериментування з сенсорною системою робота-маніпулятора обрано макет на основі військового робота-сапера MARCbot (рис. 1).

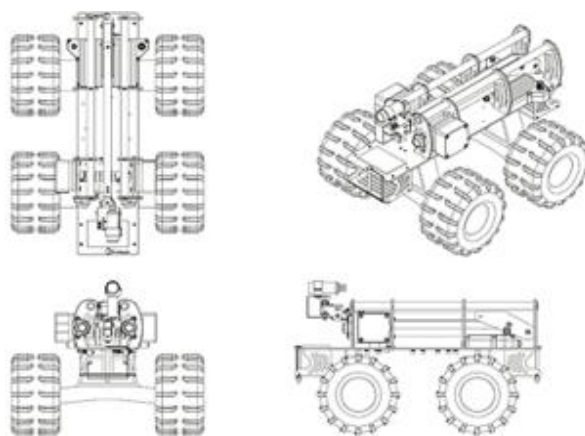


Рисунок 1 – Макет розроблюваного робота

У якості чутливого елемента розроблюваної системи обрано тензодатчик, який перетворює величину деформації на зручний для вимірювання сигнал, основний компонент тензометра (приладу для вимірювання деформацій). Серед електронних тензодатчиків найбільшого поширення набули тензорезистивні датчики. При цьому в залежності від конструкції вимірювального вузла можуть використовуватися на стиск або розтягування. Завдяки тензодатчикам, при стисканні об'єкта пензлем захоплення робота-маніпулятора, тензодатчиком зможе передавати інформацію та силі стиснення, це особливо допоможе з крихкими або вибухонебезпечними речовинами.

Схема підключення тензорезистивного датчика до Arduino UNO подана на рис. 2.

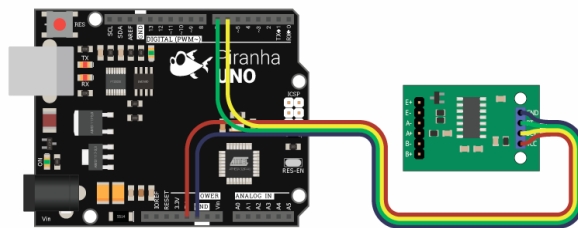


Рисунок 2 – Схема підключення тензорезистивного датчика до Arduino UNO

Після аналізу процесів взаємодії робота з зовнішнім середовищем та формування технічних вимог до робота та об'єктів цього середовища пропонується переходити до проектування власне робота. Процес проектування пропонується реалізувати в рамках агрегативно-декомпозиційного підходу, який передбачає розпаралелювання складної задачі проектування на множину з  $N$  більш простих підзадач (рис. 3).

Для встановлення і формалізації взаємозв'язків задач системного проектування робота кожену з моделей задач пропонується подавати у такому вигляді:

$$ModTask_i : \{ InDat_{iE}, InDat_{iI}, Res_i \} \rightarrow DesDec_i, i = \overline{1, N}, \quad (1)$$

де для  $i$ -ї задачі:  $ModTask_i$  – модель;  $InDat_{iE}$  – множина формалізованих зовнішніх (відносно комплексу задач проектування) вхідних даних;  $InDat_{iI}$  – множина формалізованих внутрішніх (відносно комплексу задач проектування) вхідних даних;  $Res_i$  – множина формалізованих обмежень задач;  $DesDec_i$  – проектне рішення.

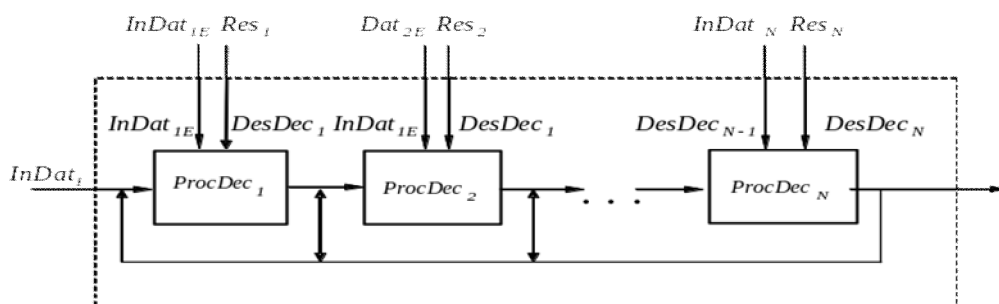


Рисунок 3 – Ітераційна схема технології проектування маніпуляційного робота

Однією з важливих є задача проектування сенсорної системи, яка служить для отримання інформації про робота та його фізичне оточення [4]. Існує множина різних реалізацій функцій сенсорної системи: від датчиків механічних величин (лінійних, кутових переміщень, відстані, прискорення, сил і моментів) до систем технічного зору, вимірювачів температури, струму та напруги, інтенсивності світлового потоку, радіоактивних та магнітних полів, акустичних сенсорів, детекторів води та газоаналізаторів та інших. Причому всі вони працюють на різних фізичних принципах, що визначають і діапазон умов, в яких може бути забезпечена необхідна якість вимірів.

