

Висновки. В роботі проведено удосконалення алгоритму функціонування безпроводного модему передачі даних на 64 відліки [3, 8], а саме: розроблено підпрограму реалізації ЗШПФ та ШПФ з кількістю вхідних/вихідних відліків, рівною 1024. В якості пристрою обробки даних застосовано ЦСП ADSP-21160, що має кращі характеристики в порівнянні з мікроконтролером ATmega128. Частотний діапазон, який займають сигнали згідно виразів (1) і (2) складає 8 МГц. Ця смуга частот найбільш наближена до параметрів стандарту передачі даних 802.16e. Тому дослідження проводились в цій смузі частот і показали ефективність обраного шляху реалізації програмного забезпечення та схемотехнічних рішень.

Література

1. Dahlman E., Parkvall S., Skold J. 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband. – London: ELSEVIER, 2010. – 431 p.
2. Jeffrey G. A., Arunabha G., Rias M. Fundamentals of WiMAX: Understanding Broadband Wireless Networking. – Washington: Pearson Education, Inc., 2007. – 478 p.
3. Макаренко А. О. Багатоканальна телекомунікаційна система на основі мережі електроживлення: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі / А. О. Макаренко. – К.: ДУІКТ, 2011. – 156 с.
4. Visual DSP++ Development Software Release 5.0 [Електронний ресурс] // – Режим доступу : <http://www.analog.com>
5. Проектирование с использованием процессоров Analog Devices [Електронний ресурс] // – Режим доступу : <http://kit-e.ru>
6. Вальпа О.Д. Разработка устройств на основе цифровых сигнальных процессоров фирмы Analog Devices с использованием VisualDSP++ / О.Д. Вальпа. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 270 с.
7. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов / Р. Лайонс ; пер. с англ. – [2-е изд.]. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2006 г. – 656 с.
8. Гринкевич Г.О. Розробка імітаційної моделі та алгоритмів функціонування МІМО-системи / Г.О. Гринкевич, А.О. Макаренко // Зв'язок. – 2012. – №2. – С. 29-33.

УДК 62-231.3.:621.313.8

Шворов С.А., д.т.н. (Нац. унів.-т біоресурсів і природокористування України)

МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ УНІВЕРСАЛЬНИМИ РОБОТАМИ-МАНІПУЛЯТОРАМИ

Шворов С.А. Метод оптимального управління універсальними роботами-маніпуляторами. Пропонується метод управління універсальними роботами-маніпуляторами, за допомогою якого в інтелектуальній системі управління забезпечується виконання найбільшої кількості оперативних завдань при обмеженнях на часові витрати.

Ключові слова: РОБОТ-МАНІПУЛЯТОР, СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ. ОПЕРАТИВНЕ ЗАВДАННЯ

Шворов С.А. Метод оптимального управления универсальными роботами-манипуляторами. Предлагается метод управления универсальными роботами-манипуляторами, с помощью которых в интеллектуальной системе управления обеспечивается выполнение наибольшего количества оперативных заданий при ограничениях на временные затраты.

Ключевые слова: РОБОТ-МАНИПУЛЯТОР, СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ. ОПЕРАТИВНОЕ ЗАДАНИЕ

Shvorov S.A. A method of optimal control of universal robotic arm. A method is proposed universal control a robotic arm to help in intellectual control system ensures compliance with the greatest number of operational assignments and restrictions on the time spent.

Keywords: ROBOTIC ARM, CONTROL SYSTEM, OPERATIONAL TASK

Вступ. Одним з перспективних напрямків сучасної робототехніки є створення універсальних роботів-маніпуляторів (УРМ), призначених для виконання широкого кола робіт, пов'язаних з пошуком (знаходженням), збором, завантаженням, перевезенням та переробкою різноманітних матеріалів. До складу подібних роботів входить маніпуляційна система для виконання технологічних операцій, транспортна система, що призначена для доставки маніпуляційного обладнання до місця проведення технологічних операцій, а також система управління УРМ, яка забезпечує керування його виконавчими вузлами. При часових обмеженнях на роботу УРМ виникає необхідність у розробці та використанні інтелектуальної системи управління (ІСУ) УРМ. Ефективність функціонування такої системи в значній мірі залежить від якості управління УРМ з виконання оперативних завдань (ОЗ).

