

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИМИ СИСТЕМАМИ ТА КОМПЛЕКСАМИ

УДК 629.7.615.3

Н. С. АЩЕПКОВА, С. С. КАПЕРА

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ТРАНСПОРТНОГО РОБОТА

Розглянуто імітаційне моделювання транспортного робота на основі Lego Mindstorms NXT 2.0. Визначено склад системи керування та особливості конструкції шасі моделі транспортного робота. Існуюча елементна база дозволяє здійснювати пошук об'єкту, транспортування та виштовхування його за робочу зону. Додаткова умова вибору стратегії руху – обмеженість робочої зони.

Реалізовані три стратегії руху: Пошук кеглів з поверненням до центру, переміщення по спіралі, «Танок у колі». Оптимальна стратегія обра-на за критерієм швидкодії.

Ключеві слова: модель, транспортний робот, шасі, робоча зона, стратегія руху, критерій оптимальності, швидкодія.

Вступ. Із усього спектра існуючих робототехнічних засобів можна виділити особливий клас - орієнтований на освітні цілі. Це різноманітні рухливі платформи, набори механічних і (або) електронних компонентів, конструктори роботів [1]. Проведений аналіз оглядів різних платформ і конструкторів дозволяє виділити конструктор Lego Mindstorms NXT 2.0 [2], який охоплює основні розділи робототехніки: механіку, електроніку і програмування.

Студенти спеціальності робототехнічні системи і комплекси під час дипломного проектування створюють модель робота на базі конструктора Lego Mindstorms NXT 2.0, здійснюють синтез системи керування, розробляють стратегію руху, обирають програмне середовище, виконують імітаційне моделювання та експериментальні дослідження відповідно до індивідуального завдання.

Постановка задачі імітаційного моделювання руху транспортного робота. Модель транспортного робота встановлюється у центр рингу (рис.1). Мета робота виштовхнути усі кеглі за межі рингу за найменший проміжок часу. Кегля вважається виштовхнутою, якщо жодна її частина не знаходиться у межах рингу. В випадку повернення (зворотного закрочування) кегля, яка один раз залишила межі кола, вважається виштовхнутою. На очищення рингу від кеглів дається не більш 2 хвилин. Якщо робот виходить за межі кола більш ніж на 5 с, спроба вважається невдалою і не зараховується.

Модель транспортного робота, по умовам змагання, не може мати маніпулятор [3].

Початкові вимоги:

1) Предметна область (ринг): колір рингу – світлий, обмежувальна лінія – коло діаметром 1 м, колір обмежувальної лінії – чорний, ширина обмежувальної лінії – 50 мм.

2) Робот: максимальна ширина – 200 мм, висота робота – без обмежень, вага робота – без обмежень, наявність маніпулятора – не має.

3) Кеглі: загальна кількість – 8, діаметр кеглі – не більше 70 мм, висота кеглі – не більше 120 мм, вага кеглі – не більше 50 г.

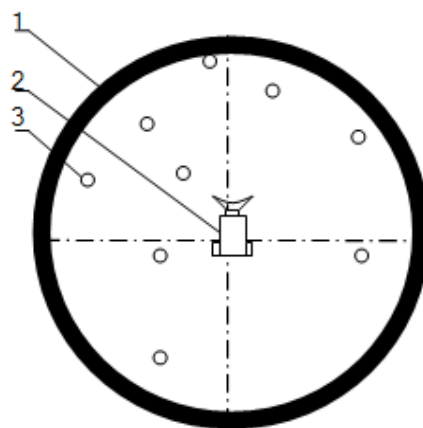


Рис. 1 – Завдання для моделі транспортного робота: 1 - предметна область (ринг), 2 – робот, 3 - кеглі

Аналіз літературних даних. В статті [4] за завданням Міністерства освіти та науки РФ (проект №7.559.2011 і ГК№П761 від 20.05.2010) здійснено аналіз робототехнічних стендів для вищих навчальних закладів. Автори доводять доцільність використання конструктора Lego Mindstorms NXT 2.0 для освітніх установ.

Поширенню Lego Mindstorms NXT 2.0 сприяє наявність у базовому комплекті мікроконтролера, двигунів, 4 різноманітних датчиків та деталей для конструювання [2]. Для більш досконалих моделей комплектуючі можна замовити на офіційному сайті Lego [5].

Система управління дозволяє реалізувати структури з П, ПД та ПД-регуляторами [6, 7]. Програмування може здійснюватись більш ніж на 10 мовах програмування.

