

DOI <https://doi.org/10.15407/usim.2020.04.021>  
УДК 007:330.341

**В.Ю. МЕЙТУС**, доктор фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник,  
Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем  
НАН та МОН України, просп. Глушкова, 40, Київ 03187, Україна,  
vmeitus@gmail.com

**Г.І. МОРОЗОВА**, головний інженер-програміст,  
Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем  
НАН та МОН України, просп. Глушкова, 40, Київ 03187, Україна,  
dep190@irtc.org.ua

**Л.Ю. ТАРАН**, головний інженер-програміст,  
Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем  
НАН та МОН України, просп. Глушкова, 40, Київ 03187, Україна,  
dep190@irtc.org.ua

**В.П. КОЗЛОВА**, науковий співробітник,  
Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем  
НАН та МОН України, просп. Глушкова, 40, Київ 03187, Україна,  
dep190@irtc.org.ua

**В.О. МУЗАЛЬОВА**, головний інженер-програміст,  
Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем  
НАН та МОН України, просп. Глушкова, 40, Київ 03187, Україна,  
dep190@irtc.org.ua

## «РОЗУМНЕ» ПІДПРИЄМСТВО — ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ

---

*Розглянуто парадигму розумного підприємства, сформульованої основні вимоги, що забезпечують виконання цієї парадигми, запропоновано схему інтелектуалізації аналізу зовнішнього оточення розумного підприємства з використанням нового механізму подання знань про це оточення. Розробляються методи, спрямовані на підвищення інтелектуального рівня існуючого виробництва. Цей підхід дає змогу підвищити загальний рівень інтелекту, пов'язаного з виконанням головних функцій підприємства.*

**Ключові слова:** цифрова економіка, «розумне» підприємство, парадигма «розумного» підприємства, зовнішнє середовище підприємства, інтелектуалізація управління.

### Вступ

Головними тенденціями в довгій історії існування людського суспільства є постійне розширення знань, пов'язаних з навколишнім світом, а також удосконалення технологічних

методів та можливостей, які уможливають створення нового світу завдяки змінам соціально-економічних структур та пов'язаного з ними технологічного забезпечення процесів, що відбуваються в суспільстві; завдяки розвитку соціальних відносин, накопиченню на-

укового й технічного потенціалів суспільства, економічному розвитку, покращенню умов життя. Кардинальні зміни загальних принципів виробництва безпосередньо відображаються в загальних умовах людського існування.

У [1] сказано: «Нам ще належить усвідомити всю повноту темпів розвитку і розмаху нової революції. Уявіть собі необмежені можливості суспільства, в якому мільярди людей пов'язані між собою мобільними пристроями, що відкривають безпрецедентні горизонти в царині обробки та зберігання інформації та доступу знань, або технологічних проривів, що зароджуються у широкому спектрі царин, включно, наприклад, зі штучним інтелектом (ШІ), роботизацією, Інтернетом речей (ІР), автомобілями-роботами, тривимірним друком, нанотехнологіями, біотехнологіями, матеріалознавством, накопиченням і зберіганням енергії, квантовими обчисленнями. Деякі з цих інновацій лише зароджуються, але наближаються до того переломного моменту, коли почнуть розвиватися, нашаровуючись і взаємно підсилюючись, надаючи переплетіння технологій зі світу фізики, біології та цифрових реалій».

Усі ці досягнення, які стосуються економічної царини спричиняють суттєві зміни насамперед у промисловому розвитку, що дають змогу говорити про нову промислову революцію (наприклад, *Industry 4.0*). На рівні виробництва виникають промислові підприємства нового типу, які отримали назву «розумних» або смарт-підприємств (*smart enterprise*). На цих підприємствах не лише по-новому організовано виробництво, а й виконується низка умов щодо застосування сучасних інформаційних та виробничих технологій.

У статті аналізуються найважливіші вимоги, яким мають відповідати «розумні» підприємства (РП), розглядаються головні особливості, які є характерними для таких підприємств та які відрізняють їх від підприємств минулого століття [2–8]. Окрім того, розглядаються найважливіші напрямки подальшого удосконалення РП, а саме, що розвиватиметься в рамках цього економічного розвитку.

## Розвиток цифрової економіки

Економіка — це господарська діяльність суспільства, яка розглядається разом із сукупністю відносин, що складаються в системах виробництва, розподілу, обміну та споживання в умовах наявності обмежених ресурсів, відносин, які забезпечують економічну діяльність. Одночасно економіка як суспільний суб'єкт визначається структурою економічних об'єктів, процесами, пов'язаними із цими об'єктами та відносинами між ними.

Природно, що функціонування економіки забезпечується інформацією, яка характеризує економічні об'єкти, процеси та відношення. Ця інформація необхідна не лише для керування економічними сутностями, а й для виявлення відносин та зв'язку між ними. Тут економічні показники постають в інформаційній формі, виступаючи сутностями в цифровій, текстовій, графічній та образній формах. Таке подання дає змогу обробляти ці показники, використовуючи різну обчислювальну техніку, передавати інформацію між різними об'єктами, формулювати певні закономірності, властиві економічним об'єктам та процесам. Окрім того, результати обробки економічних характеристик можуть бути інтерпретовані в економічній формі. І все це формує одну зі складових частин класичної економіки, яка отримала назву «цифрова економіка» (ЦЕ).

Цифрова економіка дає змогу об'єднати цифрову структуру, яка відображає економічні процеси, з різними математичними методами, оптимізуючи при цьому процеси керування економічними моделями та аналізуючи посталі ситуації. Цифрове подання є основою для розробки цифрових моделей економічних процесів, а цифрові моделі об'єднуються в мережу, створюючи мережеві економічні структури. У мережах зникає суттєвість поняття фізичної відстані між об'єктами, оскільки Інтернет дає змогу миттєво зв'язатися з партнерами в будь-якому місці задля узгодження своїх дій та визначення спільної політики для знаходження необхідних рішень. Наприклад, показники цінних па-перів, які

