

DOI: 10.55643/fcaptr.5.46.2022.3884

Микола Одрехівський

д.е.н., професор кафедри менеджменту і міжнародного підприємництва, Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна;
 ORCID: [0000-0003-3165-4384](https://orcid.org/0000-0003-3165-4384)

Ростислав Дарміць

к.е.н., доцент кафедри менеджменту і міжнародного підприємництва, Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна;
 e-mail: rostyslav.z.darimits@lpnu.ua
 ORCID: [0000-0003-3759-2575](https://orcid.org/0000-0003-3759-2575)
 (Corresponding author)

Володимир Жежуха

к.е.н., доцент кафедри зовнішньоекономічної та митної діяльності, Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна;
 ORCID: [0000-0003-0962-8366](https://orcid.org/0000-0003-0962-8366)

Received: 04/10/2022

Accepted: 19/10/2022

Published: 31/10/2022

© Copyright
 2022 by the author(s)



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УПРАВЛІНЦІВ ІННОВАЦІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ

АНОТАЦІЯ

Сучасний розвиток інформаційної економіки зумовлює проблеми підвищення вимог до побудови інформаційних систем моніторингу компетентностей управлінців підприємств та управління підприємствами загалом. У розрізі дослідження проблем та формування концептуальних засад побудови інтелектуальних інформаційних систем управління (ІІСУ) інноваційними підприємствами (ІП) як людино-кібер-фізичних систем метою роботи є розроблення інтелектуальної інформаційної системи щодо прийняття оптимальних управлінських рішень на основі результатів дослідження складових компетентності управлінських працівників. Досягнення мети дослідження передбачає поетапне виконання низки завдань, а саме: створення системної моделі ІП; розроблення структури ІІСУІП; дослідження динамічних і статичних характеристик компетентності управлінців; розроблення підходу підтримки ухвалення й реалізації оптимальних кадрових рішень щодо станів компетентності управлінських працівників та управління цими станами. Побудову ІІСУІП пропонується проводити на основі багаторівневої організаційної структури з використанням елементів штучного інтелекту.

Використання методів теорії марковських ланцюгів дозволило розробити математичні моделі та відповідне програмне забезпечення для дослідження станів розвитку компетентності управлінців ІП чи будь-якого елемента їхньої ієрархії. Математичні моделі адекватно описують динаміку й статичку станів (окремого явища, процесу чи діяльності) такого підприємства. Це підтверджено при застосуванні математичного та програмного забезпечення ІІСУІП для оцінювання, прогнозування й підтримки ухвалення оптимальних рішень у розрізі моніторингу компетентності управлінців ІП за параметрами якості, своєчасності та відповідності вимогам.

Запропонований математичний апарат та відповідне програмне забезпечення ІІСУ застосовані при оцінюванні рівнів якості, своєчасності та відповідності [діяльності] управлінців бухгалтерії НВП ТзОВ «Електроприлад», фінансової служби ТзОВ «ІНТЕР-ПАК УКРАЇНА» та відділу збуту СП ТзОВ «Сферос-Електрон» (Львів) як характеристик компетентності, що корелюють із результуючим показником (ступінь досягнення цілі), а в підсумку впливають на ефективність підприємств.

На основі методів когнітології ІІСУ розглядаються як логіко-когнітивні моделі соціального агента, а інтегровані ІІСУІП – як багатоагентні системи, які використовують двоконтурний алгоритм адаптування. Розроблені таким чином ІІСУ використовують адекватну формалізацію процесів ухвалення кадрових рішень.

Запропоновані підходи до побудови ІІСУІП дозволять менеджерам ухвалювати раціональні, організаційно запрограмовані управлінські рішення та забезпечувати підприємствам адаптогенність, стійкість, живучість і розвиток у сучасних умовах ери промисловості 4.0.

Ключові слова: інтелект, інновація, система, управління, компетентність, організація

JEL Класифікація: O310, M0, M150, M5

ВСТУП

Характерними рисами сучасного розвитку промисловості є автоматизовані виробництва загалом, у яких управління всіма процесами здійснюється в реальному масштабі часу та з урахуванням динамічно мінливого зовнішнього середовища. Тобто розвиток промисловості сьогодні зумовлює оцифрування всього: бізнес-моделей, середовища, виробничих систем, машин, операторів, продуктів та послуг, спонукає до об'єднання цифрових та фізичних світів через створення на основі методології структурного проектування управлінських людино-кібер-фізичних систем, які здатні синтезувати природний та штучний інтелекти [26, 30, 32]. Такі виклики вимагають від сучасних інноваційних підприємств (ІП) використовувати нові підходи до побудови інформаційних систем управління, зокрема спричиняють широке застосування елементів штучного інтелекту в структурі таких систем. Це сприятиме їхньому адаптуванню до умов зовнішнього середовища шляхом перепроектування та реорганізування своєї діяльності [10, 11], побудови інноваційних бізнес-моделей [13, 31, 33].

За результатами узагальнення наукових джерел, адаптивне управління процесами ІП, що взаємодіють, та побудову адаптивних систем управління ІП пропонується проводити на основі концепції ієрархічного управління та підходів до параметричного й структурного адаптування [28]. Саме штучний інтелект, інтелектуальні інформаційні системи (як інструменти штучного інтелекту) сприяють створенню нових бізнес-моделей [2, 8], використанню спостережень, даних та аналізу для виконання завдань щодо забезпечення технологічного розвитку ІП [12]. Тобто інтелект системи вважається гнучкою та одночасно стійкою рівновагою поведінки системи в динамічному середовищі, яке має адаптивну природу. Тому метою роботи є розроблення концептуальних засад такої ІІСУ, яка б поєднала інструменти штучного інтелекту з природним інтелектом та відповідала викликам сьогодення.

