

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ АГЕНТИ ТА МУЛЬТИАГЕНТНІ СИСТЕМИ У ВИРОБНИЦТВІ**

**Постановка проблеми.** Сьогодні споживачі все частіше приймають участь у виробничих процесах підприємств шляхом висунення вимог до більш якісних продуктів з особистими специфікаціями та меншим терміном доставки. Класичні виробничі системи стають все менш актуальними, через те, що характеризуються високим об'ємом та низьким різноманіттям продукції, майже відсутністю гнучкості та високими витратами на заміну. Всі ці умови призводять до зниження ефективності класичної системи виробництва. Для того щоб відповідати вимогам споживачів та підвищити конкурентоспроможність свого товару, підприємства мають бути готові до таких змін, як скорочення партій, термінів поставки та життєвого циклу продуктів, збільшення асортименту продукції. Це безпосередньо стосується і українських підприємств. Для повного використання виробничих ресурсів та оперативного реагування на зміни продукції важливо змінити фактичні виробничі системи на більш гнучкі – інтелектуальні. За результатами досліджень іноземних науковців, інтелектуальна виробнича система, що будується на технології інтелектуальних Агентів –

є найбільш потенційним напрямом розвитку. Виробнича система, заснована на інтелектуальному Агентові, являє собою специфічне застосування теорії і методу Мультиагентної системи у виробничій сфері.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Співробітники Інституту економіки промисловості НАН України приділяють багато уваги питанням пов'язаним з інтелектуальною складовою виробничих систем. Такі вчені, як: Н.Ю. Брюховецька, І.П. Булеєв, І.В. Бриль, Я.С. Брюховецький, Є.І. Булеєв, Л.В. Іваненко, у своїх наукових працях активно досліджують проблеми інтелектуалізації промислових підприємств [1-4].

Визначенню поняття «інтелектуальний Агентові» в системах штучного розподіленого інтелекту приділено багато уваги зі сторони вітчизняних та закордонних вчених, таких як: В.Д. Боев [5], Ю.Р. Валькман [6], І.В. Варшавський [7], В.Л. Макаров [8], В.Б. Тарасов [9], М.Р. Фаттахов [10], Б. Хейес-Рот [11], І. Шоем [12], К. Сікара [13], С. Рассел [14], П. Маєс [15], Дж. Ржевський [20] та ін. (табл. 1).

Таблиця 1

**Трактатування сутності поняття «інтелектуальний Агентові»**

№ з/п	Автор	Сутність поняття
1	2	3
1	С. Рассел [14]	Будь-яка сутність, яка знаходиться в деякому середовищі, сприймає його за допомогою сенсорів, отримуючи дані, які відображають події, що відбуваються в середовищі, інтерпретує ці дані і діє на середовище за допомогою ефекторів
2	Б. Хейес-Рот [11]	Автор підкреслює, що інтелектуальні Агенти виконують три функції: 1) сприйняття динаміки середовища; 2) дії, що змінюють середовище; 3) міркування з метою інтерпретації спостережуваних явищ, вирішення завдань, виведення висновків і визначення дій
3	П. Маєс [15]	Автономні агенти – це комп'ютерні системи, що функціонують в складному, динамічному середовищі, здатні відчувати і автономно впливати на це середовище і, таким чином, виконувати безліч завдань, для яких вони призначені
4	І. Шоем [12]	Агентові – цілісна одиниця, опис стану якої включає такі психічні компоненти як переконання, здібності, зобов'язання і рішення
5	К. Сікара [13]	Автор виділяє наступні характеристики інтелектуальних агентів: здатність до вирішення задач; активність; напівавтономність; надійність; здатність до співробітництва з людьми або іншими комп'ютерними агентами; гнучкість; адаптивність; наполегливість у вирішенні задач
6	В. Д.Боев [5]	Агентові – це активний об'єкт, який володіє поведінкою і має можливість взаємодії з іншими агентами і середовищем
7	В.Л. Макаров [8]	Кожен з Агентові володіє заданим набором характеристик і цільовою функцією. На цій основі відбувається імітація реакції Агента на зміни зовнішнього середовища, які зачіпають його інтереси

1	2	3
8	М.Р. Фаттахов [10]	Основними властивостями і атрибутами Агентів називає: «автономність, інтелектуальність, репрезентативність, наявність життєвого циклу, самостійність від розробника моделі або зовнішнього оператора, взаємодія, цілеспрямованість, сприйняття світу, здатність навчатися і адаптуватися, наявність у Агента ресурсу»
9	Дж.Ржевський [20]	Інтелектуальні Агенти – програмні об'єкти (особливий рід комп'ютерних програм), здатні до взаємодії один з одним і аналізу інформації, отриманої через їх повідомлення один одному. У виправданні визначення "інтелектуальні", Агенти повинні бути здатні до прийняття рішень в умовах невизначеності ситуації, діяти при відсутності повної інформації, хоча б і в якій-небудь вузькій сфері

Таким чином, інтелектуальний Агент – це об'єкт який здатен виконувати завдання самостійно, без людського втручання. Він має володіти трьома важливими функціями: автономністю, адаптованістю і координацією. Автономія означає, що інтелектуальний Агент повинен виконувати пов'язані завдання активно без зовнішнього втручання (людського або іншого програмного забезпечення); адаптованість означає, що інтелектуальний Агент має здібності сприймати і адаптуватися до зовнішнього середовища і самонавчання. Координація є важливою особливістю Мультиагентної системи, в якій інтелектуальні Агенти координують і виконують завдання разом. Таким чином, здатність Мультиагентної системи не визначається здатністю одного інтелектуального Агента, а інтелектом, що проявляється взаємною координацією між ними.