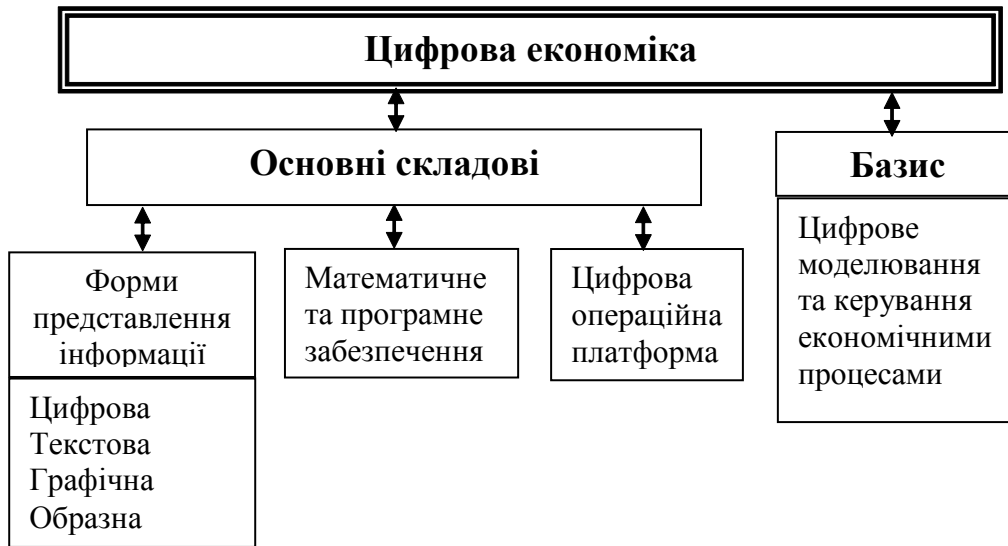


Рис.1. Основні складові цифрової економіки

встановлюються під час торгів на Токійській біржі, одночасно надходять на Паризьку, Лондонську та Нью-Йоркську біржі попри суттєву розбіжність у часі.

Окрім того, слід зазначити, що в цифрових моделях створюється багато додаткової інформації стосовно стану економічного об'єкта, набагато більше, ніж інформації, яка раніше супроводжувала економічний процес в умовах його паперового подання, орієнтованого на використання цієї інформації людиною. Така інформація збирається, зберігається, накопичується та частково використовується для ретельного моделювання процесів і прогнозування їхнього можливого майбутнього розвитку. Основою отримання цієї інформації виступають кіберфізичні системи, які є складовою частиною обладнання та забезпечення виробництва.

Виникає новий економічний ресурс цифрової економіки — інформаційний. Цей ресурс має свої особливості, які відрізняють його від матеріальних ресурсів, що раніше

застосовувалися в економіці. А його цінність може змінюватися залежно від технологій, які з'являються в сучасному інформаційному просторі: нова технологія здатна виокремити зі збереженої інформації те, що раніше було не потрібно і про що раніше спеціалісти не мали уявлення. Уже зараз є компанії, які зберігають великі об'єми інформації, передбачаючи, що ця інформація в майбутньому знадобиться для ухвалення рішень. Інформація стає товаром, до того ж товаром, цінність якого багато в чому залежить від того, хто надалі цей товар використовуватиме. Наприклад, пензлі, полотно, фарби трансформуються в картини, цінність яких залежить від того, який художник їх малював.

Одночасно з появою інформаційного ресурсу з'являються компанії, які займаються створенням «цифрового інтелекту» на підставі зібраних ними даних. Зібрана й перероблена інформація уможливорює глибоке проникнення в реальні характеристики організацій, яких ця інформація стосується.

Ще одним важливим напрямком, який визначився внаслідок появи ЦЕ, є розробка цифрових та оперативних платформ, необхідних для роботи із цифровими даними. Цифрові платформи стають основою для розробки необхідного програмного забезпечення, а «операційні платформи являють собою двосторонні/багатосторонні ринки з інфраструктурою, що працює в режимі онлайн та забезпечує здійснення операцій між різними сторонами» [9].

Як зазначено в докладі ООН, нині розробку та використання платформ контролюють дві країни — США та Китай. «Наприклад, на них припадає 75 відсотків всіх патентів, пов'язаних із технологіями блокчейн, 50 відсотків світових витрат на Інтернет речей і понад 75 відсотків світового ринку відкритих технологій хмарних обчислень. І найпоказовіше, що їхня частка складає 90 відсотків ринкової капіталізації 70 найбільших цифрових платформ світу... Цифрові дані лежать в основі всіх цифрових технологій, що стрімко розвиваються, таких, як аналітика даних, штучний інтелект, блокчейн, Інтернет речей, хмарні обчислення та всі послуги, які надаються через Інтернет. Не дивно, що бізнес-моделі, засновані на даних, використовуються не лише цифровими платформами, а й провідними компаніями в різних секторах» [9].

Нарешті, важливою складовою ЦЕ є можливість цифрового моделювання й аналізу взаємопов'язаних економічних процесів, що створюють необхідні умови для оптимізації економіки, її розвитку та вдосконалення.

## **Парадигма «розумного» підприємства**

В умовах ЦЕ змінюється інформаційний простір усіх економічних об'єктів і процесів, безпосередньо пов'язаних із виробництвом. Інтелектуальні ресурси починають поступово впроваджуватись у виробництво, в зв'язку з тим, що необхідність роботи з цифровою інформацією щільно пов'язана з необхідністю розв'язання задач з її обробки. Виникає нова

форма підприємств, які отримали назву «розумного» підприємства (заводу, фабрики), хоча єдиного погляду на це поняття наразі немає [10]. Проте можна вважати, що «розумне» підприємство (РП) — це підприємство, яке виконує свої базові функції без участі або за мінімальної участі людини, самостійно впоруючись із проблемами, що виникають у процесі виробництва та наступної реалізації продукту, який виробляє підприємство.

У РП людина бере участь у тих складових виробничих процесів, де є можливим виникнення принципових задач чи відхилень від базового розвитку процесу. Людина підноситься на новий інтелектуальний рівень керування, оскільки загальні функції РП виконує самостійно.

Тому, розглядаючи процес створення РП, природно припустити, що загальні функції, які виконує це підприємство, доповнено й сучасними технічними та обчислювальними засобами, й інтелектом, який дає змогу наблизити виконання процесів керування виробництвом до того зразка організації, що збігається з уявленням про РП.

Розглядаючи інтелект на виробництві як властивість, що включає дві головні складові — адекватне моделювання предметної області, пов'язаної з виробництвом, та можливість ефективного розв'язання задач у цій області, сформулюймо парадигму, реалізація якої має забезпечити побудову підприємств, які можна назвати «розумними».

Ця парадигма визначається такими загальними вимогами.