Як показує аналіз досліджень і публікацій, управління УРМ відбувається на основі особистого досвіду оператора. У даному випадку керування групою УРМ призводить до нераціонального часу їх використання [1]. Перспективним напрямком усунення зазначеного недоліку є розробка та використання у математичному забезпеченні ІСУ методу оптимального управління УРМ щодо виконання різних типів ОЗ.

Метою проведеного в цій роботі дослідження є розробка методу оптимального управління універсальними роботами-маніпуляторами щодо виконання різнотипних оперативних завдань.

Результати досліджень. У загальному випадку постановка задачі побудови ІСУ зводиться до наступного: необхідно знайти з множини можливих варіантів (X) такий варіант ІСУ (x), при якому забезпечується виконання максимально можливої кількості ОЗ за визначений час (T) функціонування УРМ. При цьому передбачається, що процес управління ОЗ являє собою керований N -етапний динамічний процес, який на кожному (n -му) етапі характеризується двома видами параметрів: параметрами керування m_n (кількістю спланованих типових ОЗ для виконання) і параметрами стану $G_n(m_n)$ (якістю виконання ОЗ на n -му етапі) [1...3]. У вигляді обмежень виступає сумарний ресурс часу функціонування УРМ (T), що виділяється на виконання робіт.

Кінцевою метою управління (W_N) є виконання УРМ максимальної кількості ОЗ.

Загалом задача оптимального управління процесом відпрацювання УРМ оперативних завдань різних типів може бути подана наступним чином.

$$\text{Знайти} \quad \max W_N = \sum_{n=1}^N G_n(m_n) \quad (1)$$

$$\text{при} \quad T_N \leq T, \quad (2)$$

де T_N – використаний час на протязі N етапів функціонування УРМ.

З урахуванням дискретного опису процесу планування ОЗ цільова функція ефективності функціонування УРМ (W_N) може бути подана сумою

$$W_N = \sum_{n=1}^N G_n(m_n) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N P_n(m_n), \quad (3)$$

де $P_n(m_n)$ – імовірність якісного (своєчасного та безпомилкового) виконання ОЗ n -го типу;

m_n – кількість спланованих ОЗ для виконання УРМ на n -му етапі;

N – загальна кількість типів ОЗ.

Таким чином, необхідно знайти таку кількість ОЗ для відпрацювання УРМ на кожному етапі, щоб максимізувати цільову функцію (3) при наступних обмеженнях:

$$\left. \begin{array}{l} a) \quad m_n = 0, 1, 2, \dots, \\ b) \quad \sum_{n=1}^N t_n m_n \leq T, \end{array} \right\} \quad (4)$$

де t_n – час виконання n -го типу ОЗ на n -му етапі функціонування УРМ.

Для знаходження оптимальних значень $\{m_n\}$ скористуємося методом динамічного програмування [1, 2].

Позначимо через $\Lambda_r(\xi)$

$$\max_{m_1, \dots, m_r} \sum_{n=1}^r G_n(m_n) \quad (5)$$

при умові

$$\sum_{n=1}^r t_n m_n \leq \xi \quad (6)$$

Після нескладних перетворень переходимо до наступного рекурентного співвідношення динамічного програмування:

$$\Lambda_r(\xi) = \max_{m_r} \{G_r(m_r) + \Lambda_{r-1}(\xi - t_r m_r)\} \quad (r = 1, \dots, N) \quad (7)$$

при умові

$$0 \leq m_r \leq \frac{\xi}{t_r}. \quad (8)$$

Характерним для динамічного програмування є визначений методичний захід, а саме: процес управління УРМ поділяється на N етапів і здійснюється послідовна оптимізація кожного з них. На кожному r -му етапі з урахуванням усіх можливих припущень результатів попереднього етапу обчислюється основне рекурентне співвідношення (7) та визначається умовний оптимальний параметр керування m_r [1...3].