Мета статті – дослідження з вибору оптимальної стратегії руху та оцінка швидкодії моделі транспортного робота.

Елементи системи керування. Основним елементом системи управління моделі транспортного робота є мікропроцесорний блок (мікроконтролер AT918AM78256), який може отримувати інформацію максимум від 4-х датчиків та передавати управляючі сигнали максимум на 3 електродвигуни [2, 6, 7] (рис. 2).



Рис. 2 – Мікропроцесорний блок Lego NXT

Двигун представлений у вигляді сервомотору з редуктором [2, 6, 7] (рис. 3).

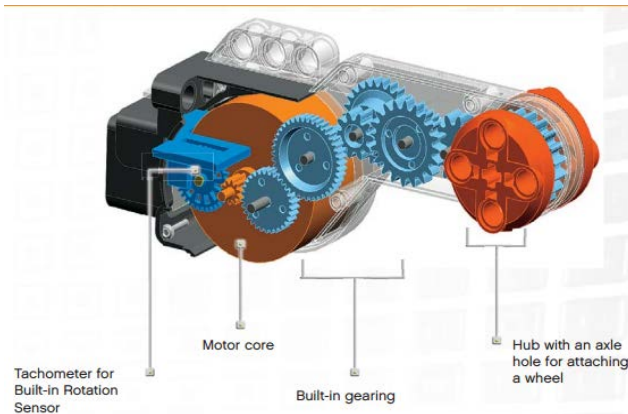


Рис. 3 – Сервомотор з редуктором

Сервомотор є виконавчим механізмом, що дозволяє роботів рухатися. Швидкість руху може регулюватися за допомогою завдання через програмне забезпечення різного рівня потужності.

Кожний сервомотор містить датчик обертання. Наявність такого датчика дозволяє задавати величину осьового переміщення з точністю 1 градус і тим самим здійснювати точне керування рухом. Ще одним плюсом убудованого датчика обертання є підтримка автоматичної синхронізації двох сервомоторів що забезпечує точний рух робота по прямій.

Основні характеристики двигуна [2, 6, 7]: максимально можлива швидкість обертання вихідного валу з навантаженням при включеній регулюванні потужності - 120 обертів на хвилину при 9 В живлення (батареї AA), і 90 обертів на хвилину при 7,2 В живлення (стандартна батарея LEGO або NiMH акумулятори). Максимальна швидкість обертання вихідного валу без навантаження - 160 обертів на хвилину при 9 В, 130 обертів в хвилину при 7,2 В.

Конструкція моделі транспортного робота.

Для збільшення маневреності моделі транспортного робота запропоновано схему шасі з двома приводними колесами та опорними танковими роликми (рис. 5), яка відрізняється від чотирьохколісної шасі високою маневреністю (здатність виконувати поворот на місці), а від триколісних шасі - високою прохідністю.

Здійснивши аналіз конструкцій, було запропоновано декілька варіантів навісного обладнання: великі колеса, бампер, малий ківш, великий ківш.

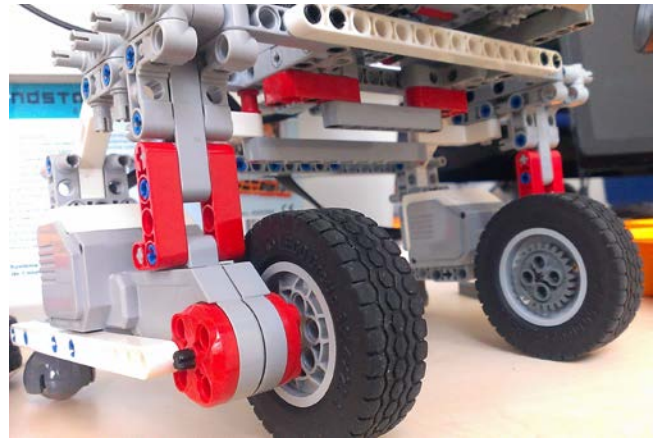


Рис. 4 – Шасі моделі транспортного робота

При експериментальному розв'язанні задачі з'ясувалося, що:

кегли потрапляють під колеса, падають і застряють; транспортний робот втрачає керованість і рухливість;

виштовхнуті кеглі залишаються частково у предметній області, оскільки «побачивши» лінію межі, робот розвертається;

робот здійснює дуже багато зайвих рухів;

система керування працює не ефективно.

Для позбавлення від перелічених недоліків побудовано ківш шириною 20÷25 см безпосередньо перед датчиком освітленості. Загальний вигляд моделі транспортного робота наведено на рис. 5.

