

КОНЦЕПЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ВИРОБНИЧИХ АГЕНТІВ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

О. М. Цимбал

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: sc.secretary@kture.kharkov.ua

А. І. Бронніков

Асистент*

E-mail: avtomatuk@rambler.ru

О. І. Куценко*

E-mail: tapr@kture.kharkov.ua

Є. С. Шеїн*

E-mail: tapr@kture.kharkov.ua

*Кафедра технології та автоматизації

виробництва радіоелектронних

та електронно-обчислювальних засобів

Харківський національний університет радіоелектроніки

пр. Леніна 14, м. Харків, Україна, 61166

Розглянута концепція агентних виробничих систем, описана структура виробничого агента, процеси прийняття рішень в агентно-орієнтованих системах. В якості виробничих агентів пропонується впровадження інтелектуальних транспортних роботів, оснащених маніпуляторами і здатних виконувати переміщення деталей та виробів, окремі технологічних операцій. Розглянута реалізація багатозонових сенсорних систем виробничого типу

Ключові слова: виробнича система, інтелектуальний агент, прийняття рішень

Рассмотрена концепция агентных производственных систем, описана структура производственного агента, процессы принятия решений в агентно-ориентированных системах. В качестве производственных агентов предлагается внедрение интеллектуальных транспортных роботов, оснащенных манипуляторами и способных выполнять перемещение деталей и изделий, отдельные технологические операции. Рассмотрена реализация многозональных сенсорных систем производственного типа

Ключевые слова: производственная система, интеллектуальный агент, принятие решений

1. Вступ

Широке використання інтелектуальних математичних методів або їх комбінацій у виробництві спонукає розробку нових моделей виробничих процесів, що реалізуються у інтелектуальних виробничих системах (ІВС) [1, 2].

В наш час відкрита архітектура мультиагентних систем (МАС) стає основним напрямом розвитку систем розподіленого штучного інтелекту. І, хоча, універсального визначення агента нема, це не зупиняє дослідників від розширення областей застосування агентів. На практиці ці агенти зазвичай розглядаються як самокеровані програмні об'єкти, що мають власну систему оцінок і засоби незалежного розв'язання певних завдань з наступним розв'язанням більших завдань як за власною ініціативою, так і за запитами інших агентів.

Концептуальна модель агента складається з 4-х компонентів:

- сприйняття, що є каналом отримання інформації з зовнішнього світу;
- ефектор, що є інтерфейсом агента для зміни світу або впливу на стан спільноти агентів;
- система зв'язку, що є механізмом для обміну інформацією з іншими членами агентської спільноти;
- цілі, які є списком ролей, що їх має агент виконувати.

МАС є відкритою і розподіленою системою, що формується групою агентів, об'єднаних через мережу для

колективного розв'язання проблем. Сучасні виробничі системи, що є у більшості децентралізованими, є типовим застосуванням МАС. Переваг такого застосування багато: виробнича інформація зберігається і обробляється у розподілений спосіб на відміну від єдиних великих систем; забезпечується поліпшення якості виробничих систем шляхом навчання і взаємодії об'єктів; забезпечується метод інтеграції підприємства. Все це вказує на актуальність досліджень у галузі виробничого використання МАС.

2. Огляд архітектур агентних виробничих систем

В умовах виробництва агент є об'єктом з певним рівнем інтелекту, що може бути як фізичним об'єктом (робочий, верстат), так і логічним об'єктом типу наказу, завдання, директив. Для застосування виробничої системи, яка ґрунтується на агентах, має визначитися модель виробничого агента (ВА).

На рис. 1 представлена концептуальна модель ВА [1]. Набір процедур, механізм виведення, база знань і процесор сприйняття формують засіб обробки знань ВА. При цьому самонавчання, самоорганізація і самоадаптація є оптимізаторами ВА. Компонент моделювання забезпечує оцінку властивостей ВА. Робоча пам'ять зберігає тимчасові дані, що виробляються іншими частинами ВА. Механізм комунікацій забезпечує керування обміном повідомлень про завдання

ВА з іншими компонентами виробництва. Підсистема координації контролює внутрішні функції ВА, отримує запити на координацію від інших ВА [2].