Прийнявши $\xi = T$ та припустивши у (7) $r=N$, отримаємо наступне співвідношення:

$$\Lambda_N(\xi = T) = \max_{m_N} \{G_N(m_N) + \Lambda_{N-1}(T - t_N m_N)\} \quad (9)$$

при умові

$$0 \leq m_N \leq \frac{T}{t_N}.$$

Знайшовши з (9) оптимальне значення $m_{N_{opt}}$ та припустивши $\xi_1 = T - t_N m_{N_{opt}}(T)$, послідовно, починаючи з $(N-1)$ -го етапу, знаходяться оптимальні значення решти змінних: $m_{N-1}, m_{N-2}, \dots, m_1$. Необхідно відзначити, що метод динамічного програмування являє собою направлений послідовний перебір варіантів, що обов'язково приводить до глобального максимуму й оптимального вирішення задачі (1).

Використання розробленого методу в ІСУ передбачає вирішення наступних груп задач: планування ОЗ, контролю та управління УРМ (рис. 1).

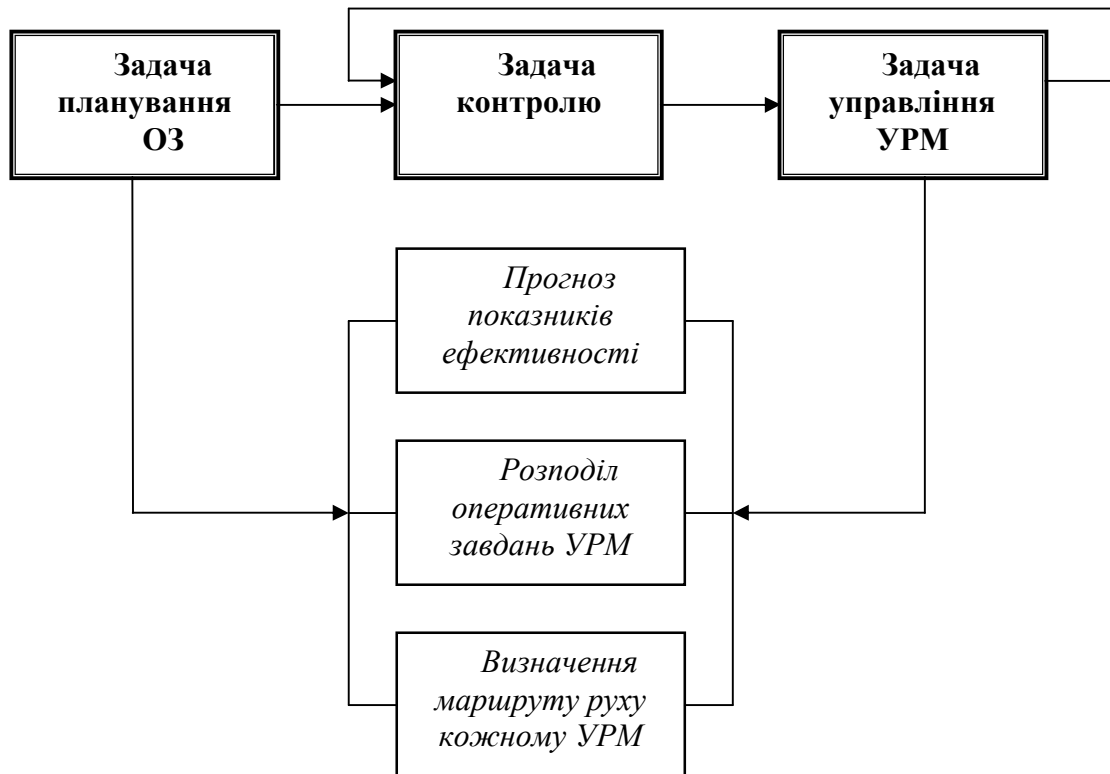


Рис. 1. Схема взаємодії задач

Розв'язання даних задач за допомогою ІСУ передбачає вирішення наступних підзадач: прогнозу показників ефективності функціонування УРМ, розподілу оперативних завдань та визначення маршруту руху кожному УРМ.

При розв'язанні задачі прогнозу показників ефективності функціонування УРМ необхідно враховувати нестационарність, стохастичність процесу, наявність неповної інформації та ін.

Підхід до вирішення задачі компромісно-оптимального вибору маршруту руху УРМ в конфліктному середовищі наведено в [4].