- Мінімальна участь персоналу, який забезпечує виконання виробничого процесу.
- Розподілена та оптимізована за рівнями ухвалення рішень система керування підприємством [11].
- Постійний контроль та аналіз стану партнерів і постачальників, пов'язаних із забезпеченням виробництва.
- Постійний контроль та підтримка працездатності стану обладнання та технологій виконання виробничих процесів.

- Максимальна автоматизація забезпечувальних, виконавчих та відновлювальних процесів.

Детальна інформатизація виробничого процесу на базі використання кіберфізичних систем стосовно всіх складових виробничого процесу, а також обчислювальних мереж.

Широке застосування інтелектуальних методів і систем в організації виробництва, його забезпечення й адекватність технологічному світовому рівню.

Постійний інформаційний пошук нових технологій і процесів, можливостей модифікації технологій та обладнання.

Використання сучасних засобів і технологічних рішень на базі роботизації виробництва, застосування нових матеріалів, 3D-принтерів, інтелектуальних сенсорів і контролерів, обчислювальних мереж, наукових досягнень в організації та виконанні виробничих процесів.

Наведена парадигма скерована на формування та підтримку засобів забезпечення самого існування РП без постійної участі людини в цьому процесі. Таке підприємство самостійно аналізує та підтримує свій стан в умовах, які визначаються змінами, внутрішніми складовими, зовнішнім оточенням, аналогічно до простих живих організмів. Водночас до складу підприємства включаються засоби, які підтримують реінжиніринг і технологічний розвиток підприємства, пов'язаний із загальносвітовими тенденціями виробничого стану конкретної галузі.

Розгляньмо головні функції РП, які при переході від традиційного підприємства до «розумного» інтелектуалізуються.

## **Зовнішнє та внутрішнє середовище**

Як економічний об'єкт кожне підприємство існує в певному середовищі, назвімо його зовнішнім середовищем підприємства. Це середовище включає економічні фактори, комунікаційні зовнішні умови, наукові та технічні фактори, а також структури,

пов'язані із зовнішнім діловим середовищем: споживачі, постачальники, конкуренти, фінансові структури й інвестори. До зовнішнього середовища належать і функції, які визначають маркетингову діяльність підприємства.

Як окремі характеристики зовнішнього середовища зазначмо його інформаційну та соціальну складові, від яких залежить діяльність підприємства. Можливим є й ширший погляд на зовнішнє середовище, який включає в нього загальні правові, економічні та політичні умови [12], але в цій роботі ми обмежимося зовнішніми клієнтами, що безпосередньо визначають роботу РП, на які підприємство може впливати, та які воно має постійно контролювати. Ці компоненти, пов'язані із зовнішнім середовищем, подано на рис.2.

До складу кожної компоненти входить набір функцій, які виконуються в процесі діяльності РП. Внаслідок виконання цих функцій РП отримує складові, необхідні йому, щоб отримати продукт, для виробництва якого створено саме підприємство. РП відрізняється від традиційного тим, що при виконанні його функцій використовується інтелект, який уможливорює розв'язання задач, пов'язаних із кожною функцією (в якій закладено процес подолання проблеми) без участі людини. При цьому передбачається, що модель предметної області, з якою пов'язана відповідна функція, задано, а інформація, яка надходить із зовнішнього середовища, дає змогу змінити лише параметри цієї моделі. Одночасно у вигляді бібліотеки задано й набір алгоритмів для розв'язання задач у предметній області. Тому інтелект, що використовується на РП, переважно має рівень від 1 до 2 [13].

Ймовірно, можливим є варіант створення РП з інтелектом вишого рівня, але це вже в майбутньому. Для цього необхідно, щоб інформація, отримувана з Інтернету, наприклад, стосовно партнерів РП, була інформативнішою та деталізованішою. Або щоб можна було використовувати результати бенчмаркінгу не лише щодо продукту загалом, а й щодо його окре-

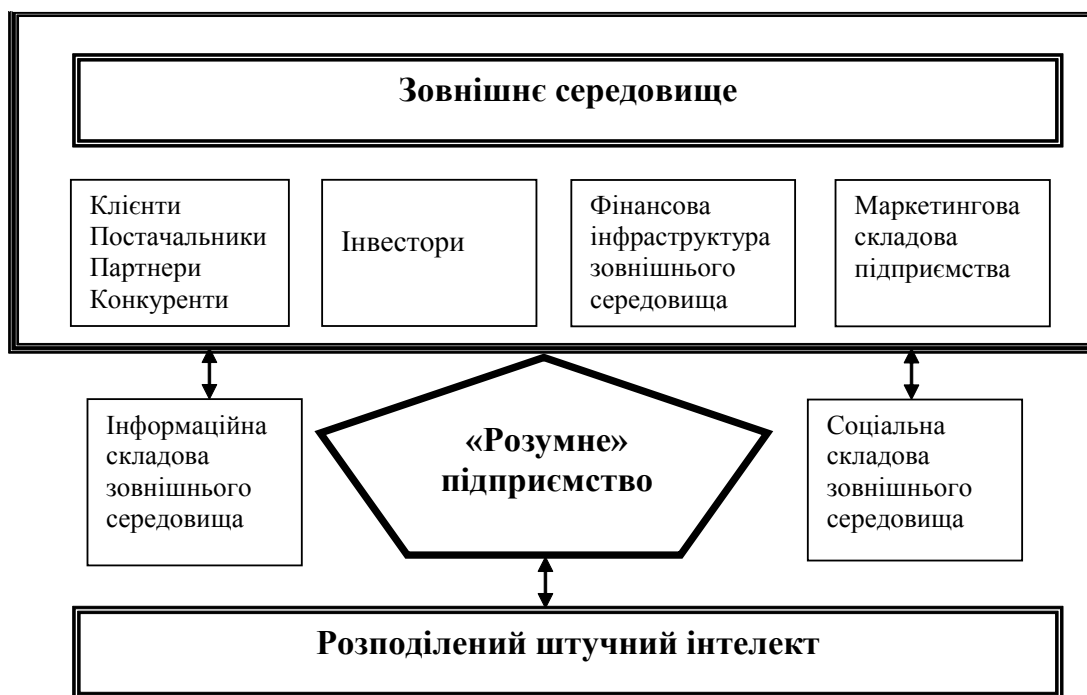


Рис. 2. Компоненти зовнішнього середовища РП

мих компонентів, які входять у продукт, що виробляється на РП. Це передбачає розширення бенчмаркінгу на різні предметні області, пов'язані з конкретним РП. При цьому можливо виокремити розгляд бенчмаркінгу в окремий підрозділ РП.