**Метою статі** є дослідження інтелектуальних виробничих систем на основі інтелектуальних Агентів та визначення відмінних характеристик та переваг Мультиагентної системи виробництва від класичної для виявлення нових можливостей підприємств.

**Виклад основного матеріалу.** Комп'ютерно-інтегроване виробництво (КІВ) – це концепція, що була створена для вирішення саме цих задач, яка включає не тільки виробничі системи, але й реалізацію, запаси та адміністрування [16]. КІВ – це повна автоматизація підприємств шляхом інтеграції бізнес-функцій та виробничих функцій за допомогою застосування технологій. Всі процеси та дії контролюються в ієрархії комп'ютерних систем, а інформація, що розповсюджується, винятково у цифровій формі. Планування задач централізоване, а виробництво – практично послідовне. Але реалізація концепції потребує великих інвестицій, тривалих термінів виконання та складних структур. Все це гальмує розвиток підприємств та не дає змоги швидкій переконафігурації у динамічних умовах.

Щоб досягнути успіху в конкурентній боротьбі, підприємствам необхідна гнучка виробнича система, що зможе виконувати певні завдання: швидко адаптацію до ринкових умов, у яких організація матиме економічну вигоду; спроможність економічно будувати виробничий процес на основі різноманіт-

них вимог до продуктів; здатність проводити адаптивні самоорганізації, а також самонавчання та самообслуговування для всього динамічного процесу виробництва. Така виробнича система розкривається в повному обсязі у технологіях та системах штучного інтелекту, що стають базовими інструментами підвищення конкурентоспроможності та ефективності промислових підприємств.

Штучний інтелект є одним з технологічних проривів Революції 4.0. Технологічні досягнення виникають швидко і паралельно в різних (не суміжних один з одним) сферах, наприклад, в промисловому виробництві і охороні здоров'я. Системи і технології штучного інтелекту в зарубіжних країнах широко застосовуються як споживачами, так і виробниками. Португальський вчений Паоло Летальо у своїх роботах зазначає, що штучний інтелект надає рішення для кількох складних проблем в області машинобудування і інформатики, а саме [17]:

1. Оптимізація логістики та виробничих процесів.
2. Розпізнавання образів, наприклад виявлення тенденцій і закономірностей в медичній або виробничій діагностиках.
3. Комп'ютерний зір, наприклад навігація автономних мобільних роботів і аналіз медичних зображень.
4. Розпізнавання мови, наприклад, підтримка людино-машинних інтерфейсів.
5. Інтелектуальне управління, наприклад забезпечення адаптивної та інтелектуальної поведінки для управління процесами.

За оцінкою американської аналітичної компанії Tractica, світовий ринок штучного інтелекту в промисловості швидко зростає: до 2021 року середньорічний темп приросту складатиме 53% (рис. 1).

Інтелектуальний Агент та Мультиагентна система є одним із основних напрямків дослідження у розподіленому штучному інтелекті. Технологія інтелектуального Агента є важливим методом побудови моделі розподіленої промислової системи, найбільш природним способом проектування та впровадження розподіленого інтелектуального виробничого середовища, а також однією із важливих технологій для побудови виробничої системи наступного

покоління. Автор К. Крісто у своїй роботі приводить визначення виробничої системи та виробничого процесу, заснованих на інтелектуальному Агента. Де, виробнича система – це специфічне застосування теорії та метода Мультиагентної системи у ви-

робничій сфері. Виробничий процес – це типовий процес вирішення Мультиагентних задач, де кожен відділ (або сегмент) у виробничій системі дорівнює інтелектуальному Агента у процесі [19].

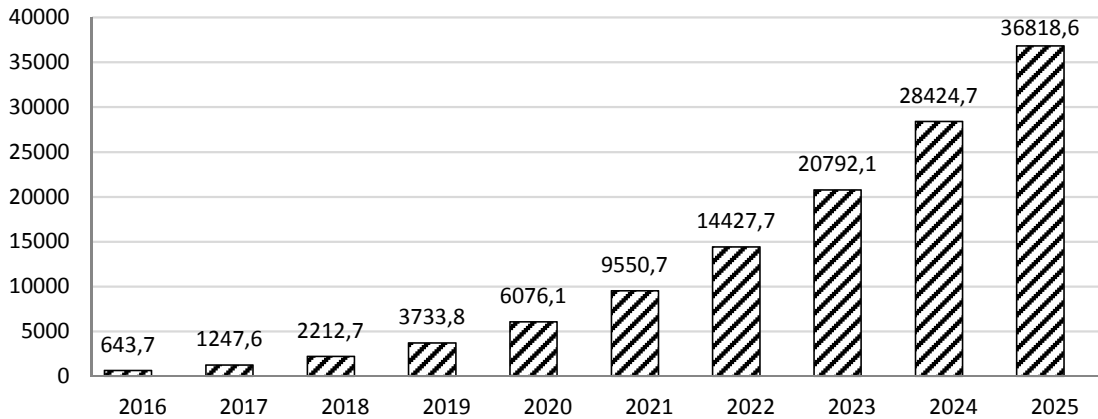


Рис. 1. Прогноз обсягів світового ринку штучного інтелекту (\$ млрд) [18]