Для маніпуляційних роботів, які повинні функціонально імітувати рухи рук, на перший план виходить фактор кінестетичного сприйняття, яке дає проприоцептивну інформацію, тобто почуття положення, руху і сили. Виходячи з цього, потрібні датчики, які дозволяють визначити поточну конфігурацію і швидкості окремих частин робота, а також тактильні і силомоментні сенсори.

Вибір датчиків здійснюється з врахуванням множини різномірних показників, які в процесі проектування розглядаються як локальні критерії  $k_j(d)$ ,  $j = \overline{1, m}$ ,  $d \in D$  (де  $d$  – тип датчика;  $m$  – кількість локальних критеріїв;  $D = \{d\}$  – множина допустимих типів датчиків для створюваної сенсорної системи. В якості основних локальних критеріїв, що визначатимуть властивості сенсорної системи, пропонується обрати такі характеристики датчика: точність, надійність, вартість.

Вибір найкращого датчика сенсорної системи зводиться до пошуку аргументу, що максимізує значення функції узагальненої корисності:

$$d^o = \arg \max_{d \in D} P(d). \quad (2)$$

Значення функції узагальненої корисності датчика сенсорної системи обчислюється за співвідношеннями [5–6]:

$$P(d) = \sum_{i=1}^m \lambda_j \bar{k}_j(d), \quad \bar{k}_j(d) = \frac{k_j(d) - k_j^-}{k_j^+ - k_j^-}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (3)$$

де  $\lambda_j$  – ваговий коефіцієнт  $j$ -го локального критерію,  $\lambda_j \geq 0$ ,  $\sum_{i=1}^m \lambda_j = 1$ ;  $\bar{k}_j(d)$  – нормоване значення  $j$ -го локального критерію;  $k_j(d)$  – фактичне значення  $j$ -го локального критерію;  $k_j^-(d)$ ,  $k_j^+(d)$  – найгірше та найкраще серед фактичних значень  $j$ -го локального критерію.

У проєкті запропоновано ультразвуковий датчик для виявлення і визначення відстані до об'єкта, а також контролю руху. Передавач випромінює звукові коливання, які «прошивають» простір, і, зустрічаючись з твердими предметами, відбиваються від нього і потрапляють у приймач датчика (рис. 4).



Рисунок 4 – Схема роботи ультразвукового датчика

Незалежно від будови ультразвукові датчики відмінно підходять для виявлення об'єктів і визначення відстані до них, розрахунку рівня рідин і сипучих матеріалів. Вони здатні виконувати ці завдання навіть у повній темряві незалежно від температури та вологості повітря, його задимленості та ступеня забруднення пилом.

**ВИСНОВКИ.** Для задачі автоматизації проєктування маніпуляційного робота в рамках агрегативно-декомпозиційного підходу було виконано розбиття вихідної задачі на множини з  $N$  більш простих підзадач. З метою агрегації підзадач обрано ітераційну схему технології проєктування, яка дозволяє отримувати вхідні дані за результатами розв'язання попередніх підзадач. Для неї розроблено компоненти системи підтримки рішень з вибору сенсорної системи маніпуляційного за множиною функціональних і вартісних показників. Практичне використання розроблених засобів дозволить обирати варіант побудови з урахування комплексу показників з підмножини ефективних.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Букарев Р. Основы робототехники. – СПб.: БХВ–Петербург, 2010.
2. Юревич Е. И. Основы проектирования техники. URL: [http://window.edu.ru/app.php/catalog/pdf2txt/926/69926/59660?p\\_page=8](http://window.edu.ru/app.php/catalog/pdf2txt/926/69926/59660?p_page=8) (дата звернення: 15.10.2021).
3. Корендясев А. И., Саламендра Б. Л., Тивес Л. И. Теоретические основы робототехники. М.: Наука, 2006.
4. Юревич Е. И. Сенсорные системы в робототехнике. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013.
5. Beskorovainyi V. V., Petryshyn L. B., Shevchenko O. Yu. Specific subset effective option in technology design decisions // Applied Aspects of Information Technology. 2020. Vol. 3. No.1. PP. 443-455. URL: <https://aait.opu.ua/?fetch=articles&with=info&id=40> (дата звернення: 24.10.2021).
6. Beskorovainyi V. Combined method of ranking options in project decision support systems. Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries. 2020. No. 4 (14). PP. 13-20. URL: <https://itssi-journal.com/index.php/itssi/article/view/230> (дата звернення: 18.09.2021).

**Науковий керівник:** Безкоровайний Володимир Валентинович, професор, д.т.н., професор кафедри КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки.