

КРИТЕРІЙ ТА МОДЕЛЬ ВИБОРУ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА

Петренко Ю. А., Посукан Р. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. У роботі здійснено аналіз стану роботизації в Україні. Відповідно до аналізу та наявних публікацій визначена мета роботи: обґрунтування критеріїв та розроблення математичної моделі вибору промислового робота.

Ключові слова: комп'ютерна технологія вибору, промисловий робот, роботизація, математична модель вибору.

Вступ

У всьому світі спостерігається підвищення рівня роботизації у промисловості, в соціально-економічному розвитку та приватній сфері життя.

Однак економіка України і загалом уся глобальна економіка потерпають від зниження продуктивності праці. Зокрема зазначається, що глобальне зростання продуктивності праці, вимірюваний як середня зміна ВВП (валовий внутрішній продукт) на одного зайнятого за останні роки сповільнився. Робототехніка – це технологія, яка допомагає зупинити зниження продуктивності праці. Підвищення продуктивності праці в багатьох галузях, які спираються на пересування або трансформацію фізичних об'єктів, буде залежати від появи більш якісних і дешевих роботів. Немає сумнівів в тому, що роботи вже впливають на продуктивність праці [1].

Тому в недалекій перспективі роботів можна використовувати для приготування їжі, забезпечення обслуговування номерів в готелях і прибирання офісних будівель [2].

Аналіз публікацій

Роботи – це головний інструмент для підвищення продуктивності праці та стандартів життя. На сьогодні більшість впроваджень робототехніки відбувається в промисловості, для чого розроблено широкий спектр роботів, здатних більш ефективно і послідовно здійснювати різноманітні операції, які раніше здійснювалися людьми. Промислові роботи стали не тільки однією з рушійних сил автоматизації, а й одним з найважливіших засобів для соціально-економічних змін у сфері праці. Розроблення та впровадження промислових роботів вже дозволили перейти на новий більш високий науково-технічний рівень вирішення завдань з комплексної автоматизації на промислових підприємствах, перерозподілити функції між людиною і ма-

шиною і значно підвищити продуктивність праці [2, 3].

Майже дві третини продажів промислових роботів припадають на автомобільну промисловість і випуск електроніки. Серед інших перспективних галузей застосування роботів дослідники називають металообробку та атомну промисловість, сільське господарство, судно- та літакобудування, видобуток корисних копалин [4].

Мета і постановка завдання

Завданням маніпуляційної системи (МС) є здійснення рушійних функцій і реалізація технологічного призначення промислового робота (ПР). Ця система є просторовим механізмом із розімкненим кінематичним ланцюгом. Конструктивно МС складається з таких основних вузлів, як несні конструкції, приводи, передавальні та виконавчі механізми та захватні пристрої (ЗП) (рис. 1). Виконавчий механізм ПР – це сукупність рухомо-з'єднаних ланок МС, призначених для дії на об'єкт роботизації (ОМ) (об'єкт роботизації (НС)).

Захвачуваний пристрій (промислового робота) ПР – орган його МС, призначений для захоплення чи утримування об'єкта виробництва, технологічного оснащення чи інструменту. Зазвичай промисловий робот ПР комплектують типовим (для цієї моделі) набором ЗП (захвачувані пристрої), які замінюють або власноруч (швидкозмінні (захвачувані пристрої) ЗП), або автоматично залежності від конкретного робочого завдання.

З'єднання ланок МС у кінематичний ланцюг здійснюється за допомогою кінематичних пар (у більшості конструкцій ПР використовують кінематичні пари п'ятого класу – обертальні (О) чи поступальні (П), які забезпечують один ступінь вільності у відносному русі кожної з двох рухомо-з'єднаних ланок).