Англійський науковець Ржевський Дж. описує загальноприйняті характеристики інтелектуальних Агента, а саме [20]:

- автономність – здатність діяти без зовнішнього керування, контролювати свої дії;
- інтелектуальність – здатність приймати самостійні рішення та діяти для досягнення своїх цілей;
- комунікативність – здатність взаємодії з іншими інтелектуальними Агентами;
- активність – здатність до самостійного планування, постановки цілей;

- реактивність – адекватне сприйняття стану середовища та реакція на його зміни;
- відкритість – інтелектуальний Агента являє собою відкриту систему;
- базові знання – знання інтелектуального Агента про себе, інших інтелектуальних Агента та навколишнє середовище.

Наразі використовують декілька вимірів для класифікації існуючих інтелектуальних Агента. Наведемо один з них (рис. 2).

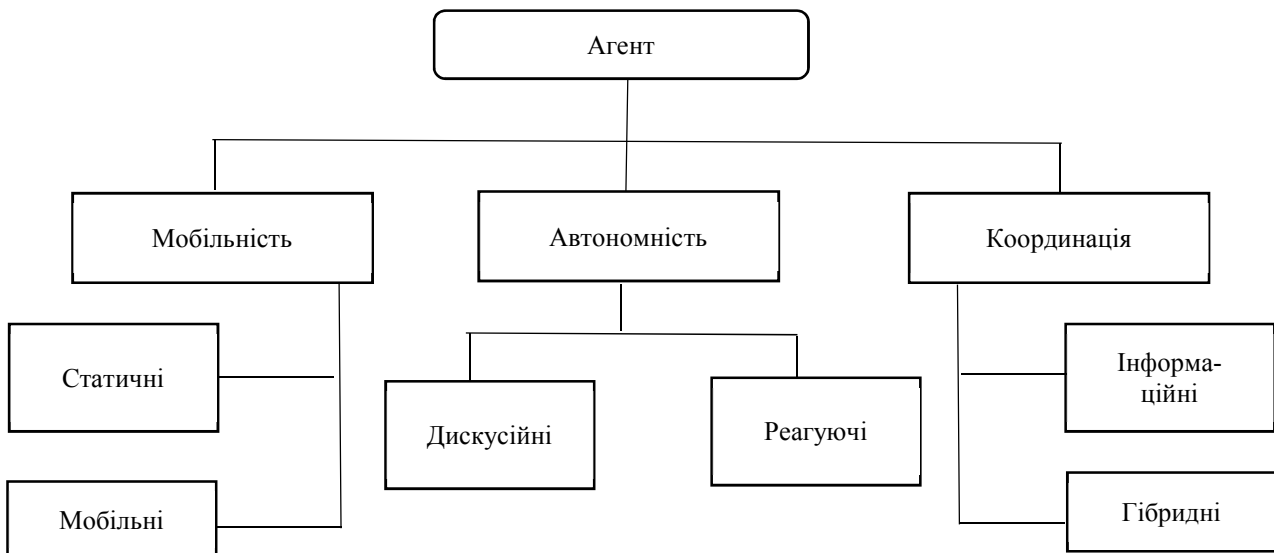


Рис. 2. Класифікація Агента

Інтелектуальний Агента може пересуватися лише у середовищі, де виконує певну дію (наприклад, мережа), або переходити на будь-який інший ресурс (наприклад, машину). Тобто класифікується за своєю мобільністю: статичні та мобільні інтелек-

туальні Агента. Інтелектуальний Агента може мати внутрішню модель суджень і самостійно приймати свої рішення (або вести переговори з іншими агентами для досягнення цілей), або не може мати таку модель і може реагувати тільки на зовнішні стимули

від інших агентів або від навколишнього середовища. Відповідно класифікується за автономністю: дискусійні та реагуючі.

Китайські вчені Цінлінь Го та Мін Чжан розглядають інтелектуального Агента, як інструмент для покращення інтелектуального виробництва. Пояснюють, що в переробній промисловості були здійснені зміни по таких напрямках, як ручна праця, механізація, автоматизація, інформатизація, інтеграція та розвідка. Індустріалізація замінює людську ручну працю, інформатизація допомагає у розвитку інтелектуальної людської роботи. Інтелектуальне виробництво – це інтегрована інтелектуальна система «людина-машина», яка складається із інтелектуальних машин та людей експертів та може виконувати інтелектуальні дії, такі як аналіз, висновки, судження та прийняття рішень у виробничому процесі [21]. Співробітництво між робітниками та інтелектуальними машинами розширять, продовжуватиме та частково заміщатиме розумову працю спеціалістів в процесі виробництва, та в той же час збиратиме, зберігатиме, удосконалюватиме, успадковуватиме та розвиватиме виробничий інтелект експертів.

На практиці утворилися такі основні типи інтелектуальної системи виробництва, як:

– інтелектуальна виробнича система, яка покращує інтелектуальну систему виробництва як об'єкт та інтелектуальний робот і інтелектуальний Агент як інструмент;

– інтелектуальна виробнича система, яка об'єднує моделювання, обробку, вимірювання та експлуатацію корпорацій через Інтернет;

– біологічна інтелектуальна система, що приймає процедуру вирішення біологічних проблем.