Внутрішнє середовище підприємства включає, насамперед, виробничо-технічні фактори, які належать і до самого виробництва, і до його технічного забезпечення – роботів, «розумного» обладнання, кіберфізичних систем, 3D-принтерів, Інтернету речей, лазерного обладнання, контролерів керування. І тут роботи 3D-принтери можуть бути і внутрішньо цеховими, і міжцеховими, об'єднаними з логістичною системою підприємства.

До внутрішнього середовища належать і функції внутрішнього забезпечення всіх виробничих процесів, функції, які визначають збереження результатів внутрішніх процесів, функції енергетичного, ресурсного та матеріального забезпечення, функції підтримки

систем керування та забезпечення процесів керування.

Ці функції входять у цифрову модель підприємства, яка є основою і для побудови системи керування, і для розробки інтелектуальних засобів забезпечення функцій внутрішньої системи.

Завдання внутрішніх функцій формують внутрішню ситуацію РП, яка може змінюватися залежно від конкретного подання цих функцій. Сама ситуація пов'язана з використовуваною технологією, випуском продукту або продуктів РП. Внутрішня ситуація аналізується й оцінюється системою розподіленого інтелекту щодо її ефективності та економічного зиску. Наприклад, забезпечення надійності продукту може вимагати додаткових витрат, але це буде набагато вигіднішим, ніж наступні витрати на виконання гарантійних умов працездатності продукту. Так, компанія *Apple* нещодавно заявила про суттєві витрати фірми на забезпечення гарантійного ремонту сучасних Айфонів.

## **Штучний інтелект і «розумне» підприємство**

РП функціонує в умовах постійних змін в навколишньому зовнішньому та внутрішньому середовищі. Ці зміни пов'язано з економічним та технічним розвитком суспільства, з політичними та соціальними відносинами, з новими тенденціями та напрямками в суспільстві. Особливістю РП якраз і є його здатність змінювати свою поведінку, пристосовуючись до нових змін. Саме на них орієнтовано розподілений інтелект, який є складовою системи керування підприємством.

ШІ дає змогу надавати реальне уявлення про зовнішнє середовище, в якому перебуває РП, враховуючи й залежність від зовнішніх ресурсів, і можливі ринкові зміни в умовах швидких технологічних і конкурентних перетворень. Глобалізація економіки розширює можливі обсяги сучасного ринку, але водночас узалежнює розповсюдження продукту на конкретному ринку від можливих міжнародних угод і несподіваних санкцій.

Окрім того, неповноту та невизначеність зовнішньої інформації можна зменшити саме завдяки застосуванню ШІ, оскільки конкретні приклади показують, що чимало задач (наприклад, ігрових) ШІ вже зараз розв'язує краще, ніж людина (шахи, шашки, Го, покер).

Є два головних напрямки застосування ШІ. Перший напрямок визначається тим, що алгоритми, які забезпечують роботу ШІ, разом із необхідною інформацією формуються під час навчання системи. Інтелект, завданням якого є розв'язання певної проблеми, навчається, відповідно до зібраної інформації, отримувати рішення, поступово накопичуючи необхідну інформацію та правила її застосування, виходячи з практичних ситуацій. Є численні приклади нейромереж, які після процесу навчання розв'язують складні ігрові задачі, під час демонстрації отримуючи перемогу навіть над професійними гравцями. Прикладом також є система *DeepNude*, яка на базі фотографії людини в повний зріст вибудовує та демонструє її тіло без одягу (наприклад, в аеропорту).

Другий напрямок полягає у розробці спеціальних алгоритмів розв'язання задач, які можна зарахувати до інтелектуальних [14]. Це є спрямованим формуванням умов і розв'язання задач, які також можна розглядати як такі, що стосуються проблем ШІ.

Загальним методом застосування розподіленого штучного інтелекту (РШІ), характерного саме для РП, є створення алгоритмів, які можуть розв'язувати задачі, що стоять перед системою керування РП. Далі пропонується схема одного з можливих алгоритмів, безпосередньо пов'язаного з проблемами використання РШІ задля аналізу окремих компонент зовнішнього оточення, виходячи з його структури та властивостей, необхідних для розробки інтелектуального керування РП.

### **Схема алгоритму, який використовує знання про зовнішнє середовище**

Як показано на рис. 2, РП пов'язано з низкою різних об'єктів, розташованих у зовнішньому середовищі, але від яких залежить успішна робота підприємства. Природно, що в сучасних умовах ці об'єкти постійно змінюються, інколи розвиваючись, інколи занепадаючи. Окрім того, виникають нові технічні та технологічні рішення, нові продукти та матеріали, з'являються нові компанії зі своїми конкурентними продуктами.

Зважаючи на це, одна з найважливіших задач, яку постійно розв'язує система керування РП, пов'язана з аналізом зовнішнього середовища. Цей аналіз на підставі інформації, яка надходить з Інтернету, має показати, як у зовнішньому середовищі виконуються ті ж задачі та розв'язуються ті самі проблеми, від яких залежить діяльність РП, а також як має змінити свою поведінку РП, щоб підтримати свою позицію на ринку. Виконання такого аналізу є доволі складним завданням, яке успішно розв'язується сьогодні колективами спеціалістів. Залежно від того, як розв'язано цю задачу, відповідне підприємство може або домінувати на ринку, або зникати з нього.

Задача, пов'язана з аналізом зовнішнього середовища, є не лише складна за своєю суттю, а й включає цілковито визначену інформацію, від інтерпретації якої багато в чому залежить результат її розв'язання. Інтелектуальність задачі акцентовано тим, що в реальному світі низка раніше успішних підприємств втрачають свою позицію на ринку, йдуть «у тінь», поступаючись своїм місцем тим, хто зміг точніше визначити свою позицію на ринку, хто випускає продукт, який найбільшою мірою відповідає сучасним умовам. Показовим прикладом може бути ситуація на ринку смартфонів, де китайські компанії *Xiaomi* та *Huawei* поступово витісняють таких грандів, як *Samsung*, *Apple*, *Google*.

Загальний підхід до створення інтелектуальної аналітичної системи застосовано на послідовній побудові моделей усіх складових компонентів зовнішнього середовища РП (це найпростіший рівень інтелекту) та наступному застосуванні кожної моделі для вибору найоптимальнішого варіанту використання для РП.