Основні ознаки ВА:

- самоподібність: кожен ВА має подібну структуру;
- самонавчання: ВА має властивість координованого навчання;
- самоадаптація: ВА має підлаштовуватися до зовнішніх впливів;
- самоорганізація: ВА має організувати та визначати внутрішні процедури роботи з різними завданнями;
- самопідтримка: ВА може спостерігати за внутрішніми станами і підтримувати себе у найбільш ефективний спосіб.

Існує три загальноприйнятні типи мультиагентних систем: функціональний, на основі гєрєрєрєхїчної архїтектури, на основі архїтектури робочої області. Гєтєрєрєхїчна мультиагентна архїтектура має великі перспективи з-за самоорганїзації, масштабованості, стїйкості до похибок, зменшеної складності, бїльшїй гнучкості, зменшення коштїв, паралєлізму, сумїсності з Internet, можливїстю формування вїртуального пїдприємства. В гєтєрєрєхїчній мультиагентній виробничїй системї рїзнї ВА взаємодїють на рївнї вузлїв мережї без фїксованих вїдносини типу керївник-пїдлеглий. Цїлї системи досягаються взаємодїєю ВА. Вїдповїдно до загальної структури пїдприємства у [2] пропонується архїтектура виробничої структури на основї агентного пїдходу (рис. 1).

Операційна логїка пїдприємства подїляється на 4 частини: центральна частина, керування, планування, виробництво. Кожна частина складається з груп ВА. ВА центральної частини забезпечують керївництво пїдприємством, координацію і керування ним. ВА керування забезпечують виконання керуючих функцій на пїдприємствї. ВА планування впорядковують і розподїляють наявнї і потенційнї ресурси для пїдтримки досягнення цїлей пїдприємства. ВА виробничого типу забезпечують локальне керування і контроль виробництва. Усї ВА мають поєднуватися розподїленою мережею виробництва або Intranet. Мережа ВА є гєтєрєрєхїчною за властивостями. Кожен ВА має власнї властивості і цїлї, локальнї знання про виробничий процес. У ІВС людина взаємодїє з ВА за допомогою окремих ВА, наприклад Personal Assistant.

В мультиагентній виробничїй системї цїль досягається взаємодїєю виробничих агентїв. Кожен агент має тїльки локальнї знання про робоче середовище і локальнї його властивості.

Сумїсна і координована взаємодїя багатьох агентїв надає системї стїйкїсть, гнучкїсть і завадозахищенїсть. Це

робить концепцію виробництва, заснованого на агентному пїдходї, цїкавою для використання [3].



Рис. 1. Концептуальна модель виробничого агента

Проте, з точки зору реалїзації мультиагентних систем виробничого призначення увага має придїлятися не тїльки взаємодїї агентїв рїзних рївнїв. Важливою є реалїзація кожного з агентїв на усїх рївнях виробництва (рис. 2).

На рївнї планування виробництва особливу увагу привертають завдання планування ресурсїв, проектування технологїчних процесїв, складання розкладїв роботи, взаємодїї технологїчного обладнання. В таких умовах виробничий агент може реалїзуватися або вїртуально, як набїр функцій автоматизованої системи керування виробництвом, або фїзично у виглядї промислового або транспортного робота, здатного аналізувати конструктивнї та технологїчнї особливості виробництва на конкретному робочому мїсцї та умовах гнучкої автоматизованої дїльниці або цеху, спостерїгати за виробничим процесом, контролювати дотримання технологїї, реагувати на плановї та нештатнї виробничї ситуації і забез-

Центральні ВА



Рис. 2. Архітектура виробництва згідно моделі виробничих агентїв

печувати окремі функції оперативного керування виробництвом.

Таким чином, постає проблема впровадження концепції агентно-орієнтованих систем на основі застосування інтелектуальних виробничих агентів, здатних виконувати окремі виробничі завдання технологічного, транспортного та обслуговуючого характеру. Для реалізації концепції важливими моментами є розробка адаптивних систем прийняття рішень, реалізація розвинених сенсорних систем, технічна реалізація засобів обслуговування обладнання.