Визначення оптимальних маршрутів пересування МР полягає у вирішенні задачі синтезу компромісно-оптимальних траєкторій руху мобільних роботів з розпізнаванням перешкод в конфліктному середовищі.

Під конфліктним середовищем розуміється сукупність різноманітних предметів (рухомих та нерухомих), розташованих у зоні пошуку, наближення мобільного робота до яких небажано. Предмети, що складають конфліктне середовище, будемо називати конфліктуючими. Як правило, конфліктне середовище складається з конфліктуючих предметів (перешкод), наявність яких у зоні пошуку оптимальної траєкторії зумовлена процесами, не зв'язаними з проходженням через цю зону МР. Конфліктуючі предмети даного класу будемо називати пасивними. Однак інколи при розв'язанні деяких специфічних задач синтезу компромісно-оптимальних траєкторій доводиться мати справу з конфліктуючими іншими мобільними роботами, що також знаходяться та рухаються в зоні пошуку для просування МР до кінцевої цільової точки. Конфліктуючі предмети цього класу будемо називати активними.

Таким чином, для правильного розв'язання задачі синтезу компромісно-оптимальних маршрутів пересування роботів, що рухаються в конфліктному середовищі, необхідно щоб методика розрахунку цих маршрутів дозволяла враховувати вид перешкод, та на підставі його властивостей, кількісно оцінити вплив конфліктного середовища на траєкторію

пересування мобільного робота.

Розпізнавання перешкод включає в себе ряд кроків: сприйняття образу (технічне вимірювання), попереднє опрацювання отриманого сигналу (фільтрація), виділення потрібних характеристик (індексація), класифікація перешкоди та прийняття рішення.

На першому кроці для сприйняття образу можна використати сприймаючий елемент, наприклад HiTechnic. Він може працювати у трьох режимах: відрізнити шість кольорів, чи розподіляти сприйнятий колір на три кольори режиму RGB (червоний, зелений, синій); фіксувати зовнішнє освітлення і видавати результат в умовних одиницях; фіксувати відбите світло, створене власним випромінювачем і видавати результат в умовних одиницях. Для попереднього опрацювання (фільтрації) вхідних образів доцільно використати Вейвлет-аналіз, який базується на використанні вейвлетів, що являють собою математичні функції та дозволяють аналізувати різні частотні компоненти. У загальному випадку такий аналіз відбувається в площині: вейвлет-коефіцієнт – час – рівень. Самі вейвлет-коефіцієнти визначаються інтегральним перетворенням сигналу. Отримані вейвлет-спектрограми принципово відрізняються від рядів Фур'є тим, що дають чітку прив'язку спектра особливостей сигналу до часу.

Третій та четвертий кроки розпізнавання образів, як правило, об'єднуються в системі розпізнавання образів (СРО), яка і є головним елементом такого інтелектуального комплексу. Алгоритм синтезу СРО є достатньо відпрацьованим: отримання тренувальної вибірки, вибір способу представлення даних та значимих характеристик, розробка класифікуючого критерію, навчання СРО, перевірка якості роботи з можливістю повернення до кроку 2 (або навіть і до кроку 1), оптимізація СРО.

Як відомо, протягом дослідження проблем розпізнавання образів виокремились два основні підходи – детерміністичний та статистичний. Перший крок включає в себе математичні формалізовані емпіричні і евристичні методи, другий – базується на фундаментальних результатах математичної статистики. Однак, під час практичної реалізації відповідних інтелектуальних систем строго їх розподілити досить складно, а інколи і неможливо.

До проміжного класу СРО можна віднести і нейронні мережі (НМ). Традиційна для такого підходу щодо вирішення задач розпізнавання образів використовується нейромережева архітектура, тобто багат шаровий перцептрон. Враховуючи налагодженість програмних засобів та здатність до адаптивного підлаштування в умовах динамічної розмитості технологічної інформації, саме цей математичний апарат доцільно використовувати для створення СРО.