Наприклад, якщо аналізується постачальник ресурсів, то модель включає характеристики цих ресурсів та їхню роль у продукті, що випускає РП. Одночасно модель доповнюється бенчмаркінгом за цим показником продукції РП та його конкурентів на ринку продукту. Модель використовується, наприклад, під час аналізу заміни певних компонентів дешевшими або якіснішими, для визначення, як це відобразиться на характеристиках продукту, як зміняться його позиції на ринку, для оцінки наявних ризиків, наслідків заміни одного постачальника іншим, та як це загалом відіб'ється на показниках підприємства. Тому в модель закладаються методи, які уможливають оцінювання на ймовірнісному рівні. Такі моделі будуються для кожної складової із зовнішнього середовища РП.

У процесі функціонування РП постійно виконує інтелектуальний аналіз: на підставі зібраної із зовнішніх джерел інформації стосовно об'єкта-партнера та стосовно схожих об'єктів, наявних на ринку, виконується

бенчмаркінг об'єктів, завданням якого є своєчасне встановлення необхідності та можливості переходу від одного постачальника ресурсів до іншого для того, щоб підвищити конкурентоспроможність продукту, підвищити рентабельність підприємства, закріпити його позиції на ринку та частку ринку, яку РП займає із цим продуктом.

Виникає питання, який засіб треба використовувати, щоб побудувати необхідну модель. Можливими є різні варіанти. Тут пропонується побудувати модель, засновану на інформації, поданої у вигляді знань розробника про зовнішнє середовище, й у такий спосіб реалізувати інтелектуальний аналіз. Формальні знання – це семантичне подання окремих складових модельованої предметної області. У вигляді знань описуються окремі об'єкти, зв'язані сукупності об'єктів, перетворення одних об'єктів на інші. Водночас знання можуть бути неповними, частковими, суб'єктивними. Ці особливості переносяться у модель, яка будується на підставі знань.

Перейдімо до побудови моделі. Спочатку для кожного об'єкта збираються знання про цей об'єкт. Знання подано за схемою, запропонованою в [15]. Для задавання знань про об'єкт використовується мова задавання знань на основі чотириккомпонентного представлення цих знань, яке включає вербальну компоненту у вигляді онтології, що приписана цьому об'єкту.

Формально нехай розглядається довільний об'єкт  $A$ , зв'язаний із певною предметною областю. Тоді знання про цей об'єкт описуються як протознання  $kn(A)$ , яке складається з трьох компонент —  $(\Lambda(A), F(A), T(A))$ , і, крім того, включає ще четверту компоненту — онтологічний опис об'єкта  $A-\Lambda_{\Omega}$ .

Зміст показника  $\Lambda(A)$  — це головні параметри-показники, які характеризують об'єкт  $A$ , що розглядається. Передбачається, що аналізуючи система має сприймати навколишнє середовище і відповідно реагувати на нього залежно від свого сприйняття. Адекватність сприйняття середовища залежить від того, наскільки параметри-показники дають змогу



побудувати правильну модель того середовища, в якому розглядається поведінка Інтелектуальної системи. Ці показники дають змогу порівняти різні об'єкти даного класу між собою, якщо постає задача вибору відповідного об'єкта.

Друга компонента  $F(A)$  визначає, до якого класу об'єктів належить об'єкт  $A$  та як описати цей клас. Якщо для предметної області задано мову опису класів у вигляді певної логіки, то опис класу задаватиметься формулою цієї логіки. Але клас можна описати й набором термінів із певного словника, який є доповненням до мови опису знань, або набором функцій, які виконує цей об'єкт. Для задання класу може бути використана, наприклад, характеристична функція, яка обчислює найважливіші показники параметрів цього класу, й на базі цього обчислення робиться передбачення про належність об'єкта до того чи іншого класу.

Нарешті, третя компонента знань  $T(A)$  про об'єкт  $A$  показує, якими перетвореннями пов'язується об'єкт  $A$  з іншими об'єктами у відповідній предметній області. Це функціональне подання об'єкта в предметній області, яке показує, що він може робити, як він впливає на інші об'єкти, як він функціонально вбудований у відповідну предметну область.

Наприклад, нехай розглядається один із постачальників матеріалів, які використовуються на виробництві РП. Позначмо цього постачальника символом  $A$ . Тоді  $\Lambda(A)$  містить список матеріалів, які поставляються на виробництво, а також інших матеріалів, які виробляє постачальник  $A$ . Для кожного окремого матеріалу задаються його параметри характеристики, які є суттєвими для цього виробництва: механічні та температурні властивості, можливі показники обробки — хімічний склад, фізичні параметри, чистота матеріалу, допустимі режими обробки, технологічна сумісність. Окремо може бути зазначено властивості, які зв'язують механічні показники з температурною шкалою зміни характеристик. Параметри можуть зада-

ватися в певному інтервалі, якщо це допускається технологією, яка застосовується у їхній обробці та використанні. Разом із матеріалами можуть вказуватися інші виробники цих матеріалів та економічні показники, які визначають становище цього матеріалу на ринку.

Опис класу  $F(A)$  задає список тих матеріалів, які можуть використовуватися у цій технології та замінювати один одного. Цей опис включає ідентифікатори застосовуваних матеріалів та загальні для них властивості. Клас може містити і список можливих постачальників матеріалів цього класу разом із їхніми економічними та якісними характеристиками. У цьому сенсі клас матеріалів визначає сферу, в якій може виконуватися інтелектуальний пошук можливих постачальників. Знання цієї сфери є частиною характеристики можливих ризиків під час аналізу.

Складова  $T(A)$  проти знання про постачальника матеріалу — це опис зв'язку постачальника  $A$  з іншими об'єктами зовнішнього середовища РП. Неможливо знати все про те, хто поставляє необхідні продукти, але змістовно дуже важливо знати, як стосунки між іншими об'єктами — постачальниками, конкурентами, інвесторами — можуть впливати на виконання постачальником своїх зобов'язань. Тут проявляється й політична складова зовнішнього середовища. У сучасному світі є багато прикладів того, як відносини між країнами впливають на можливості роботи окремих компаній, корпорацій та підприємств. Аналізуючи перспективи подальшого виробництва, а особливо прогнозуючи вихід нових продуктів на ринок, це необхідно враховувати. Особливо тоді, коли цією проблемою самостійно займається інтелектуальна складова система, оскільки помилки в цьому напрямку часто роблять і колективи професіоналів.