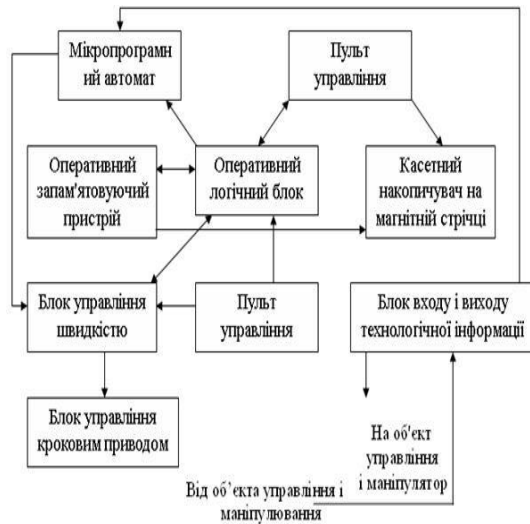


Рис. 1. Структура промислового робота

Сукупність кількості рухомих ланок забезпечує виконавчому механізму певну кількість ступенів рухомості, що є важливою характеристикою МС [5].

Результати дослідження

Для досягнення мети було здійснено обґрунтування наявних методів прийняття рішення за різних умов визначення інформації.

Прийняття рішень – це важлива функція управління, що є навичкою, яку повинна опанувати кожна людина, що працює в бізнесі, на виробництві або займається науковою діяльністю.

Прийняття неоптимальних рішень у життєвих і виробничих ситуаціях зменшує значну частку можливостей і уповільнює темп розвитку. Чим складнішою є ситуація, тим більшими є втрати.

Найбільш поширений підхід до розв'язання багатокритеріальної задачі – її зведення до однокритеріальної. Основою такого підходу є теорія корисності, згідно з якою існує деяка узагальнена оцінка цінності або корисності будь-якого розв'язку $x \in X$. У цьому випадку формування схеми компромісу визначається вибором типу функції корисності:

$$R = R[k_1(x), k_2(x), \dots, k_j(x)]. \quad (1)$$

Для розв'язання задачі необхідно обґрунтувати тип функції корисності часткових критеріїв, яка була б універсальною та відображала б особливості конкретних систем, їхніх критеріїв. Функція корисності часткових критеріїв повинна задовольняти таким умовам: мати єдиний інтервал змін $[0,1]$; бути безрозмірною, інваріантною до виду екстремуму часткового критерію (min і max),

тобто найкращому значенню відповідає 1, а найгіршому – 0. Зазначеним вимогам задовольняє функція виду

$$R_j(k_j) = \frac{k_j - k_{j\text{НГ}}}{k_{j\text{НК}} - k_{j\text{НГ}}}, j = \overline{1, J}, \quad (2)$$

де $k_j, k_{j\text{НГ}}, k_{j\text{НК}}$ – поточне найгірше (гранично допустиме) і найкраще значення j -го приватного критерію, що відповідають межах області його зміни (наближеній області компромісів).

Деякі функції корисності часткових критеріїв можуть набувати навіть нульових значень. У цьому випадку за відомих значень вагових коефіцієнтів λ_j ($j = \overline{1, J}$) часткових критеріїв і їхніх функцій корисності оцінка проектних розв'язків $x \in X$ і вибір найкращого x^0 здійснюється за узагальненим критерієм виду [6, с.5]:

$$W'(x^0) = \max_{x \in X} \sum_{j=1}^J \lambda_j R_j(x) \left| \sum_{j=1}^J \lambda_j = 1. \quad (3)$$

Обґрунтування критеріїв та розроблення математичної моделі вибору промислового робота

Щоб вибрати промислового робота необхідно обґрунтувати критерії вибору. Після аналізу всього теоретичного матеріалу, даних і графіків були визначені окремі важливі критерії [7]:

вага:

вага є важливим критерієм, тому що від неї залежить те, наскільки затратним буде транспортування та облаштування на промисловій лінії;

температурний діапазон:

чим більший температурний діапазон використання робота, тим краще робот зможе працювати в екстремальних умовах;

вантажопідйомність:

є важливим критерієм, оскільки від змоги підняти більшу вагу буде залежати, де і в яких умовах може використовуватися робот;

загальна ціна:

є важливим критерієм, оскільки в замовника може бути обмежена кількість коштів на покупку робота;

експлуатаційні витрати:

цей критерій демонструє, наскільки ефективним є використання робота на виробництві.

