

14. Cui, S. Y. Building detection and Recognition from High Resolution Remotely Sensed Imagery [Text] / S. Y. Cui, Q. Yan, Z. J. Liu, M. Li // Proceedings of XXI ISPRS Congress. — Beijing, China, 2008. — Vol. XXXVII. — P. 411–416.
15. Зинченко, С. С. Раннее обнаружение несанкционированных мест складирования отходов, как способ предупреждения техногенных ЧС [Электронный ресурс]: сб. мат. междунар. науч.-практич. конф. / С. С. Зинченко // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы. — Минск, КИИ МЧС РБ, 2015. — С. 29. — Режим доступа: \www/URL: [http://kii.gov.by/file/Konf/Sbornik2015\(1\).pdf](http://kii.gov.by/file/Konf/Sbornik2015(1).pdf)

МОНІТОРИНГ НЕСАНКЦІОНОВАНИХ МІСЦЬ НАКОПИЧЕННЯ ВІДХОДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ

У статті аналізується можливість використання широко-доступних даних дистанційного зондування Землі та ГІС-технологій для виявлення несанкціонованих місць скупчення відходів, аналізу їх розвитку та побудови раціональних форм управління екологічною безпекою. Результати показують, що проблема, пов'язана з відсутністю методів ідентифікації елементів, що є джерелами формування екологічної небезпеки, ще існує.

Ключові слова: екологічна безпека, відходи, звалище, виявлення, космічні знімки.

Вамболь Віола Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра хімії, екології та експертних технологій, Національний аерокосмічний університет ім. Н. Е. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Україна, e-mail: violavambol@gmail.com.

Шмандий Володимир Михайлович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екологічної безпеки та організації природопольовання, Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, Україна.

Крета Дмитрій Леонідович, старший преподаватель, кафедра производства радиоэлектронных систем летательных аппаратов, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.

Вамболь Віола Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра хімії, екології та експертних технологій, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Україна.

Шмандий Володимир Михайлович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екологічної безпеки та організації природокористування, Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, Україна.

Крета Дмитро Леонідович, старший викладач, кафедра виробництва радіоелектронних систем літальних апаратів, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Україна.

Vambol Viola, National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Ukraine, e-mail: violavambol@gmail.com.

Shmandij Volodymyr, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University, Ukraine.

Kreta Dmytro, National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Ukraine

УДК 629.7.615.3

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.51215

Ащепкова Н. С.

РОЗРОБКА АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МОДЕЛІ РОБОТА-НАВАНТАЖУВАЧА НА БАЗІ LEGO MINDSTORMS NXT

Представлено функціональну схему та алгоритм адаптивної системи керування моделі робота-навантажувача на базі Lego Mindstorms NXT. Проаналізовані швидкодія й продуктивність для трьох способів керування моделлю робота. Для забезпечення швидкодії рекомендується частину задач керування перенести з ЕОМ на убудований процесор робота.

Ключові слова: адаптивність, система керування, імітаційне моделювання, робот-навантажувач.

1. Вступ

Робот, як керована машина має наступні властивості [1]:

- *універсальні можливості*, тобто здатність виконувати різні механічні дії в реальному просторі;
- *адаптивність* до зовнішнього середовища, тобто здатність самостійно пристосовуватися (змінювати свою стратегію, кінематичну конфігурацію, траєкторію або параметри руху) залежно від змін робочого простору.

Роботи Lego Mindstorms активно й широко використовуються в студентській науково-дослідницькій діяльності для апробації різних способів керування, алгоритмів програмування та траєкторій руху [2–4]. Крім

того на базі Lego Mindstorms здійснюється імітаційне моделювання виробничих процесів з використанням роботів. Моделі, алгоритми і методи керування, які застосовуються у гнучких виробничих системах, базуються на результатах імітаційного моделювання. Таким чином, розробка адаптивної системи керування моделі робота-навантажувача на базі Lego Mindstorms NXT є актуальною науково-прикладною задачею.