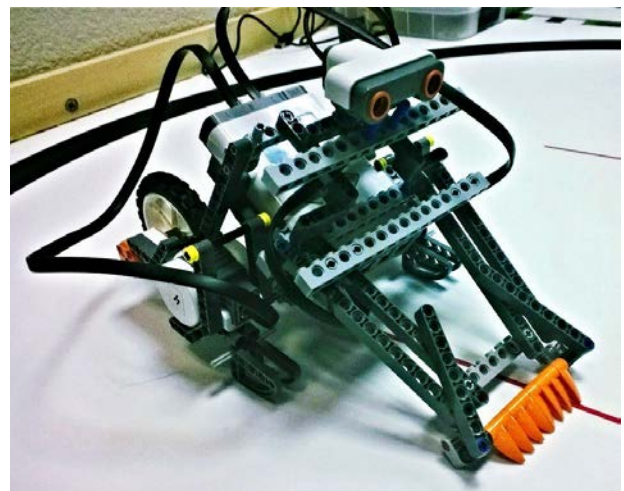


Рис. 5 – Конструкція моделі транспортного робота

Для вдалого розв'язання поставленої задачі необхідно розробити стратегію руху моделі. Існуюча елементна база дозволяє здійснювати пошук об'єкту, транспортування та виштовхування його за робочу зону. Додаткова умова вибору стратегії руху – обмеженість робочої зони, критерій оптимальності – швидкість.

В [1] автор наводить декілька традиційних стратегій руху моделі транспортного робота (рис.6,7).

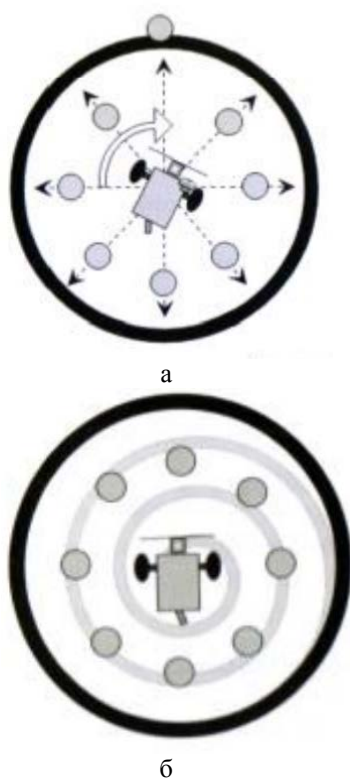


Рис. 6 – Стратегія руху транспортного робота: а - пошук кеглів з поверненням до центру, б – переміщення по спіралі

Реалізація наведених стратегій вимагає одночасного виконання декількох функцій:

- запит датчиків у пошуку об'єкту (кегли),
- аналіз сигналу відгуку,
- аналіз напрямку та відстані до об'єкту,
- аналіз та розрахунок потужності, обертаючого моменту та часу витримки для приводів коліс,
- здійснення переміщення,
- запит датчиків для аналізу розташування робота у межах робочої зони,
- обрання найкоротшого маршруту для виштовхування об'єкту (кегли) за межі робочої зони,
- транспортування об'єкту (кегли) за межі робочої зони.

В [8] автор доводить, що подібні ресурсомісткі завдання при передачі даних за допомогою бездротового з'єднання Bluetooth, значно погіршують керованість моделі, та понижають швидкодію. Застосування передачі даних за допомогою USB - кабелю обмежує дальність робота від комп'ютера максимальною довжиною кабелю, яка становить п'ять метрів [2, 6, 7]. При реалізації стратегії переміщення по спіралі кабель може зачепитися за кеглі і сприяти як її виштовхуванню, так і повторному зачепуванню. Отже обидві стратегії не дуже вдалі.

Для підвищення швидкодії необхідно скоротити час, який витрачається на аналіз інформації з датчиків, планування і дотримання траєкторії руху. Система керування має бути надійною, а стратегія руху – простою. Оскільки навісне обладнання нерухоме але достатньо широке, то робот може переміщатися за спеціально розробленою стратегією «Танок у колі» [6] (рис. 7).

1. Робот встановлюється у центрі кола.
2. Йдемо вперед доки показання датчика освітленості не знизяться на 5 пунктів (дійшли до межі).
3. Від'їхати назад протягом 0,5 с.
4. Розвернутися на $120 \div 150^\circ$ (контроль та керування за часом).
5. Повторювати п.п. 2 - 4 нескінченно.