За результатами досліджень Цінлінь Го та Мін Чжан, зробили висновки, що для того, щоб покращити адаптованість системи виробництва до змін з середини на зовні, загальний вид структури інтелектуальної виробничої системи має відповідати таким принципам, як:

1) відкритість задачі: задача може бути введена та оброблена у будь-який час;

2) відкритість системи: система має утримувати внутрішні зміни (наприклад, несправність) та приймати зміни ззовні (наприклад, конфігурацію, що змінює обладнання);

3) відкритість процедури рішення: процедура рішення має приймати зміни інформації та знань.

Склалася загальноприйнятна модель розподіленої мережі інтелектуальної виробничої системи, що використовується у провідних світових компаніях та в економічних дослідженнях науковців, та базується на інтелектуальному Агенті (рис. 3) [21].

З одного боку, кожна виробнича одиниця наділена автономією інтелектуального Агента, щоб стати об'єктом з ідеальними функціями та незалежністю; з іншого боку, система наділена можливос-

тями самоорганізації, координації та співпраці між інтелектуальним Агентом.

Коли інтелектуальна виробнича система інтегрує інтелектуальну машину та людину на виробничу ділянку, вона має використовувати всі знання та гнучко централізувати всі види діяльності, такі як замовлення, проектування, виробництво та продаж через базу знань, базу даних, комп'ютери та мережу зв'язку, для підвищення загальної ефективності. Функціональні підсистеми кожного сегменту незалежно виконують задачі, а також координують один з одним. Тому в середині виробничої компанії увесь виробничий процес від проектування до продажу є типовою процедурою вирішення питань Мультиагентної системи.

Такі вчені, як П. Тихий, Р. Старон, Ф. Матюрана, С. Буссманн, Н. Дженнінгс одноставні в своїх працях, до того, що Мультиагентна система підходить для підтримки поточних вимог до сучасних систем управління в промислових сферах, забезпечуючи гнучкість, надійність, адаптивність і продуктивність [22, 23]. Вона успішно застосовується в широкому спектрі галузей, таких як електронна торгівля, графіка (наприклад, комп'ютерні ігри та фільми), транспорт, логістика, робототехніка, виробництво, телекомунікації та енергетика [22].

Аналіз досліджень промислового впровадження Мультиагентної системи у виробництво, показав, що є певні ризики та незручності, які пов'язані з такими факторами:

– ризикованими і дорогими зусиллями для розробки програмного забезпечення;

– ймовірність непередбачуваної поведінки і необхідності гарантії надійності;

– впровадження програм обмежених в функціональності.

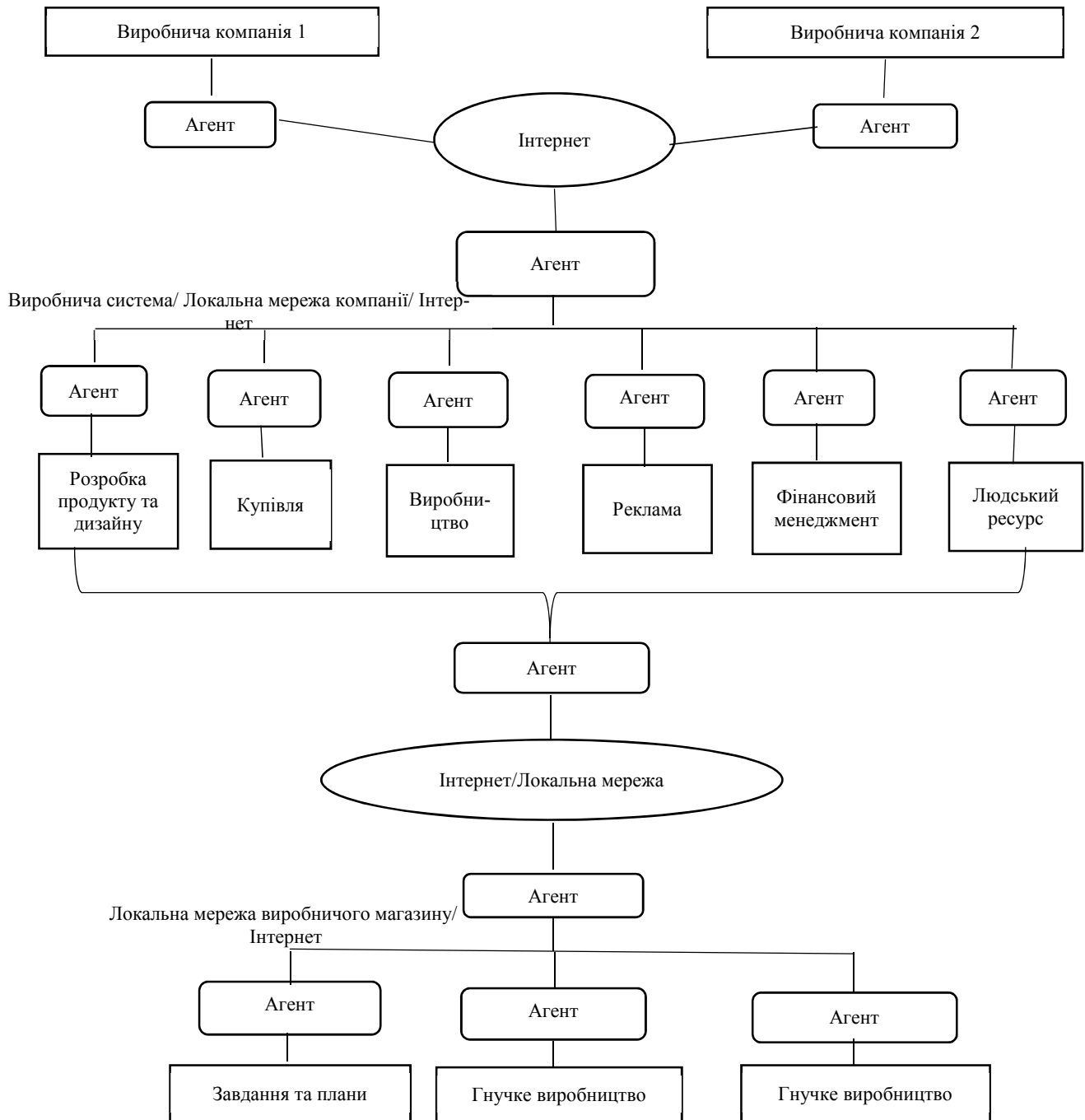
С. Буссманн стверджує, що незважаючи на всі перераховані вище труднощі, існує консенсус щодо деяких галузей застосування, в яких очікується промислове впровадження Мультиагентних систем:

• Там, де ні доступ до інформації, ні права на прийняття рішень не можуть бути централізовані. Це стосується управління мережами постачання, включно з транспортуванням і обробку матеріалів.

• В управлінні складними операціями (такими як розподіл ресурсів і планування), де проблеми суперечать цілям і задачам продуктивності.

• У промисловому моніторингу і контролі, де надійність і швидка реконфігурація є важливими вимогами в розподіленому середовищі [23].

Основним завданням по впровадженню промислового застосування Мультиагентних систем є переконання представників промисловості в перевагах використання інтелектуальних Агентів, наприклад, демонструючи зрілість, гнучкість і надійність рішень на основі інтелектуальних Агентів. Це дозволить промисловим компаніям «вірити» в Мультиагентну систему та її принципи.



**Рис. 3. Графічна модель розподіленої мережі інтелектуальної виробничої системи**

Дж. Ржевський пропонує порівняльний аналіз Мультиагентної та класичної виробничих систем. На відміну від класичної системи виробництва, де все вирішується через послідовні та певні алгоритми, Мультиагентна система шукає оптимальні рішення через перерозподіл між безліччю інтелектуальних Агентів, для отримання найкращого результату у певний проміжок часу (табл. 2) [20].

Мультиагентні системи знаходять все більше поширення у розподіленому виробництві, там де класичні виробничі системи впадають лише з великими труднощами. Наприклад, серійне виробництво автомобільних двигунів, де планування виробництва – складний та запутаний процес. Для того, щоб усе працювало ефективно, треба забезпечити необхідною кількістю деталей усі ланки виробництва (людей та станки). Результат роботи виконавців має як прямиий вплив один на одного (необхідність у деталях, що зроблені раніше), так і опосередкований (якщо для збірки потрібно кілька деталей, то неможливо без упину випускати одні, якщо немає інших). Використання Мультиагентних систем значно спрощує увесь цей процес. Формуються агенти-виконавці, агенти-кур'єри (які доставляють

цтво автомобільних двигунів, де планування виробництва – складний та запутаний процес. Для того, щоб усе працювало ефективно, треба забезпечити необхідною кількістю деталей усі ланки виробництва (людей та станки). Результат роботи виконавців має як прямиий вплив один на одного (необхідність у деталях, що зроблені раніше), так і опосередкований (якщо для збірки потрібно кілька деталей, то неможливо без упину випускати одні, якщо немає інших). Використання Мультиагентних систем значно спрощує увесь цей процес. Формуються агенти-виконавці, агенти-кур'єри (які доставляють



продукцію від одного станка до іншого), задаються об'єми та графіки випуску двигунів. Далі інтелектуальні Агенти створюють ланки запитів, забезпечу-

ючи кожного виконавця об'ємами та строками роботи, навзаєм очікуючи від них виконання своїх за-казів за ланцюгом [24].

Таблиця 2

### Порівняння Мультиагентної та класичної систем виробництва

	Мультиагентна система виробництва	Класична система виробництва
Основні характеристики	Гнучкість, чуйність, самоорганізація	Передбачуваність, повторюваність, ієрархічне структура
Механізми досягнення основних цілей	Здатність будувати припущення; знання; навчання; робота у мережі	Задані алгоритми, пам'ять; інтеграція
Основні недоліки	Ризик здійснення помилок	Негнучкість
Механізми подолання недоліків	Розподілення інтелекту, повноцінне використання знань, вміння вчитися на своєму досвіді	Модуляції
Галузь впровадження	Непередбачуване середовище; виробництво, яке часто змінюється; індивідуальне виробництво; короткочасні періоди освоєння нової продукції	Стабільне середовище; довготривале виробництво; масове виробництво

Незважаючи на те, що Мультиагентна технологія вже прийнята в декількох промислових галузях, вона ще має пройти довгий і важкий шлях для більш широкого прийняття цих концепцій штучного інтелекту в промисловості.

**Висновки.** Штучний інтелект надає ряд переваг для підвищення продуктивності автоматичних складних систем, а Мультиагентні системи як парадигма, засновані на штучному інтелекті, підходять для задоволення поточних вимог, що пред'являються до промислових підприємств.