Останньою складовою знання про об'єкт  $A-\Lambda_\Omega$  є вербальний опис, онтологічне подання об'єкта, про який задано знання, а в нашому прикладі — про постачальника  $A$ . Цей опис

використовується під час роботи алгоритму аналізу, який включає взаємодію з людиною, що контролює дії інтелектуальної функції. Цей опис включає поняття, пов'язані з описом *A*, до того ж ці поняття може бути паралельно задано різними мовами (українською, російською, німецькою та англійською). Окрім того, в онтологічний опис можна включити графічні схеми й рисунки, які пов'язані з постачальником і можуть допомогти в пошуку аналогічних партнерів.

Алгоритм, що розглядається, засновано на отриманні інформації з пошукових систем в Інтернеті (*Google, Bing, Quora, StartPage, DuckDuckGo, YaSu* тощо) та складається з чотирьох частин. *Перша* — формулювання на підставі знань запиту до обраної однієї або декількох пошукових систем зі списку систем, який використовується алгоритмом. *Друга* частина — за знайденими сайтами пошук та збір даних усередині сайту. *Третя* частина — формування для системи інформації про постачальника на підставі інформації, отриманої зі знайдених сайтів. Ця частина передбачає аналіз сайту, виокремлення із сайту потрібної інформації, побудову за цією інформацією віртуального постачальника, який має потрібні характеристики. У цьому разі інформація також може бути подана у вигляді знань для її подальшого використання в алгоритмах аналізу.

Очевидно, що знайдена в пошукових системах інформація є підставою для побудови деяких віртуальних постачальників, кожен із яких відповідає своїм показникам. Наприклад, віртуальний постачальник може постачати тільки конкретний матеріал з реальними характеристиками. Потрібно визначити, наскільки віртуальний постачальник відповідає знайденим реальностям. Остання, четверта, частина алгоритму оцінює віртуальних постачальників для порівняння їх із реальними постачальником *A*. Функція оцінки зв'язана з процесом розв'язання задачі та визначенні інтелекту [15] й будується на рідставі протознань про постачальника. Сама задача формується

так: чи потрібно РП замінити постачальника *A* іншим постачальником?

Тут відповідь має бути обґрунтована й економічними, й маркетинговими оцінками. Велику роль відіграє стан нелинійно-формаційного, а й соціального середовища, включно з аналізом ринку, що враховує міжнародні та глобальні економічні від-носини. Про це говорять приклади сучасних міжнародних економічних конфліктів.

На рис. 3 подано схему запропонованого алгоритму.

На базі цієї схеми може бути побудовано й аналогічні алгоритми для інших об'єктів зовнішнього середовища РП — партнерів, інвесторів, клієнтів та конкурентів з урахуванням того, що аналіз середовища має здійснюватися постійно, оскільки весь час нарощується динаміка змін середовища.

Внутрішнє середовище РП визначає стабільність та ефективність виробництва продуктів підприємством в умовах, коли передбачається, що зовнішнє середовище є стабільним. Тому ефективність використання внутрішнього середовища пов'язана з підтримкою постійних і сприятливих для виробництва умов виконання виробничих процесів. Це означає, що:

- все обладнання працює в штатному режимі;
- можливі поломки передбачаються на підставі поточної інформації про стан обладнання;
- ресурсне забезпечення виробничих операцій виконується в термін, передбачений для цих операцій;
- зміна технологічного процесу у разі необхідності здійснюється за допомогою наявних ресурсів;
- внутрішні зв'язки між підрозділами підприємств, які визначають взаємне забезпечення, відповідають заданим режимам виконання технологічних процесів.

Для того, щоб виконати ці умови, РП обладнуються кіберфізичною системою (КФС), інформація з якої дає змогу в деталях на інформаційному рівні показати стан всіх елементів РП, що входять як складові в технологічні процеси [16]. У цьому разі КФС будують як мінімум дворівневу, де, наприклад, інформація про стан окремих деталей верстата, на якому

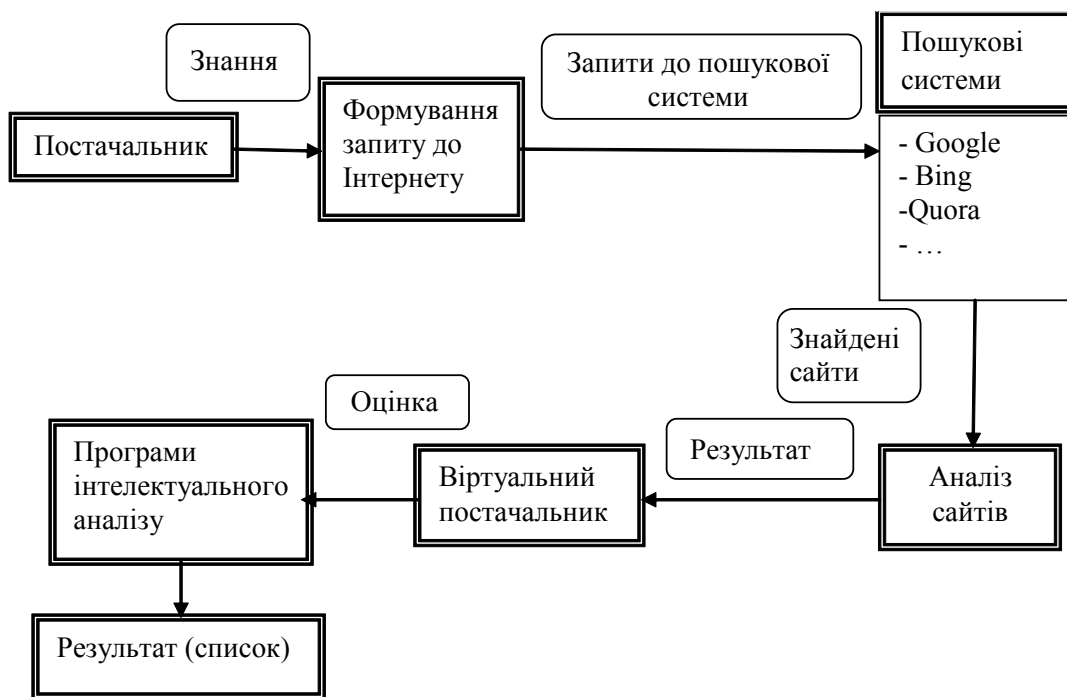


Рис. 3. Алгоритм пошуку постачальника в зовнішньому середовищі РП

встановлено сенсори, спочатку надходить у контролер, що попередньо аналізує цю інформацію, а потім відсилає свої висновки (свій аналіз) у загальну інформаційну систему. Ця система, отримавши таку інформацію від усіх контролерів, ухвалює рішення про необхідність ремонту й одночасно про перебудову технологічного та забезпечувального процесів для того, щоб підтримати постійну життєздатність РП.