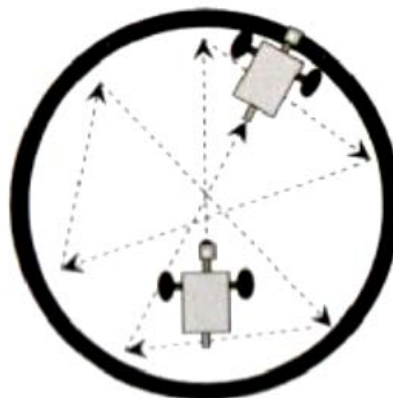


Рис. 7 – Спеціально розроблена стратегія руху транспортного робота «Танок у колі»

Недоліки стратегії руху транспортного робота «Танок у колі» наведені в [6] усуваються доопрацюванням програмного забезпечення. Проведені експериментальні дослідження по 20 реалізацій кожної стратегії руху моделі транспортного робота, для однакових початкових умов розміщення кеглів у рингу. Відсутність багаторазового обміну інформацією між мікроконтролером і комп'ютером значно підвищує швидкодію і не знижує ефективність дій моделі робота. Результати експериментальних досліджень реалізації різних стратегій руху наведено в табл. 1.

Таблиця 1– Результати експериментальних досліджень

Стратегія руху	Середнє значення використання часу, с	Математичне очікування кількості виштовхнутих кеглів
пошук кеглів з поверненням до центру	110	7,8
переміщення по спіралі	90	7,2
«Танок у колі»	80	7,7

Висновки. Використання набору Lego Mindstorms NXT 2.0 дозволяє конструювати моделі різноманітних роботів. Елементна база забезпечує можливість створення систем керування різного рівню складності.

Імітаційне моделювання рухів реальних конструкцій роботів дозволяє обрати стратегію руху за визначеним показником оптимальності.

Список літератури: 1. Раздел робототехника [Электронный ресурс] / «ДКО электронщик» – Дом компонентов и оборудования. – Режим доступа: \www/URL: <http://www.electronshik.ru/class/robototehnika-1817.-15.09.2015>. 2. Официальный сайт конструктора Lego Mindstorms NXT [Электронный ресурс] – Режим доступа:

\www/URL: / <http://www.lego.com/ru-ru/mindstorms/default.aspx?domainredir=www.mindstorms.com&ignorereferer=true>. 3. Регламент соревнований работ [Электронный ресурс] – Режим доступа: \www/URL: / <http://www.myrobot.ru>. 4. Печников, А. Л. Перспективы развития робототехнических учебных стендов для высшего специального образования в области робототехники, автоматизации и мехатроники [Электронный ресурс] / А. Л. Печников, В. А. Жмудь, В. Г. Трубин, А. Б. Колкер // Труды конференции Scientific World - Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте. – Режим доступа: \www/URL: <http://www.world.com.ua/index.php/ru/technical-sciences-212/informatics-computer-science-and-automation-212/13341-212-831>. – 26.08.2015. 5. Internet shop of Lego Mindstorms [Electronic resource] – Available at: \www/URL: <http://shop.lego.com>. 6. Филиппов, С. А. Робототехника для детей и родителей [Текст] / С. А. Филиппов – СПб.: Наука. – 2013. – 319 с. 7. Сайт образовательных программ корпорации Lego [Электронный ресурс] – Режим доступа: \www/URL: <http://www.legoeducation.com>. 8. Дусеев, В. Р. Управление роботом Lego NXT посредством Bluetooth [Текст] / В. Р. Дусеев // Вестник науки Сибири. Серия: Информационные технологии и системы управления. – 2014. – № 2 (12). – С. 147–153. 9. Неведов, Г. А. Реализация алгоритма управления четырёхколёсным роботом Lego Mindstorms, обеспечивающего движение вдоль заданного пути [Электронный ресурс] / Г. А. Неведов // Молодёжный научно-технический вестник. – 2014. – № 2. – Режим доступа: \www/URL: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/551896.html>. – 10.09.2015. 10. Куафе, Ф. Взаимодействие робота с внешней средой [Текст] / Ф. Куафе. – М.: Мир, 1985. – 285 с.