3. Реалізація агентно-орієнтованих виробничих систем

З практичної точки зору, виробничий агент (ВА) може бути реалізованим у вигляді інтелектуальної робототехнічної системи здатної переміщуватися в межах виробництва (його частини, зокрема гнучкої інтегрованої системи (ГІС)), виконувати транспортні, допоміжні, та, у певних випадках, технологічні операції, наприклад у здійсненні технологічних операцій збирання. Особливістю функціонування виробничого агента у робочому просторі (РП) є, здебільшого, детермінованість положення основних елементів РП (основного технологічного обладнання) і не детермінованість положення та властивостей другорядних елементів (транспортної системи, інших агентів, людей) [4, 5]. Приклад маршруту ВА у робочому просторі показано на рис. 3.

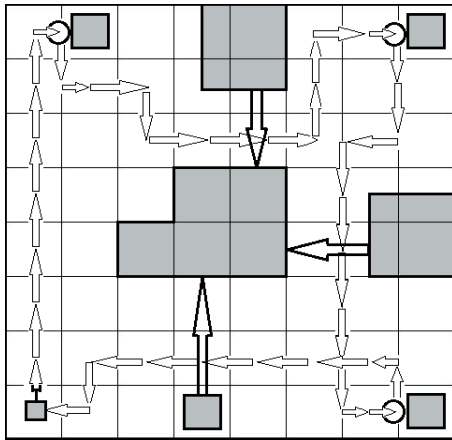


Рис. 3. Приклад маршруту ВА в робочому просторі ГІС

Інтелектуальний виробничий агент, як система, має наступні складові:

- система керування (СК) (забезпечує формування та обробку сигналів керування маніпулятором та шасі робота);
- шасі робота (забезпечує отримання інформації від СК, надсилання даних у СК, здійснення рухів);
- маніпулятор (або декілька маніпуляторів, забезпечує виконання виробничих функцій агента);
- сенсорна система (у складі датчики, що забезпечують надсилання сигналів про стан робочого простору (РП) у систему керування);
- система технічного зору (забезпечує огляд (моніторинг) РП та надсилання сигналів у СК робота);

– система зв'язку (забезпечує надсилання та отримання сигналів від СК робота, інших роботів).

При цьому, верхнім рівнем системи керування виробничого агента є інтелектуальна система підтримки прийняття рішень, яка забезпечує визначення низки важливих з точки зору функціонування ВА подій:

- прийняття рішення про переміщення маніпулятора (маніпуляторів) на рівні окремих операцій (взяти об'єкт, пересунути, покласти, поміняти об'єкти місцями тощо), у тому числі досягнення цільової точки;
- прийняття рішення про напрям рухів шасі мобільного робота (праворуч, ліворуч, прямо, назад тощо), зміни швидкості і прискорення;
- надсилання запитів стосовно стану давачів та системи технічного зору;
- оцінка очікуваного результату (прийнятого рішення);
- оцінка передумов прийняття рішень.

При цьому завдання виробничого агента мають подаватися у вигляді бажаного розташування робота у точці простору (або об'єкта простору), операцій (маніпуляцій) у точці простору (або об'єкта простору), отриманих дані про стан простору (за допомогою сенсорної системи або СТЗ) [6, 7].

Інтелектуальний виробничий агент має функціонувати у виробничому середовищі, яке має описуватися у певний спосіб, зокрема представляється як множина наступних об'єктів:

- об'єкти простору (координати об'єктів, напрям та швидкість руху, клас приналежності об'єкта, технічний стан, можливість використання під час виконання рішення);
- стан середовища (характер місцевості, наявність шляхів і їх стан, перешкоди і їх змін, опади, освітленість тощо).

Розглянемо елементи функціональної моделі опису роботи виробничого агента. Виробничий агент (ВА) функціонує у складі гнучкої інтегрованої системи (ГІС), стан якої характеризується множиною елементів $x_i \in X, i=0..n-1$.

ГІС існує у робочому просторі (РП) $s_i \in S, i=0..m-1$, що є 2-х або 3-х вимірним і залежить від часу.

ВА здатний планувати рішення $d_k \in D, k=0..l-1$ стосовно перетворення своїх станів і станів РП. Рішення реалізуються діями ВА: $a_i \in A, i=0..l-1$. Характер дій – рухи або маніпуляції: $a_{mv} \subset A, a_{mp} \subset A$.