Різноманітність трактування поняття «інтелектуальний Агент» в системах штучного розподіленого інтелекту дозволяє виділити основні властивості, такі як: автономність, комунікативність та динамічність у середовище перебування, що сприяє розподіленому вирішенню задач. Співпраця завершується завдяки взаємодії і переговорів між агентами, тому можна гарантувати узгодженість функцій.

Еволюція Мультиагентних систем і виробництва, ймовірно, буде йти рука об руку. Мультиагентні системи можуть зіткнутися з реальними проблемами з боку виробництва, але, в свою чергу, матимуть все більше переваг в застосуванні агентських технологій.

Порівняно з класичною системою Мультиагентній притаманні функції автономії, здатність реагування та активність, що надає певні переваги у виробничому процесі, такі як:

а) швидкість праці буде збільшено, через перерозподіл обробки;

б) помилка одного інтелектуального Агента не вплине на роботу всієї системи, тому ця система вважається більш надійною;

в) система має більшу швидкість відгуку, через базові знання та тісний взаємозв'язок між інтелектуальними Агентами.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на виявлення розумного використання Мультиагентної системи виробництва на підприємствах України. Це необхідно для адаптації виробничих систем до умов високої динамічності та мінливості зовнішнього середовища.

### Література

1. Брюховецька Н.Ю., Булеев И.П. Конкуренция и соревнование в условиях инновационного развития предприятий. *Вісник економічної науки України*. 2017. № 1(32). С. 7-15.
2. Булеев И.П., Брюховецкий Я.С., Иваненко Л.В. Моделирование повышения уровня интеллектуализации труда работников предприятий. *Економіка промисловості*. 2017. № 2 (78). С. 80-96.
3. Булеев И.П., Булеев Е.И., Брюховецкий Я.С. Интеллектуализация труда – основа развития современной экономики. *Стратегія і механізми регулювання промислового розвитку*: зб. наук. праць / НАН України, Ін-т економіки пром-сті; редкол.: О.І. Амоша (голов. ред.), І.П. Булеев (відп. ред.) та ін. Київ, 2016. 204 с. С. 3 - 18.
4. Бриль І.В., Брюховецкий Я.С. Визначення інтелектуальної складової в управлінні та капіталізації підприємства. *European integration of economics, education and law: Proceedings of the International Scientific Conference (Warsaw, Poland, March 22-23, 2018)*. Warsaw, 2018. P.74-77.
5. Боев В.Д., Кирик Д.И., Сыпченко Р.П. Компьютерное моделирование: пособие для курсового и дипломного проектирования. СПб.: ВАС, 2011. 348 с.
6. Валькман Ю.Р. Распределенный искусственный интеллект и многоагентные системы в исследовательском проектировании сложных объектов. Труды Международного семинара «Распределенный искусственный интеллект и многоагентные системы». Санкт-Петербург, 1997. С.269-279.
7. Варшавский В.А., Поспелов Д.А. Оркестр играет без дирижера. Размышления об эволюции некоторых технических