Інтелектуальна компонента, пов'язана із внутрішнім середовищем, забезпечує початкові умови підготовки виробничого процесу. Ці умови включають перевірку не лише справності (працездатності) всього обладнання та його готовність до виконання виробничих операцій, а й перевірку забезпеченості цих операцій матеріалами, сировиною, енергоресурсами, заготовками, обладнанням. Окрім того, перевіряється можливість виконання послідовності операцій технологічного процесу: чи виконано умови, пов'язані з послідовним переходом від одних операцій до

інших з урахуванням можливих обмежень у часі. Іншими словами, передбачено, що часовий інтервал припускає відсутність затримок під час послідовного виконання технологічних операцій.

## Висновки

Розвиток обчислювальної техніки — об'єми пам'яті, швидкість обробки інформації, універсальний характер використання — докорінно змінили економічні відносини та сам характер сучасного виробництва. З'явилася можливість відслідковувати виробничі процеси та керувати ними на рівні елементарних операцій, додати до системи керування ті риси, що досі розглядалися як закріплені за людиною, залучити до керування інформацією, для якої раніше такої можливості не було. Аналіз і використання додаткової інформації дає змогу створювати принципово новий вид виробництва, який отримав нову назву «розумного» виробництва.

Якщо спочатку поставало запитання, як конкретно поліпшити виробництво, покращавши технологію створення продукту, то тепер ситуація змінилася. Постає інше запитання: що потрібно врахувати і як будувати сумарно виробничу технологію, аби підприємство, що використовує її для своїх виробничих процесів, було наділено інтелектом і воно б одразу ставало «розумним» завдяки застосуванню закладених у нього рішень.

Розробка технологій створення таких підприємств залежить від закладених у технології рішень, пов'язаних із інтелектуалізацією зовнішнього середовища «розумного» підприємства, його зв'язків із оточенням, із зовнішнім світом, і розробкою рішень, які дають змогу наділити інтелектом внутрішнє середовище, що безпосередньо складає основу виробництва. Як і сторіччя тому, коли замість індивідуальних створювалися технології конвейерного виробництва,

технології верстальних ліній і використовувалися АСК ТП, так і зараз виробництво докорінно змінюється.

Перші кроки в цьому напрямку постають як дії, скеровані на підвищення інтелектуального рівня наявного виробництва так само, як свого часу АСК вбудовувалися в готові й чинні системи керування на окремих кроках й етапах виробничого процесу. Але водночас постає питання, як проектувати системи «розумного» керування від самого початку, щоб інтелектуальність супроводжувала сучасне виробництво з найперших кроків його розробки.

Тому статтю присвячено одному з кроків такої розробки. Однак цей підхід дає змогу розв'язувати не лише задачі на початковому рівні інтелекту, яким володіє підприємство, а й застосовувати їх для розв'язання складніших проблем, на глибших етапах інтелектуальної розробки «розумного» підприємства.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Шваб К. Четвертая промышленная революция / пер. с англ. М.: Изд-во «Э», 2017. 208 с.
2. Гриценко В. И., Тимашова Л. А. «Умное предприятие» как базовый объект цифровой экономики. УСиМ. 2016. № 5. С. 54–61.
3. Вишневский В. П., Князев С. И. Смарт промисловість: перспективи і проблеми. Економіка України. 2017. № 7. С. 22–37.
4. Lucke D., Constantinescu C., Westkaemper E. Smart Factory – A Step toward the Next Generation of Manufacturing. Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier. London: Springer, 2008. P. 115–118.
5. Teresko J. Reaching for a smarter factory. Industry Week. 2007. № 256 (9). P. 29–33.
6. Масютин С. А. Базовая стратегия предприятия в условиях перехода к концепции «Индустрия 4.0». URL: [http://www.ruseprom.ru/upload/iblock/3c5/elmasht\\_2018\\_masutin.pdf](http://www.ruseprom.ru/upload/iblock/3c5/elmasht_2018_masutin.pdf).
7. Головкин В. Г., Пашко С. А. Умное производство. URL: <https://www.scienceforum.ru/2018/3209/3758/>.
8. Яцишина І. В. Суть та особливості старт-підприємств. Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія «Економіка»: науковий журнал. Острог: Вид-во НаУОА, 2018. № 11 (39). С. 14–18.
9. Доклад о цифровой экономике. Обзор. ООН, Женева, 2019. URL: [https://unctag.org/en/PublicationsLibrary/der2019\\_overview\\_ru.pdf](https://unctag.org/en/PublicationsLibrary/der2019_overview_ru.pdf).
10. Radziwona A., Bilberga A., Bogersa M., Madsenb E. The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions. DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, Procedia Engineering 69. 2014. pp. 1184–1190.
11. Гриценко В.И., Бажан Л.И., Ершова О.Л. Киберфизические системы — распределенная система интеллектуального управления. УСиМ. 2019. № 2. С. 3–15.
12. Экономика предприятия : учебник для вузов / под ред. проф. В. Я. Горфинкеля, проф. В. А. Швандра. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. 670 с.
13. Мейтус В. Ю. Проблемы построения интеллектуальных систем. Уровни интеллекта. Кибернетика и системный анализ. 2018. № 4. С. 32–44.
14. Шлезингер М. И. Распознавание образов как реализация определенного подкласса процессов мышления. УСиМ. 2017. № 2. С. 20–37.

15. Мейтус В. Ю. Проблемы построения интеллектуальных систем. Представление знаний. Кибернетика и системный анализ. 2018. № 4. С. 32–44.
16. Мейтус В. Ю., Морозова Г. І., Таран Л. Ю., Козлова В. П. Кіберфізичні системи як основа інтелектуалізації «розумних» підприємств. Control Systems and Computers. 2019. № 4. С. 14–26.