Ціль функціонування ВА є станом $y \in X$, що досягається послідовним перетворенням станів: $x_0 \rightarrow x_1 \rightarrow \dots \rightarrow x_{n-1} = y$.

Таким чином в процесі досягнення мети відбуваються перетворення:

$$x_1 = f_1(x_0, y, s_0, d_0, a_0) + \epsilon_0, \quad \|x_1 - x_0\| \leq \epsilon_0,$$

.....

$$x_k = f_k(x_{k-1}, y, s_{k-1}, d_{k-1}, a_{k-1}) + \epsilon_k, \quad \|x_k - x_{k-1}\| \leq \epsilon_k,$$

.....

$$y = f_n(x_{n-1}, y, s_{n-1}, d_{n-1}, a_{n-1}) + \epsilon_n, \quad \|y - x_{n-1}\| \leq \epsilon_n,$$

де f - функція переходів,

ϵ - похибка переходу.

Переходи характеризуються вартістю $c_i \in A, i=1..n$ та тривалістю $t_i \in T, i=1..n$.

Метою роботи ВА є знаходження такої послідовності переходів f_1, \dots, f_n , яка забезпечуватиме перехід ПС з початкового стану x_0 у цільовий y .

$$\text{Умовами пошуку } \epsilon: \sum_{i=1}^n t_i \rightarrow \min, \sum_{i=1}^n c_i \rightarrow \min, \sum_{i=1}^n \epsilon_i \rightarrow \min.$$

4. Реалізація сенсорних систем агентно-орієнтованого виробництва

Реалізація інтелектуального виробничого агента вимагає здійснення процесу керування за допомогою автономної системи керування або, за певних умов, людини-оператора [7, 8].

Існує декілька типів організації вводу інформації до системи керування ВА, що можуть бути класифіковані таким чином:

- введення інформації від бортової системи прийняття рішень;
- введення керуючих команд від людини-оператора;
- введення інформації за допомогою голосових команд;
- введення інформації за допомогою візуальної системи керування.

Бортова система прийняття рішень здійснює керування ВА (роботом) за допомогою алгоритмів пошуку рішень, які закладені у самому керуючому пристрої робота. Основою для роботи системи прийняття рішень є інформація від сенсорної системи. Сенсорні пристрої робота та керування від ЕОМ складають карту місцевості. Керування ВА включає його позиціонування по цій карті. Сенсорна система ВА є обмеженою за можливостями, зокрема, при зміні навколишнього середовища не завжди відразу може перебудуватися карта робочого простору, у якому здійснюється орієнтація та керування.

Іншим прикладом організації введення інформації до ВА є керування на основі команд, які подає людина-оператор за допомогою керуючого пристрою [9]. Алгоритм керування обмежується окремим завданням команд і збільшенням часу на введення.

У третьому випадку дистанційне керування ВА здійснюється за допомогою голосових команд та аналізаторів. Кожну з цих команд людина задає окремо. Така система також потребує багато часу на введення і постійну присутність людини-оператора, крім того недоліком є нечіткість та індивідуальність при завданні команд.

Одним з перспективних методів керування ВА є візуальне керування (ВК). Візуальне керування є процесом, що ґрунтується на основі інформації, що надходить від системи технічного зору (візуальної підсистеми) в процесі функціонування і забезпечує адаптацію системи керування до змін параметрів робочого середовища роботизованої системи [10].

Основна особливість адаптивних систем візуального керування полягає у можливості отримання інформації та використання цієї інформації в процесі функціонування за дуже малий проміжок часу.

Прикладом застосування однозонової системи візуального керування може бути багатофункціональний мобільний робот (ВА), оснащений маніпулятором, обладнаний СТЗ із можливістю отримання інформації від глобальної системи технічного зору. За допомогою СТЗ

відбувається постійний аналіз гнучкої виробничої ділянки, спостереження за станом її об'єктів, виконання поставлених перед ВА задач. Сенсорна система здійснює спостереження за такими складовими гнучкої інтегрованої виробничої ділянки:

- статичні об'єкти (виробничі обладнання);
- динамічні об'єкти (люди, інші ВА, рухоме обладнання).