- систем и управления ими. Москва: Наука, 1984. 224 с. 8. **Макаров В.Л., Бахтизин А.Р.** Современные методы прогнозирования последствий управленческих решений. *Управленческое консультирование*. Санкт-Петербург, 2015. № 7. С. 12-24. 9. **Тарасов В.Б.** Агенты, многоагентные системы, виртуальные сообщества: стратегическое направление в информатике и искусственном интеллекте. *Новости искусственного интеллекта*. 1998. № 2. С. 15 - 16. 10. **Фаттахов М.Р., Фаттахов Р.В.** Агентно-ориентированный подход: новое средство получения знания. *Региональная экономика: теория и практика*. 2015. № 10. 11. **Hayes-Roth B.** An Architecture for Adaptive Intelligent Systems. *Artificial Intelligence*. 1995. Vol.72. P.329-365. 12. **Shoham Y.** Agent Oriented Programming // *Artificial Intelligence*. 1993. Vol. 60, №1. P. 51-92. 13. **Sycara K., Pannu A., Williamson M., Zeng D., Decker K.** Distributed Intelligent Agents. *IEEE Expert: Intelligent Systems and Their Applications*. 1996. Vol.11, №6. P. 36-46. 14. **Russell S.J., Norvig P.** Artificial Intelligence: a Modern Approach. Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall, 1995. 15. **Maes P.** Artificial Life Meets Entertainment: Life Like Autonomous Agents. *Communication of the ACM*. 1995. Vol. 38, №11. P.108-114. 16. **Colombo A., Schoop R. and Neubert R.** An AgentBased Intelligent Control Platform for Industrial Holonic Manufacturing Systems. *IEEE Trans. Ind. Elect.* 2006. Vol. 53, No. 1. Pp. 322-337. 17. **Leitao P.** Multi-agent systems in industry: Current trends & future challenges. *Topics in Intelligent Engineering and Informatics, Springer Berlin Heidelberg*, 4. 2013. pp.197-201. 18. **What is AI? / A** theme report based on the 1st meeting of the All-Party. – UK : House of Commons, Committee Room 15, Parliamentary Group on Artificial Intelligence [APPG AI], 20 March 2017. 34 p. 19. **Christo C., Cardeira C.** Trends in Intelligent Manufacturing Systems. IDMEC/IST, Technical University of Lisbon, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal. 2007. Pp. 3209 – 3214. 20. **Ржевский Дж.** Мультиагентные системы в логистике и е-коммерции. 2015. URL: <https://blog.iteam.ru/multiagentnye-sistemy-v-logistike-i-e-kommertsii/>. 21. **Qinglin Guo, Ming Zhang.** Research on Intelligent Manufacturing System Based on Multi-Agent. *ICIRA*. 2008. Pp. 829-838. 22. **Tichý P., Šlechta, P., Staron, R.J., Maturana F.P., Hall K.H.** Multiagent Technology for Fault Tolerance and Flexible Control. *IEEE Trans. System, Man, and Cybernetics - Part C: Applications and Reviews* 36(5). 2006. Pp.700-705. 23. **Bussmann S., Jennings N.R., Wooldridge M.** Multiagent Systems for Manufacturing Control: A Design Methodology. *Springer*. 2004. 300 p. 24. **Люгер Дж. Ф.** Искусственный интеллект. *Стратегии и методы решения сложных проблем*. 4-е изд.: пер. с англ. Москва: Издательский дом «Вильямс», 2003. 846 с.
- conditions of the innovative development of companies]. *Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy – Bulletin of Economic Science of Ukraine*, 1(32), pp. 7-15 [in Russian].
2. Buleyev I.P., Bryukhovetskiy YA.S., Ivanenko L.V. (2017). Modelirovaniye povysheniya urovnya intellektualizatsii truda rabotnikov predpriyatiy [Modeling of increasing the level of intellectualization of labor of enterprise workers]. *Ekonomika promyslovosti – Economy of industry*, 2 (78), pp. 80-96 [in Russian].
3. Buleyev I.P., Buleyev Ye.I., Bryukhovetskiy Ya.S. (2016). Intellektualizatsiya truda – osnova razvitiya sovremennoy ekonomiki [Intellectualization of labor - the basis for the development of the modern economy]. *Stratehiia i mekhanizmy rehuliuivannia promyslovoho rozvytku – Strategy and mechanisms of regulation of industrial development*. Kyiv, IIE of NAS of Ukraine [in Russian].
4. Bryl I.V., Briukhovetskiy Ya.S. (2018). Vyznachennia intellektualnoi skladovoi v upravlinni ta kapitalizatsii pidpriemstva [Determination of the intellectual component in the management and capitalization of the enterprise]. *European integration of economics, education and law: Proceedings of the International Scientific Conference (Warsaw, Poland, March 22-23, 2018)*. Warsaw. (pp.74-77).
5. Boyev V.D., Kirik D.I., Sypchenko R.P. (2011). Komp'yuternoye modelirovaniye: posobiye dlya kursovogo i diplomnogo proyektirovaniya [Computer modeling: a manual for term and diploma design]. SPb., VAS [in Russian].
6. Val'kman Yu.R. (1997). Raspredeleenny iskusstvennyy intellekt i mnogoagentnyye sistemy v issledovatel'skom proyektirovanii slozhnykh ob'ekto [Distributed artificial intelligence and multi-agent systems in the research design of complex objects.]. *Trudy Mezhdunarodnogo seminaru «Raspredeleenny iskusstvennyy intellekt i mnogoagentnyye sistemy» – Proceedings of the International Seminar "Distributed Artificial Intelligence and Multi-Agent Systems"*. St. Petersburg, (pp. 269-279) [in Russian].
7. Varshavskiy V.A., Pospelov D.A. (1984). Orkestr igrayet bez dirizhera. Razmyshleniya ob evolyutsii nekotorykh tekhnicheskikh sistem i upravlenii imi [he orchestra plays without a conductor. Reflections on the evolution of some technical systems and their management]. Moscow, Nauka [in Russian].
8. Makarov V.L., Bakhtizin A.R. (2015). Sovremennyye metody prognozirovaniya posledstviy upravlencheskikh resheniy [Modern methods for forecasting the consequences of managerial decisions]. *Upravlencheskoye konsul'tirovaniye – Management Consulting*, 7, pp. 12-24 [in Russian].
9. Tarasov V.B. (1998). Agenty, mnogoagentnyye sistemy, virtual'nyye soobshchestva: strategicheskoye napravleniye v informatike i iskusstvennom intellekte [Agents, multi-agent systems, virtual communities: a strategic direction in computer science and artificial intelligence]. *Novosti iskusstvennogo intellekta – Artificial Intelligence News*, 2, pp. 15 - 16 [in Russian].
10. Fattakhov M.R., Fattakhov R.V. (2015). Agentno-orientirovanny podkhod: novoye sredstvo polucheniya znaniya [Fattakhov Agent-based approach: new a means of obtaining knowledge]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika – Regional Economics: Theory and Practice*, 10 [in Russian].