Для досягнення кінцевої мети (W_N) функціонування ІСУ з використанням вищезазначеного методу розробляється оптимальний план поетапного відпрацювання типових ОЗ. На основі застосування ІСУ для кожного етапу функціонування УРМ, поки мета (W_N) не досягнута, повторюється наступна послідовність дій:

- відповідно до оптимального плану здійснюється відпрацювання набору типових ОЗ;
- на основі порівняння поточної кількості виконаних типових ОЗ з необхідним приймається рішення про подальший хід управління УРМ. Якщо поточна кількість виконаних ОЗ не нижче необхідної – управління УРМ щодо відпрацювання спланованої кількості ОЗ не змінюється. В інших випадках, в залежності від кількості виконаних ОЗ на n -му етапі, виникає необхідність в адаптивній зміні (повторній оптимізації) плану відпрацювання різних типів ОЗ. З цією метою для кожного етапу функціонування УРМ (починаючи з n -го) забезпечується формування оптимального набору відпрацювання ОЗ з урахуванням обмежень на часові витрати.

Висновок. Таким чином, за допомогою розробленого методу на кожному етапі процесу функціонування УРМ забезпечується формування та відпрацювання оптимального набору ОЗ з урахуванням обмежень відведеного часу. При цьому забезпечується досягнення максимальної кількості виконаних типових ОЗ у різних умовах обстановки.

Література

1. Растрингин Л.А. Обучающие системы / Л.А. Растрингин // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. – 1993. – № 2. – С. 153-163.
2. Зайченко Ю.П. Исследование операций: учеб. пособие для студ. ВУЗ-ов / Ю.П. Зайченко. – [2-е изд.]. – К.: Вища школа, 1979. – 392 с.
3. Зайченко Ю.П. Исследование операций: сборник задач. – [2-е изд.]. – / Ю.П. Зайченко, С.А. Шумілова. – К.: Вища школа, 1990. – 239 с.
4. Осинский Л.М. Методы оптимизации с приложениями к военному делу / Л.М. Осинский. – К.: КВІРТУ ППО, 1971. – 263 с.
5. Підхід до вирішення задачі компромісно-оптимального вибору маршруту руху об'єктів в конфліктному середовищі / С.А. Шворов, А.М. Берназ, О.І. Бурчак [та ін.] // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2008. – № 19. – С. 63–70.
6. Шворов С.А. Обґрунтування раціонального варіанту побудови інтелектуальної роботизованої системи спеціального призначення [Електронний ресурс] / С.А. Шворов, І.М. Болбат, В.М. Штепа // Энергетика і автоматика. – 2012. – № 2(12). – Режим доступу : www.nbuiv.gov.ua/e-Journals/eia/2012_2/index.htm.

УДК 004.056.53

Букелкул Салих, асп. (*Гос. университет информационно-коммуникационных технологий*)

ПРЕДЕЛЬНАЯ ТЕОРЕМА ДЛЯ СУММ СЛУЧАЙНОГО ЧИСЛА СЛУЧАЙНЫХ СЛАГАЕМЫХ

Букелкул Салих. **Гранична теорема для сум випадкового числа випадкових доданків.** Доводиться гранична теорема, що встановлює необхідну і достатню умову для збіжності до граничного розподілу сум випадкового числа незалежних однаково розподілених випадкових доданків, причому передбачається, що послідовність індексів сумування, нормована деякою послідовністю постійних, сходиться до одиниці.

Ключові слова: ГРАНИЧНИЙ РОЗПОДІЛ, ГРАНИЧНА ТЕОРЕМА, ЗБІЖНІСТЬ

Букелкул Салих. **Предельная теорема для сумм случайного числа случайных слагаемых.** Доказывается предельная теорема, устанавливающая необходимое и достаточное условие для сходимости к предельному распределению сумм случайного числа независимых одинаково распределенных случайных слагаемых, причем предполагается, что последовательность индексов суммирования, нормированная некоторой последовательностью постоянных, сходится к единице.

Ключевые слова: ПРЕДЕЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ПРЕДЕЛЬНАЯ ТЕОРЕМА, СХОДИМОСТЬ

Boukelkul Salikh. **Limit theorem for the sums of random number of random variables.** Prove a limit theorem that establishes a necessary and sufficient condition for the convergence to the limit distribution of sums of random number of independent and identically distributed random variables, and it is assumed that the sequence of summation indices, normalized by some sequence of constants, converge to one.

Keywords: LIMIT DISTRIBUTION, LIMIT THEOREM, CONVERGENCE