Всі критерії можна поділити на функціональні та затратні (функціональні \rightarrow max, затратні \rightarrow min) [8].

Будемо вибирати робота за цими критеріями:

вага M_i повинна бути мінімальною для забезпечення швидкого транспортування та облаштування:

$$M = \sum_{i=1}^i M_i x_i \rightarrow \min, \quad (4)$$

де i – порядковий номер зі списку робіт; i' – кількість робіт; x_i – булева змінна, яка набуває значення 1, якщо ми вибрали, та 0, якщо не вибрали.

Температурний діапазон ΔT_i повинен бути максимальним для кращої роботи в необхідному середовищі:

$$T = \sum_{i=1}^i \Delta T_i x_i \rightarrow \max, \quad (5)$$

де i – порядковий номер зі списку робіт; i' – кількість робіт; x_i – булева змінна, яка набуває значення 1, якщо ми вибрали, та 0, якщо не вибрали.

Вантажопідйомність S_i повинна бути максимальною для забезпечення роботи з різними вантажами:

$$S = \sum_{i=1}^i S_i x_i \rightarrow \max, \quad (6)$$

де i – порядковий номер зі списку робіт; i' – кількість робіт; x_i – булева змінна, яка набуває значення 1, якщо ми вибрали, та 0, якщо не вибрали.

Загальна ціна C_i повинна бути мінімальною для зниження собівартості купівлі та встановлення робота:

$$C = \sum_{i=1}^i C_i x_i \rightarrow \min, \quad (7)$$

де i – порядковий номер зі списку робіт; i' – кількість робіт; x_i – булева змінна, яка набуває значення 1, якщо ми вибрали, та 0, якщо не вибрали.

Експлуатаційні витрати K_i повинні бути мінімальними для зниження собівартості

процесу використання та обслуговування робота:

$$K = \sum_{i=1}^i K_i x_i \rightarrow \min, \quad (8)$$

де i – порядковий номер зі списку робіт; i' – кількість робіт; x_i – булева змінна, яка набуває значення 1, якщо ми вибрали, та 0, якщо не вибрали.

Область допустимих розв'язків визначається такими обмеженнями:

вага повинна бути не більше заданої $M_{\text{зад}}$:

$$M = \sum_{i=1}^i M_i x_i \leq M_{\text{зад}}, \quad (9)$$

де i – порядковий номер зі списку робіт; i' – кількість робіт; x_i – булева змінна, яка набуває значення 1, якщо ми вибрали, та 0, якщо не вибрали; $M_{\text{зад}}$ – задане значення ваги;

температурний діапазон повинен дорівнювати або бути більшим за заданий $T_{\text{зад}}$:

$$T = \sum_{i=1}^i T_i x_i \geq T_{\text{зад}}, \quad (10)$$

де i – порядковий номер зі списку робіт; i' – кількість робіт; x_i – булева змінна, яка набуває значення 1, якщо ми вибрали, та 0, якщо не вибрали; $T_{\text{зад}}$ – задане значення температурного діапазону;

вантажопідйомність повинна бути більшою або дорівнювати заданій $S_{\text{зад}}$:

$$S = \sum_{i=1}^i S_i x_i \geq S_{\text{зад}}, \quad (11)$$

де i – порядковий номер зі списку робіт; i' – кількість робіт; x_i – булева змінна, яка набуває значення 1, якщо ми вибрали, та 0, якщо не вибрали; $S_{\text{зад}}$ – задане значення вантажопідйомності;

ціна повинна дорівнювати або бути меншою за задану $C_{\text{зад}}$:

$$C = \sum_{i=1}^i C_i x_i \leq C_{\text{зад}}, \quad (12)$$

де i – порядковий номер зі списку робіт; i' – кількість робіт; x_i – булева змінна, яка

набуває значення 1, якщо ми вибрали, та 0, якщо не вибрали; $C_{\text{зад}}$ – задане значення ціни; експлуатаційні витрати повинні бути меншими за задані $K_{\text{зад}}$:

$$K = \sum_{i=1}^i K_i x_i \leq K_{\text{зад}}, \quad (13)$$

де i – порядковий номер зі списку робіт; i – кількість робіт; x_i – булева змінна, яка набуває значення 1, якщо ми вибрали, та 0, якщо не вибрали; $K_{\text{зад}}$ – задане значення експлуатаційних витрат.