2. Постановка проблеми

Задана предметна область із розташуванням заданої кількості об'єктів (деталей). Зазвичай для змагань з робототехніки, предметна область задана як біле коло діаметром 1 м обмежене чорною смугою шириною 50 мм (рис. 1).

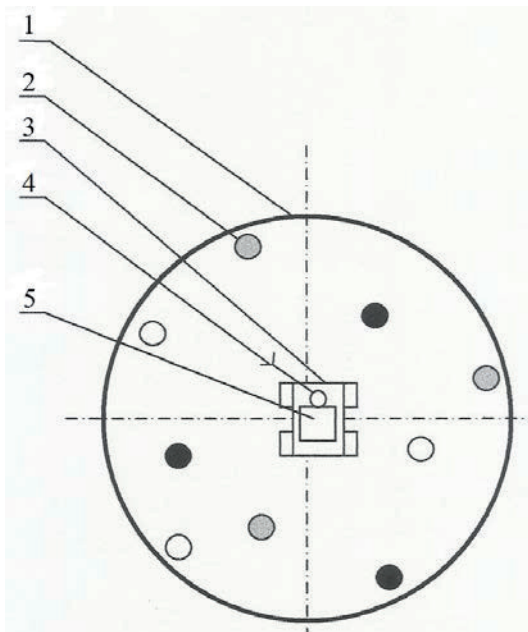


Рис. 1. Завдання для моделі робота-навантажувача: 1 — предметна область; 2 — об'єкти маніпулювання; 3 — модель робота-навантажувача; 4 — маніпулятор; 5 — кошик для транспортування об'єктів

Завдання робота-навантажувача: сформувати комплект деталей по зазначеній ознаці (колір, форма) та доставити його в задану точку. Об'єкти розподілені в предметній області у випадковому порядку, серед об'єктів є такі, що не задовольняють зазначеній ознаці. Об'єкти, що не задовольняють зазначеній ознаці, розглядаються як перешкоди. Під час імітаційного моделювання рухів робота-навантажувача потрібно не лише зібрати комплекти деталей за ознакою і перемістити їх з точки старту у точку фінішу, але й синтезувати траєкторію руху з метою уникання зіткнень з перешкодами.

Відпрацювання конкурсних завдань на змаганнях мають обмеження в часі та оцінюються за критерієм продуктивності: яку кількість об'єктів, що задовольняють зазначеній ознаці, зібрано та успішно транспортовано до точки фінішу.

Таким чином, потрібно розробити сумісну з Lego Mindstorms систему керування, для якої критеріями оптимальності є швидкість та продуктивність.

3. Аналіз літературних даних

Апаратне й програмне забезпечення Lego NXT, представлене прошиванням LEGO MINDSTORM Firmware 1.28 дозволяє здійснювати керування роботом трьома способами [2, 3]:

- підключення NXT до персонального комп'ютера (ПК) за допомогою USB-кабелю;
- бездротове з'єднання за допомогою Bluetooth-передавача;
- запис в Flash-пам'ять робота NXT попередньо скопійованої програми у форматі .RXE.

В [3] В. Р. Дусєєв доводить, що «...реализованный в роботе NXT механизм беспроводного соединения через SPP не обеспечивает достаточной скорости передачи данных для полного переноса вычислений на ПК». Там же запропоновано переносити частку керування

з критичною швидкістю на керуючий мікроконтролер AT91SAM7S256 робота NXT.

В [4] Г. А. Нефедов підкреслює, що використання ПІД-регулятора дозволяє реалізувати найпростіше керування роботом Lego Mindstorms з автомобільним компонуванням коліс.

Наведений аналіз дозволяє зробити висновок про актуальність та доцільність розробки адаптивної системи керування моделі робота-навантажувача на основі ПІД-регулятора.

4. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єктом дослідження є система керування моделі робота-навантажувача, створеної на базі комплекту Lego Mindstorms NXT (рис. 2).