Bibliography (transliterated): 1. Razdel robototekhnika. «DKO Elektronshchik» – Dom komponentov i oborudovaniia. Available: \www/URL: <http://www.electronshik.ru/class/robototekhnika-1817>. Last accessed 15.09.2015. 2. Official site of Lego Mindstorms NXT. Available: \www/URL: <http://www.lego.com/ru-ru/mindstorms/default.aspx?domainredir=www.mindstorms.com&ignorereferer=true>. 3. Rehlament sorevnovanyi robotov. Available: \www/URL: <http://www.myrobot.ru>. 4. Pechnikov, A. L., Zhmud', V. A., Trubin, V. G., Kolker, A. B. Perspektivy razvitiia robototekhnicheskikh uchebnykh stendov dlia vysshego spetsial'nogo obrazovaniia v oblasti robototekhniki, avtomatiki i mehatroniki. Trudy konferentsii Scientific World – Perspektivnye innovatsii v nauke, obrazovanii, proizvodstve i transporte. Available: <http://www.world.com.ua/index.php/ru/technical-sciences-212/informatics-computer-science-and-automation-212/13341-212-831>. Last accessed 26.08.2015. 5. Internet shop of Lego Mindstorms. Available: \www/URL: <http://shop.lego.com>. 6. Filippov, S. A. (2013). Robototekhnika dlya detey i roditel'ey. SPb.: Nauka, 319. 7. Official site of Lego Education. Available: \www/URL: <http://www.legoeducation.com>. 8. Duseev, V. R. (2014). Upravlenie robotom Lego NXT posredstvom Bluetooth. Vestnik nauki Sibiri. Seriya: Informacionnye tehnologii i sistemy upravleniya, № 2 (12), 147–153. 9. Nefedov, G. A. (2014). Realizatsiya algoritma upravleniya chetyrjohkolesnym robotom Lego Mindstorms, obespechivajushhego dvizhenie vdol' zadannogo puti. Molodjozhnyj nauchno-tehnicheskij vestnik, 2. Available: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/551896.html>. Last accessed 10.09.2015. 10. Kuafe, F. (1985). Vzaimodeistvie robota s vneshnei sredoi. Moscow: Mir, 285.

Поступила (received) 26.10.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Ащепкова Наталія Сергіївна – кандидат технічних наук, Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, доцент кафедри механотроніки; пр. Гагарина, 72, Дніпропетровськ, Україна, 49010; тел.: 066-292-01-47; e-mail: ashhepkova_natalja@rambler.ru.

Ащепкова Наталья Сергеевна – кандидат технических наук, Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, доцент кафедры механотроники; пр. Гагарина, 72, Днепропетровск, Украина, 49010; тел.: 066-292-01-47; e-mail: ashhepkova_natalja@rambler.ru.

Ashhepkova Natalja Sergeevna – candidate of technical sciences, Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, associate professor department of mechatronics; Gagarin av., 72, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010; tel.: 066-292-01-47; e-mail: ashhepkova_natalja@rambler.ru.

Капера Сергій Сергійович – аспірант, Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, кафедра механотроніки; пр. Гагарина, 72, Дніпропетровськ, Україна, 49010.

Капера Сергей Сергеевич – аспірант, Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, кафедра механотроники; пр. Гагарина, 72, Днепропетровск, Украина, 49010

Kapera Sergey Sergeevich – graduate student, Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, department of mechatronics; Gagarin av., 72, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010

УДК 656.254.5

П. В. ДОЛГОПОЛОВ, Т. В. ГОЛОВКО, Т. В. ГАЛИШИНЕЦЬ, А. ІВАНОВА

УДОСКОНАЛЕННЯ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО КЕРІВНИЦТВА ДІЛЬНИЦІ НА ОСНОВІ ПРОГНОЗНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ

Розроблено заходи з розширення функціонального складу диспетчерських систем управління. Розроблена модель побудови прогнозного графіку руху поїздів з урахуванням оперативних факторів перевізного процесу: діючі попередження, маса состава та потужність локомотивів, змінні станційні інтервали, наявність та довжина пасажирських платформ. Результати дослідження дозволяють формувати найбільш ефективний прогнозний графік руху поїздів, застосування якого підвищує дільничну швидкість та скорочує витрати на зупинки поїздів на дільниці.

Ключові слова: диспетчерська централізація, диспетчерське керівництво, поїзний диспетчер, станційний інтервал, прогнозний графік руху поїздів.

Вступ. В даний час з метою підвищення ефективності залізничних перевезень у Світі інтенсивно впроваджують інформаційні технології. Інформатизація дозволяє збільшити обсяги перевезень, скоротити транспортні витрати, підвищити якість перевезень, особливо у міжнародних транспортних коридорах (МТК) [1].

Однак в умовах світової глобалізації економіки залізниці, вже не повною мірою відповідають сучасним вимогам, які висувуються до транспорту, насамперед щодо вартості та тривалості доставки вантажів.

© П. В. Долгополов, Т. В. Головка, Т. В. Галишинець, А. Іванова, 2015