Моделі (4)–(13) належать до класу моделей багатокритеріального дискретного програмування з булевими змінними [8,9,10].

Висновки

Таким чином, розроблені критерії та математична модель вибору промислового робота дозволяють приймати науково обґрунтовані рішення щодо придбання підприємством промислового робота за багатьма критеріями. Це дозволить скоротити час та витрати на прийняття рішення.

Література

1. Алексей Бойко. Які країни справді лідирують за рівнем роботизації RoboTrends: веб-сайт. URL: <http://robotrends.ru/pub/1911/kakie-strany-v-dyaustvitelnosti-lidiruyut-v-robotizacii> (дата звернення: 25.09.2020).
2. Industrial Robots: Robot Investment Reaches Record 16.5 billion USD.IFR: веб-сайт. URL: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-investment-reaches-record-16.5-billion-usd> (дата звернення: 25.09.2020).
3. International Center of Excellence in Intelligent Robotics and Automation Research(NTU-iCeIRA): веб-сайт. URL: <http://www.iceira.ntu.edu.tw/en/> (дата звернення: 26.09.2020).
4. Промислові роботи. Tedviser. Держава. Бізнес. IT: веб-сайт. URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Промышленные_работы (дата звернення: 25.09.2020).
5. Класифікація промислових робіт. Школа для електриків: веб-сайт. URL: <http://electricalschool.info/automation/2148-klassifikaciya-promyshlennyh-robotov.html> (дата звернення: 25.09.2020).
6. Філь Н. Ю., Шевченко М. В. Теорія розроблення та прийняття оптимальних рішень. Харків: ХНАДУ, 2011. 47 с.
7. Петренко Ю. А., Бінковська А. Б. Вибір і формалізація критеріїв структурного опису

синтезу проектного офісу як територіально-просторово-розподілені системи (ТПРС) [Текст] // International scientific and practical conference «Prospects for the development of technical sciences in EU countries and Ukraine» Wloclawek, Republic of Poland, December 21–22 2018. Wloclawek: Izdevnieciba «BaltijaPublishing», 2018. P. 23–27.

8. Посукан Р. В., Петренко Ю. А. Комп'ютерна технологія вибору промислових робіт для машинобудівельного підприємства. *Комп'ютерні технології і мехатроніка*: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Харків: ХНАДУ, 2020. С. 413–416.
9. Петренко Ю. А., Михайлова А. І. Технологія та модель компоновки елементів мобільного сенсорного вузла моніторингу поверхневих [Текст]. Вісник ХНАДУ. Харків: ХНАДУ, 2019. Вип. № 87. С. 80–84.
10. Градиський Ю. О., Янчик О. Г. Математична модель коливачів вантажу при повороті крана як безпека устаткування. *Вісник НТУ «ХПИ»*. 2014. № 48. С. 109–115.