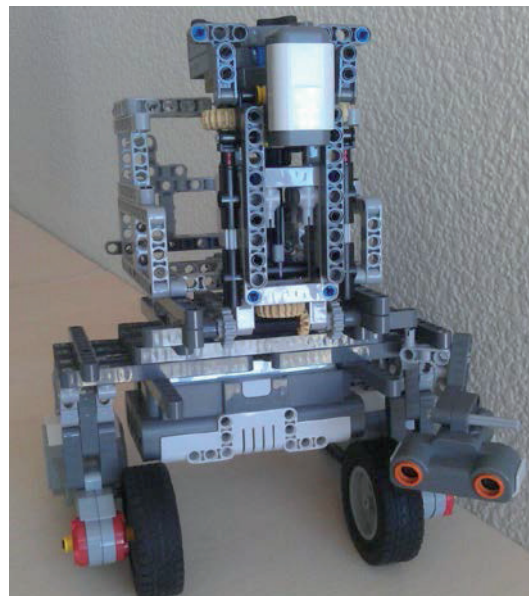


Рис. 2. Модель робота-навантажувача на базі Lego Mindstorms NXT

Модель робота-навантажувача оснащена маніпулятором з двопальцевим схватом, кошиком для транспортування об'єктів та чотирьохколесним повнопривідним шасі для забезпечення стійкого руху.

Мета дослідження — досягти заданих для системи керування моделі робота-навантажувача задач:

- пошук у предметній області найближчого об'єкту, що задовольняє зазначеній ознаці;
- аналіз напрямку та відстані до об'єкта;
- аналіз та розрахунок потужності, обертаючого моменту та часу витримки для приводів коліс;
- здійснення переміщення;
- захват об'єкту маніпулятором;
- завантаження об'єкту у кошик;
- аналіз напрямку та відстані до фінішної точки;
- здійснення переміщення;
- розвантаження об'єктів з кошика.

Для досягнення поставленої мети треба:

- розробити функціональну схему та алгоритм адаптивної системи керування моделі робота-навантажувача;
- обрати оптимальний склад системи керування на базі комплекту Lego Mindstorms NXT;
- довести переваги створеної системи керування за швидкістю й продуктивністю.

5. Розробка функціональної та структурної схеми адаптивної системи керування робота-навантажувача

Аналіз потоків інформації дозволив визначити функціональну схему системи керування; кількість і тип датчиків. Функціональна схема адаптивної системи керування робота-навантажувача приведена на рис. 3.

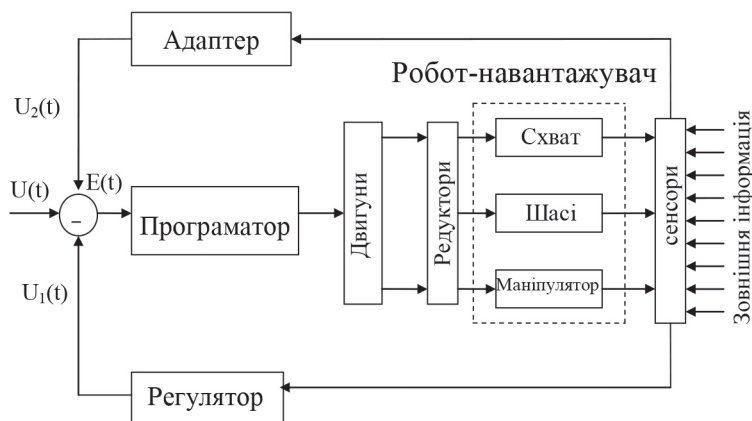


Рис. 3. Функціональна схема адаптивної системи керування моделі робота-навантажувача

Імітаційне моделювання виконання технологічних операцій робота-навантажувача доводить практичну потребу в адаптивному керуванні як засобі компенсації параметричних збурювань. Ця компенсація фактично забезпечується адаптером, який реалізує алгоритм самонастроювання параметрів керуючої системи.