Надійшла 28.11.2019

## REFERENCES

1. *Shvab K.* Chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya, Translated from English, Izd-vo «E», Moscow, 2017, 208 p. (in Russian).
2. *Gritsenko V. I., Timashova L. A.*, 2016. “Umnoye predpriyatiya” kak bazovyy obyekt tsifrovoy ekonomiki”, Control Systems and Computers, 7, pp. 54–61. (in Russian).
3. *Vyshnevskyy V. P., Knyazev S. I.*, 2017. “Smart promyslovist: perspektivy i problemy”, Ekonomika Ukrayiny, 7, pp. 22–37. (in Ukrainian).
4. *Lucke D., Constantinescu C., Westkaemper E.*, 2008. “Smart Factory – A Step toward the Next Generation of Manufacturing”, Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier, Springer, London, pp. 115–118.
5. *Teresko J.*, 2007. “Reaching for a smarter factory”, Industry Week, 256 (9), pp. 29–33.
6. *Masyutin S. A.* Bazovaya strategiya predpriyatiya v usloviyakh perekhoda k kontseptsii «Industriya 4.0». [online] Available at: <[http://www.ruseprom.ru/upload/iblock/3c5/elmas\\_2018\\_masutin.pdf](http://www.ruseprom.ru/upload/iblock/3c5/elmas_2018_masutin.pdf)>. (in Russian).
7. *Golovkov V. G., Pashko S. A.* Umnoye proizvodstvo. [online] Available at: <<https://www.scienceforum.ru/2018/3209/3758/>>. (in Russian).
8. *Yashchynyna I. V.*, 2018. “Sut ta osoblyvosti start-pidpryemstv”, Naukovi zapysky Natsionalnoho universytetu “Ostrozka akademiya”, Seriya “Ekonomika”, naukovyy zhurnal, Vyd-vo NaUOA, Ostroh, 11 (39), pp. 14–18. (in Ukrainian).
9. Doklad o tsifrovoy ekonomike, Obzor, 2019. OON, Zheneva. [online] Available at: <[https://unctag.org/en/PublicationsLibrary/der2019\\_overview\\_ru.pdf](https://unctag.org/en/PublicationsLibrary/der2019_overview_ru.pdf)>. (in Russian).
10. *Radziwona A., Bilberga A., Bogersa M., Madsen E.*, 2014. “The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions”, DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, Procedia Engineering 69, pp. 1184–1190.
11. *Gritsenko V. I., Bazhan L.I., Yershova O.L.*, 2019, Kibernrticheskir sistemy - raspredelionnaya sistema intelektualnogo upravleniya, Control Systems and Computers, #2, p. 3–15. (in Ukrainian).
12. *Gorfinkelya V. Ya., Shvandra V. A.* (eds.), 2017. Ekonomika predpriyatiya, uchebnik dlya vuzov, YUNITI-DANA, Moscow, 670 p. (in Russian).
13. *Meytus V. Yu.*, 2018. “Problemy postroyeniya intellektualnykh sistem. Urovni intellekta”, Kibernetika i sistemnyy analiz, 4, pp. 32–44. (in Russian).
14. *Shlezinger M. I.*, 2019. “Raspoznavaniye obrazov kak realizatsiya opredelennogo podklassa protsessov myshleniya”, Control Systems and Computers, 4, pp. 3–14. (in Russian).
15. *Meytus V. Yu.*, 2018. “Problemy postroyeniya intellektualnykh sistem. Predstavleniye znaniy”, Kibernetika i sistemnyy analiz, 4, pp. 32–44. (in Russian).
16. *Meytus V. Yu., Morozova A. V., Taran L. Yu., Kozlova V. P.* “Kiberfizychni systemy yak osnova intelektualizatsiyi “roz-umnykh” pidpryemstv”, Control Systems and Computers (u drutsi).

Received 28.11.2019

*V. Yu. Meitus*, Doctor of Phys.-Math. Sciences, Researcher Associate, International Research and Training Centre of Information Technologies and Systems of the NAS and MES of Ukraine, Acad. Glushkov ave., 40, Kiev, 03187, Ukraine, vmeitus@gmail.com

*A.I. Morozova*, chief engineer-programmer, International Research and Training Centre of Information Technologies and Systems of the NAS and MES of Ukraine, Acad. Glushkov ave., 40, Kiev, 03187, Ukraine, dep190@irtc.org.ua

*L. Yu. Taran*, chief engineer-programmer, International Research and Training Centre of Information Technologies and Systems of the NAS and MES of Ukraine, Acad. Glushkov ave., 40, Kiev, 03187, Ukraine, dep190@irtc.org.ua

*V.P. Kozlova*, Research Associate, International Research and Training Centre of Information Technologies and Systems of the NAS and MES of Ukraine, Acad. Glushkov ave., 40, Kiev, 03187, Ukraine, dep190@irtc.org.ua

*V.O. Muzaliova*, Researcher Associate, International Research and Training Centre of Information Technologies and Systems of the NAS and MES of Ukraine, Acad. Glushkov ave., 40, Kiev, 03187, Ukraine, dep190@irtc.org.ua

## SMART ENTERPRISE — BASIC PROPERTIES AND DIRECTIONS OF DEVELOPMENT

**Introduction.** The work is devoted to considering the links between the digital economy and smart enterprises, which use modern methods to improve the efficiency of the enterprise, determined by increasing the level of intelligence in the processing and analysis of information used by a smart enterprise.

**The purpose** of the work is to consider the relationship between the digital economy and the smart enterprise, the paradigm and the basic properties of the smart enterprise, the creation of intelligent algorithms as the basis for the analysis and solution of problems that arise during the operation of the smart enterprise.

**The research method** is based on well-known forms of representing the structure of a smart enterprise, together with the use of a new form of knowledge representation designed to build intelligent systems.

**Result.** The paradigm of a smart enterprise is considered, the basic requirements that ensure the fulfillment of this paradigm are formulated, the scheme of intellectualization of the analysis of the external environment of a smart enterprise using the mechanism for representing knowledge about this environment is considered.

**Conclusion.** The work is devoted to the development of methods aimed at improving the intellectual level of existing production. This approach allows you to increase the overall level of intelligence associated with the implementation of the basic functions of the enterprise. At the same time, it is possible to solve not only tasks at the initial level of intelligence that an enterprise possesses, but also subsequently apply this method to solve more complex problems in deeper stages of the intellectual development of a smart enterprise.

**Keywords:** *digital economy, smart enterprise, smart enterprise paradigm, enterprise external environment, intellectualization of management.*