References

1. Alexey Boyko. Which countries really lead in the level of robotics RoboTrends. Retrived from: <http://robotrends.ru/pub/1911/kakie-strany-v-dyaustvitelnosti-lidiruyut-v-robotizacii> (accessed: 25.09.2019) [in Russian].
2. Industrial Robots: Robot Investment Reaches Record 16.5 billion USD.IFR. Retrived from: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-investment-reaches-record-16.5-billion-usd> (accessed: 25.09.2019) [in English].
3. International Center of Excellence in Intelligent Robotics and Automation Research(NTU-iCeIRA). Retrived from: <http://www.iceira.ntu.edu.tw/en/> (accessed: 26.09.2019) [in English].
4. Industrial works. Tedviser. State. Business. IT. Retrived from: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Промышленные_работы accessed: 25.09.2019) [in Russian].
5. Classification of industrial robots. School for electricians. Retrived from: <http://electricalschool.info/automation/2148-klassifikaciya-promyshlennyh-robotov.html> accessed: 25.09.2019) [in Russian].
6. Fil N. Yu., Shevchenko M. V. Theory of development and acceptance of optimal decisions. Kharkiv: KhNADU, 2011. 47 p.
7. Petrenko Y. A., Binkovskaya A. B. Selection and formalization of criteria for structural description of the design office synthesis, as territorially-spatially-distributed systems (TPRS) [Text]. International scientific and practical conference «Prospects for the development of technical sciences in EU countries and Ukraine» Wloclawek, Republic of Poland, December 21–22 2018.

- Wloclavvek: Izdevnieciba «BaltijaPublishing», 2018. P. 23–27.
8. Posukan R. V., Petrenko Y. U. Computer technology for selecting industrial robots for a machine-building enterprise. Computer Technology and Mechatronics: Proceedings of the II International. scientific-practical conf. Kharkiv: KhNADU, 2020. P. 413–416.
 9. Petrenko Y. A., Mikhailova A. I. Technology and model of layout of elements of mobile sensor node of surface monitoring [Text]. Bulletin of the KhNADU. Kharkiv: KhNADU, 2019. Issue. № 87. P. 80–84.
 10. Gradysky Y. O., Yanchik O. G. Mathematical model of load oscillations when turning the crane as a safety equipment. Bulletin of NTU «KhPI». 2014. № 48. P. 109–115.

Петренко Юрій Антонович, д.т.н., професор, +380(50)802-21-31, petrenko.yuriy.an@gmail.com,

Посукан Руслан Вадимович, магістр, moi-mir_re@ukr.net,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002, Україна.

Критерии и модель выбора промышленного робота

Аннотация. В работе проведен анализ роботизации в Украине. На основании анализа и имеющихся публикаций поставлена цель работы: обосновать критерии и разработать математическую модель выбора промышленного робота.

Ключевые слова: компьютерная технология выбора, промышленный робот, роботизация.

Петренко Юрий Антонович, д.т.н., профессор, +380(50)802-21-31, petrenko.yuriy.an@gmail.com,

Посукан Руслан Вадимович, магистр, moi-mir_re@ukr.net.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, ул. Ярослава Мудрого, 25, г. Харьков, 61002, Украина.

Criteria and model of choice of industrial robot

Abstract. Problem. The relevance of the work is to increase the efficiency of robotics in Ukraine based on the development of computer technology for the selection of industrial robots for the enterprise, which will improve the quality of robot selection and increase productivity in all industries. **Goal.** Substantiate the criteria and develop the mathematical model for the selection of an industrial robot. The proposed mathematical model will allow the development of computer technology for the selection of industrial robots for the enterprise. **Methodology.** This work gives the analysis of the development of robotics in Ukraine, theoretical material on industrial robots, substantiated the criteria for the selection of industrial robots, the developed mathematical model for the selection of robots. **Results.** The developed criteria and mathematical model of an industrial robot selection allow making scientifically substantiated decisions on the acquisition of an industrial robot by an enterprise according to many criteria. This will reduce the time and cost of making a decision. **Originality.** Was received further development of making decision methods according to many criteria an was developed the mathematical model of the industrial robot selection. **Practical value.** The proposed mathematical model will allow the development of computer technology for the selection of industrial robots for the enterprise. This will reduce spent time and money to choose a robot.

Keywords: computer technology of choice, industrial robot, robotics, the mathematical model of choice.

Petrenko Yuri, Dr. Sc, Professor,

tel. +380(50) 802-21-31,
petrenko.yuriy.an@gmail.com,

Posukan Ruslan, Master student,

moi-mir_re@ukr.net,
Kharkiv National Automobile and Highway University, Yaroslava Mudrogost, 25, Kharkiv, 61002, Ukraine.