При розробці системи керування робота-навантажувача принцип самонастроювання реалізовано і впроваджено застосуванням адаптера, який забезпечує формування й коректування керуючих сигналів, які подаються на приводи виконавчих механізмів. Блок адаптації використовує інформацію, що надходить у керуючу систему від системи сенсорів робота по каналах зворотного зв'язку.

Система сенсорів найчастіше вимірює лише частину змінних, що характеризують стани робота й зовнішнього середовища. Для відновлення значень невимірюваних змінних можна використовувати спеціальні ідентифікатори станів, або спостерігачі [5, 6]; але в ряді випадків досягнення мети керування можливо й за неповною інформацією. Отже, збір, зберігання й переробка сенсорної інформації необхідні лише в тій мінімальній мірі, у якій ця інформація потрібна керуючій системі для досягнення мети.

До складу стандартної системи NXT входить п'ять видів датчиків [7–9]: торкання (Touch Sensor), звуку (Sound Sensor), освітленості (Light Sensor), ультразвуковий датчик (Ultrasonic Sensor), датчик кольору (Color Sensor). Для розширення можливостей моделей можна скористатись сумісними з Lego Mindstorms датчиками інших виробників [10]. Запропонована система керування містить:

— датчик кольору: визначає до шести різних кольорів (синій, зелений, червоний,

жовтий, білий і чорний); дозволяє ідентифікувати об'єкти;

— світловий датчик: визначає рівень яскравості; дозволяє контролювати наближення до лінії обмеження предметної області;

— ультразвуковий датчик: вимірює відстань до найближчого об'єкту у діапазоні 9–75 см;

— компас: дозволяє визначити північний напрямок, повертаючи поточне відхилення робота в радіанах.

Керування швидкістю обертання коліс та маневрування робота вздовж заданої траєкторії здійснюється за допомогою сервоприводів.

Блок автоматичного програмування рухів (програмактор) розробляє алгоритми, які оперативно враховують зміни зовнішньої обстановки (наприклад, появу перешкод) і здійснюють адаптацію шляхом корекції програми руху. Завдяки цьому робот може самостійно обходити перешкоди й маніпулювати неорієнтованими деталями. Одночасно з керуванням рухом виникає завдання аналізу навколишнього середовища. Роботу, щоб прийняти оптимальне рішення й розробити оптимальну стратегію, потрібно проаналізувати поточну ситуацію, зрівнявши її з великою «базою правил». У такому випадку доцільне застосування експертної системи із продукційною моделлю подання знань, де правила представлені у вигляді умов «Якщо (умова), тоді (дія)». Коректувати керуючий вплив необхідно кожні 50 мілісекунд із метою забезпечення своєчасної реакції на зміну стану зовнішнього середовища.

Застосування такої системи обумовлює перевищення виділеного обсягу оперативної пам'яті для однієї програми (32 Кб) і виникає необхідність задіяти додаткові ресурси. Одним з можливих рішень означеної проблеми є перенос критичних ресурсомістких завдань з ПК на мікроконтролер робота NXT. На рис. 4 представлена блок-схема алгоритму роботи адаптивної системи керування моделі робота-навантажувача.

Застосування такої системи обумовлює перевищення виділеного обсягу оперативної пам'яті для однієї програми (32 Кб) і виникає необхідність задіяти додаткові ресурси. Одним з можливих рішень означеної проблеми є перенос критичних ресурсомістких завдань з ПК на мікроконтролер робота NXT. На рис. 4 представлена блок-схема алгоритму роботи адаптивної системи керування моделі робота-навантажувача.



Рис. 4. Блок-схема алгоритму роботи адаптивної системи керування моделі робота-навантажувача

Для визначення оптимального керування розглянемо три способи:

- підключення NXT до ПК за допомогою USB-кабелю;
- бездротове з'єднання за допомогою Bluetooth-передавача;
- перенос критичних ресурсомістких завдань з ПК на мікроконтролер робота NXT.