Якщо під час виконання завдання відбуваються зміни навколишнього середовища, система керування на основі інформації про виявлені системою технічного зору перешкоди, посилає до ВА команди для корегування маршруту.

Система візуального керування складається з персонального комп'ютера, системи технічного зору та бездротової системи передачі даних. Людина-оператор за допомогою маніпулятора «миша» на екрані ЕОМ може вказувати початкову та кінцеву точку маршруту, корегувати маршрут, що, в основному, прокладається інтелектуальною системою керування ВА. При цьому інформація про робочий простір отримується за допомогою глобальної системи технічного зору. Приклад введення інформації такої системі показано на рис. 4.

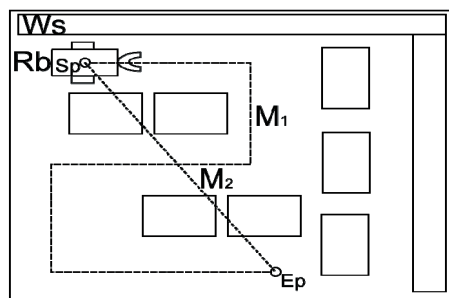


Рис. 4. Система візуального керування

Тут Ws – робочий простір, Rb – Виробничий агент (Робот), Sp – початкова точка руху ВА, Ep – кінцева точка руху ВА, M_1 – маршрут переміщення робота за умовою перешкод, M_2 – найкоротший шлях за умови відсутності перешкод.

Аналіз інформації про стан робочого простору здійснюється за допомогою методу Кенні та аналізу контурів. Розпізнавання положення робота забезпечується за допомогою класифікатора Хаара або штучної нейронної мережі (багатозаровий перцептрон). Для забезпечення навчання необхідно згенерувати достатньо велику кількість цільових та фонових (негативних) зображень.

Система ВК є актуальною для використання на виробництві. Візуальна інформація оцінюється за допомогою програмного забезпечення, що виявляє виникнення різного роду збурень і змінює процес керування. Виробничі системи технічного зору можна організувати за одно- та багатозоновими принципами.

Основним завданням багатозонової системи є спостереження за об'єктом у різних робочих зонах за допомогою декількох камер, розпізнавання об'єкта, визначення траєкторії руху. Для вирішення завдання використана бібліотека комп'ютерного зору OpenCV. Кількість камер може змінюватися, але при підключенні великої кількості камер існує проблема, пов'язана з великим навантаженням при передачі значного обсягу відеоінформації. Ця проблема вирішується шляхом зменшення розмірів

(якості) зображення, або зменшення частоти кадрів. Зони спостереження камер можуть бути розподіленими і не перетинатися (рис. 5, а), або мати спільні площі перетину (рис. 5, б)

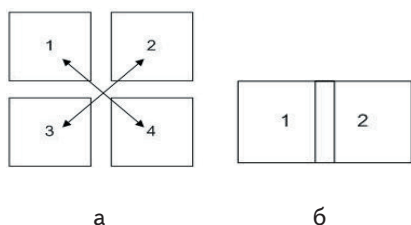


Рис. 5. Приклади робочого простору: а – розподілений простір; б – перетин робочих зон

Це спрощує визначення траєкторії руху об'єкта. Якщо об'єкта немає в полі зору камер, то необхідно дочекатися його появи. Для цього камери по черзі опитують на наявність руху. Робиться це з деякою затримкою з метою зниження навантаження на систему. Якщо об'єкт перебуває в полі зору камери, то вибір активної камери здійснюється за напрямком руху об'єкта. Але в такому випадку необхідна загальна система координат для кількох камер. Якщо об'єкт знаходиться на плоскій поверхні, а камери розташовані перпендикулярно до неї, то досить використовувати розміри зображення для визначення координат. У такому випадку початковою системою координат є система координат першої камери, на якій було виявлено рух. Якщо об'єкт виявлено відразу двома камерами, координатами об'єкта на другій камері стають координати об'єкта на першій камері. Далі відбувається обчислення зміщення системи координат.

Виявлення рухів можна виконувати різними способами Найвірнішим є виділення рухомого контуру і запис траєкторії руху. Траєкторія руху необхідна для визначення напрямку руху об'єкта. Використовуючи камеру, в поле зору якої з'явиться об'єкт, можна визна-

чити напрямку руху ВА, але тільки в тому випадку, коли положення камер відомі.