## References

1. Bryukhovetskaya N.YU. Buleyev I.P. (2017). Konkurentsiya i sorevnovaniye v usloviyakh innovatsionnogo razvitiya predpriyatiy [Competition and rivalry in the

11. Hayes-Roth B. (1995). An Architecture for Adaptive Intelligent Systems. *Artificial Intelligence*, Vol.72, pp. 329-365.
12. Shoham Y. (1993). Agent Oriented Programming // *Artificial Intelligence*, Vol. 60, №1, pp. 51-92.
13. Sycara K., Pannu A., Williamson M., Zeng D., Decker K. (1996). Distributed Intelligent Agents. *IEEE Expert: Intelligent Systems and Their Applications*, Vol. 11, №6, pp. 36-46.
14. Russell S.J., Norvig P. (1995). *Artificial Intelligence: a Modern Approach*. Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall.
15. Maes P. (1995). Artificial Life Meets Entertainment: Life Like Autonomous Agents. *Communication of the ACM*, Vol. 38, №11, pp. 108-114.
16. Colombo A. Schoop R. and Neubert R. (2006). An AgentBased Intelligent Control Platform for Industrial Holonic Manufacturing Systems. *IEEE Trans. Ind. Elect*, Vol. 53, No. 1, pp. 322-337.
17. Leitao P. (2013). Multi-agent systems in industry: Current trends & future challenges. *Topics in Intelligent Engineering and Informatics, Springer Berlin Heidelberg*, 4, pp. 197-201.
18. What is AI? / A theme report based on the 1st meeting of the All-Party. – UK : House of Commons, Committee Room 15, Parliamentary Group on Artificial Intelligence [APPG AI], 20 March 2017. 34 p.
19. Christo C., Cardeira C. (2007). Trends in Intelligent Manufacturing Systems. IDMEC/IST, Technical University of Lisbon, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal, pp. 3209 – 3214.
20. Rzhnevskiy Dzh. (2015). Multiagentnyye sistemy v logistike i ye-kommertsii [Multi-agent systems in logistics and e-commerce]. Retrieved from <https://blog.iteam.ru/multiagentnyye-sistemy-v-logistike-i-e-kommertsii/> [in Russian].
21. Qinglin Guo, Ming Zhang. (2008). Research on Intelligent Manufacturing System Based on Multi-Agent. *ICIRA*, pp. 829-838.
22. Tichý P., Šlechta, P., Staron, R.J., Maturana F.P., Hall K.H. (2006). Multiagent Technology for Fault Tolerance and Flexible Control. *IEEE Trans. System, Man, and Cybernetics - Part C: Applications and Reviews*, 36(5), pp. 700-705.
23. Bussmann S., Jennings N.R., Wooldridge M. (2004). Multiagent Systems for Manufacturing Control: A Design Methodology. *Springer*.
24. Lyuger Dzh. F. (2003). *Iskusstvennyy intellekt. Strategii i metody resheniya slozhnykh problem* [Artificial Intelligence. Strategies and methods for solving complex problems]. 4th ed.: transl. from English, Moscow, Williams Publishing House [in Russian].

### **Самодурова Д. А. Интеллектуальні Агенти та Мультиагентні системи у виробництві**

У статті досліджено інтеллектуальні виробничі системи на основі інтеллектуальних Агентів. Визначено відмінні характеристики та переваги Мультиагентної системи виробництва від класичної для виявлення нових можливостей підприємств. Штучний інтелект надає ряд переваг для підвищення продуктивності автоматичних складних систем, а Мультиагентні системи як парадигма, заснована на штучному інтелекті, підходить для задоволення поточних

вимог, що пред'являються до промислових підприємств.

Наведена класифікація існуючих інтеллектуальних Агентів. Проаналізована модель розподіленої мережі інтеллектуальної виробничої системи, що використовується у провідних світових компаніях та в економічних дослідженнях науковців, та базується на інтеллектуальному Агенті.

Ключові слова: інтеллектуальний Агент, Мультиагентна система виробництва, класична система виробництва, інтеллектуальне виробництво, комп'ютерно-інтегроване виробництво.

### **Самодурова Д. А. Интеллектуальные Агенты и Мультиагентные системы в производстве**

В статье исследованы интеллектуальные производственные системы на основе интеллектуальных Агентов. Определены отличительные характеристики и преимущества Мультиагентной системы производства от классической для выявления новых возможностей предприятий. Искусственный интелект предоставляет ряд преимуществ для повышения производительности автоматических сложных систем, а Мультиагентные системы как парадигма, основанная на искусственном интеллекте, подходит для удовлетворения текущих требований, предъявляемых к промышленным предприятиям.

Приведена классификация существующих интеллектуальных Агентов. Проанализирована модель распределенной сети интеллектуальной производственной системы, используемой в ведущих мировых компаниях и в экономических исследованиях ученых, и основана на интеллектуальном Агенте.

Ключевые слова: интеллектуальный Агент, Мультиагентные система производства, классическая система производства, интеллектуальное производство, компьютерно-интегрированное производство.

### **Samodurova D. Intelligent Agent and Multi-Agent systems in manufacturing**

The article investigates intelligent manufacturing systems based on intelligent Agents. The distinctive characteristics and advantages of the Multi-Agent manufacturing system from the classical to identify new opportunities for enterprises were determined. Artificial intelligence provides a number of advantages to increase productivity of complex automatic systems, and Multi-agent systems, as a paradigm based on artificial intelligence, are suitable for meeting current requirements for industrial enterprises.

The classification of existing intelligent Agents is given. The model of distributed network of intelligent manufacturing system used in leading world companies and in scientist's economic research analyzed, which based on an intelligent Agent.

**Keywords:** intelligent Agent, Multi-agent manufacturing system, classical production system, intelligent manufacturing, computer-integrated production.

Стаття надійшла до редакції 05.04.2019

Прийнято до друку 19.06.2019