Проведені експериментальні дослідження по 20 реалізацій кожного способу керування рухом моделі робота, для початкових умов: загальна кількість об'єктів $N1 = 8$; кількість об'єктів, що задовольняють зазначеній ознаці $N = 4$; розміщення об'єктів у предметній області однакове. Результати експериментальних досліджень реалізації різних способів керування наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень

Спосіб керування	Середнє значення використаного часу, с	Математичне очікуванн ^я кількості зібраних об'єктів, $N = 4$	Математичне очікуванн ^я кількості зіткнень з перешкодами, $N2 = 4$
Підключення NXT до ПК за допомогою USB-кабелю	110	3,8	2,8
Бездротове з'єднання за допомогою Bluetooth-передавача	95	3,2	1,5
Перенос критичних ресурсомістких завдань з ПК на мікроконтролер робота NXT	80	3,7	1,3

6. Висновки

Представлено функціональну схему та алгоритм адаптивної системи керування моделі робота-навантажувача на базі Lego Mindstorms NXT.

Проаналізовані швидкодія й продуктивність для трьох способів керування моделлю робота. Для забезпечення швидкодії рекомендується частину задач керування перенести з ЕОМ на убудований мікроконтролер робота NXT. У такому випадку забезпечується прийнятний час реакції на збурення і зміни предметної області. У той же час ресурсомісткі завдання продовжують оброблятися на персональному комп'ютері з наступним коректуванням дій робота через бездротовий канал зв'язку відповідно до прийнятого рішення.

Проведені експериментальні дослідження по 20 реалізацій кожного способу керування рухом моделі робота, для однакових початкових умов (кількості та розміщення об'єктів). Відсутність багаторазового обміну інформацією між мікроконтролером і комп'ютером значно підвищує швидкодію і не знижує продуктивність дій моделі робота.

Література

1. Куафе, Ф. Взаимодействие робота с внешней средой [Текст] / Ф. Куафе. — М.: Мир, 1985. — 285 с.
2. 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.sworld.com.ua/index.php/ru/technical-sciences-212/informatics-computer-science-and-automation-212/13341-212-831. — 26.08.2015.
3. 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.
4. Нефедов, Г. А. Реализация алгоритма управления четырехколесным роботом Lego Mindstorms, обеспечивающего движение вдоль заданного пути [Электронный ресурс] / Г. А. Нефедов // Молодежный научно-технический вестник. — 2014. — № 2. — Режим доступа: \www/URL: http://sntbul.bmstu.ru/doc/551896.html. — 10.09.2015.
5. Зубов, В. И. Лекции по теории управления [Текст] / В. И. Зубов. — М.: Наука, 1975. — 495 с.
6. Красовский, Н. Е. Теория управления движением [Текст] / Н. Е. Красовский. — М.: Наука, 1968. — 476 с.
7. Official site of Lego Engineering [Electronic resource]. — Available at: \www/URL: http://www.legoengineering.com/
8. 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
9. Internet shop of Lego Mindstorms [Electronic resource]. — Available at: \www/URL: http://shop.lego.com
10. Раздел робототехника [Электронный ресурс] / «ДКО Электронщик» — Дом компонентов и оборудования. — Режим доступа: \www/URL: http://www.electronshik.ru/class/robototehnika-1817. — 15.09.2015.

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛИ РОБОТА-ПОГРУЗЧИКА НА БАЗЕ LEGO MINDSTORMS NXT

Представлена функциональная схема и алгоритм адаптивной системы управления модели робота-погрузчика на базе Lego Mindstorms NXT. Проанализированы быстродействие и производительность для трех способов управления моделью робота. Для обеспечения быстродействия рекомендуется часть задач управления перенести с ЭВМ на встроенный процессор робота.

Ключевые слова: адаптивность, система управления, имитационное моделирование, робот-погрузчик.

Ащепкова Наталія Сергіївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра механотроніки, Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, Україна, e-mail: ashhepkova_natalja@rambler.ru.

Ащепкова Наталья Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра механотроники, Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, Украина.

Ashhepkova Natalja, Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Ukraine, e-mail: ashhepkova_natalja@rambler.ru