5. Висновки

Таким чином, на думку авторів, одним з перспективних напрямків розвитку сучасних гнучких інтегрованих виробничих систем є широке впровадження агентно-орієнтованих технологій, технічно виражених у формі виробничих агентів (ВА). ВА мають забезпечувати обслуговування технологічного обладнання на рівні виконання транспортних, допоміжних та збиральних операцій з перспективою виконання функцій настроювання. В подальшому, ВА мають забезпечити повну автоматизацію складальних операцій на конвеєрних лініях.

Для забезпечення функцій виробничих агентів авторами пропонується використати інтелектуальні транспортно-складальні роботи. Такі системи, окрім мобільної бази, мають оснащатися розвиненими сенсорними системами; засобами маніпуляції; адаптивними системами прийняття рішень, здатними розробляти плани поведінки виробничих агентів в умовах недетермінованого характеру робочого простору гнучкого інтегрованого виробництва.

В межах тематики статті авторами ведеться розробка інтелектуальної системи керування роботизованою збиральною системою, що складається з технологічного обладнання (складальні автомати), мобільних та маніпуляційних роботів [10]. Окремі одиниці технологічного обладнання та роботи є оснащеними сенсорними системами локального та глобального типу, процеси керування роботою обладнання забезпечуються вбудованими контролерами, що синхронізуються функціонуванням інтелектуальної автоматизованої системи керування.

Література

1. Kerak, P. Novel trends in the intelligent manufacturing systems [Electronic resource] / P. Kerak, R. Holubek, P. Kostal // Proc. Of 8th International Baltic Conference "Industrial Engineering", 19-21 Apr., 2012, Tallinn, 2012. Access mode: <http://innomet.ttu.ee/daaam/proceedings/pdf/Kerak.pdf>.
2. Qiao, Bing. Agent-based Intelligent Manufacturing System for the 21st Century [Electronic resource] / Bing Qiao, Jianying Zhu // International Forum for Graduates and Young Researches of EYPO, Hannover, The World Exposition in German, 2000. Access mode: http://www.graco.unb.br/alvares/DOCTORADO/papers_omega/www.shaping-the-future.de/pdf_www/152_paper.pdf.
3. Parker, Chris Cooperative Decision-Making in Decentralized Multiple-Robot Systems: the Best-of-N Problem [Electronic resource] / Chris A. C. Parker, Hong Zhang. 2009. - 12 p. - Access mode: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4801702.
4. Цимбал, О. М. Адаптивні методи та їх використання у робототехніці [Текст] / І. Ш. Невлюдов, О. М. Цимбал, С. С. Мільотіна, А. І. Бронніков // Технологія приборостроєння. Харьков. – 2011. – № 1. – С. 8-12.
5. Макарьчев, В. П. Метод переменных стратегий построения траекторий движения роботов в среде с препятствиями [Текст] / В. П. Макарьчев // Штучний інтелект. – 2008. – № 3. – С. 451-461.
6. Литвин, В. В. Мультиагентні системи підтримки прийняття рішень, що базуються на прецедентах та використовують адаптивні онтології [Текст] / В. В. Литвин // Штучний інтелект. – 2009. – № 2. – С. 24-33.
7. Atrash, Amin. Probabilistic Planning for Behavior-Based Robots [Text] / Amin Atrash, Sven Koenig // Proceedings of FLAIRS Conference. – 2001. – P. 531-535.
8. Thrun, S. Probabilistic Robotics [Text] / S. Thrun, W. Burgard, D. Fox. – The MIT Press, 2005. – 667 p.
9. Ross, S. Online Planning Algorithms for POMDPs [Text] / S. Ross, J. Pineau, S. Paquet, B. Chaib-draa // Journal of Artificial Intelligence Research. – 2008. – Vol. 32. – P. 663-704.
10. Tsybmal, A. M. Decision-making in Robotics and adaptive tasks [Text] / A. M. Tsybmal, A. I. Bronnikov // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2012), Kharkov, Sept. 14-17, 2012. – P. 417-420.