Розроблені таким чином ІІСУ даватимуть змогу [17, 27]: моделювати та автоматизувати процеси ухвалення рішень; моделювати та автоматизувати організаційне управління ІП загалом; урахувати можливості автоматизації всіх етапів управлінської діяльності; будувати, згідно з методологією структурного проектування [15], інтегровані ІІСУ для ухвалення оптимальних рішень щодо використання інноваційних адаптогенних бізнес-моделей.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Проблеми інтелектуалізації інформаційних систем управління підприємствами, які зумовлені сучасними викликами, зокрема промисловістю 4.0 [3, 5], досліджувало багато вчених. Вирішення зазначених проблем сприяє децентралізації виробництва [7], адаптуванню бізнес-процесів, бізнес-структур та технологій [28], побудові розумних підприємств [20], що кореспондують з викликами промисловості 4.0. Зокрема, автори Foss N. J.; Saebi T. [10], F. Li [11], Gassmann O.; Frankenberger K.; Sauer R. [13], Obschonka M.; Audretsch D. B. [22] указують на те, що на шляху до побудови розумних підприємств слід використовувати самоорганізовані, адаптогенні багатоагентні та експертні системи, які здатні формувати нові бізнес-моделі на основі великої кількості даних та знань. Тобто, як зазначають Ariella Brown [3], Bernard Marr [5], Dalenogare, Lucas S., Guilherme B. Benitez, Nestor F. Ayala, Alejandro G. Frank [7] та інші, для промисловості 4.0 притаманні інтелектуальні технології, моделювання, вертикальна й горизонтальна інтеграція, промисловий інтернет, керованість та доповнена реальність, автономізація виробничих систем, що базується на великих даних, аналітиці та машинному навчанні. Таким чином, як уважають A. C. Pereira, F. Romero [26], Vítor Alcácer, Virgilio Cruz-Machado [32], Tamás Ruppert, Szilárd Jaskó, Tibor Holczinger, János Abonyi [30], промисловість 4.0 призводить до епохи оцифрування всього: бізнес-моделей, середовища, виробничих систем, машин, операторів, продуктів та послуг, до об'єднання цифрових та фізичних світів через створення на основі методології структурного проектування людино-кібер-фізичних систем, які здатні синтезувати природний та штучний інтелекти.

Своєю чергою Paul R. Daugherty, H. James Wilson [25] та Susan Fourtané [29] дійшли висновку, що сьогодні завдяки поєднанню природного та штучного інтелектів ми перебуваємо на межі розширення інтелекту шляхом створення інтелектуальних систем. Це дозволить подолати обмеження на розвиток пізнання та процесів ухвалення рішень і, відповідно, на підвищення ефективності роботи. Інтелектуальне ухвалення рішень, як зазначають M. Obschonka та D. B. Audretsch [22], є однією з ключових позицій у системах підтримки ухвалення рішень (СППР) та тісно пов'язане із сучасним розвитком бізнесу. Потенціал великих даних та просунутого штучного інтелекту дає нові знання для інновацій і для ухвалення рішень у формі більш об'єктивних та науково обґрунтованих розумних рішень. До ключового аспекту інтелектуальних систем R. F. Babiceanu та R. Seker [4] відносять удосконалення методу аналізу даних. Вони вважають, що збирання, зберігання та нерегульоване використання даних не впливають на ухвалення рішень. Разом із тим, як дослідили A. Chakir, M. Chergui, S. Elhasnaou, H. Medromi та A. Sayouti [6], перші технології інтегрованого штучного інтелекту, експертні системи управління, технології інтелектуального аналізування даних

та інтегровані механізми комунікації стосуються експертних систем, заснованих на правилах, які широко використовуються для планування у виробничих системах. Однак сьогодні, як зауважили F. Li [9], F. Vendrell-Herrero, G. Parry, O. F. Bustinza, E. Gomes [11], S. Wang, J. Wan, D. Zhang, C. Zhang [34], компанії намагаються автоматизувати всі процеси своєї діяльності. Один із таких автоматизованих процесів має містити управління даними, що є вирішальним для підтримки ухвалення рішень про стани об'єкта управління та управління ними.

Для ефективного опрацювання даних пропонується використовувати технологічні драйвери. СППР вимагають відфільтрованих, структурованих даних, які подаються до бази даних. Далі дані необхідно отримувати та перетворювати на знання. Тому, як вважають С. Saha, F. Aqlan, S. S. Lam та W. Boldrin [27], до наступних кроків можна віднести процес інтелектуального аналізу даних та багатокритеріального аналізу рішень. Таким чином, експертні системи (засновані на використанні евристики) завжди для вирішення поставлених завдань використовують людські експертні знання, зібрані в базі знань. Друге покоління експертних систем, як вважає А. К. Kar [18], використовує нейронні мережі, нечітку логіку та генетичні алгоритми. Сьогодні в СППР для планування виробництва, управління попитом та логістикою, доступні різні моделі підтримки ухвалення рішень. СППР з використанням моделювання дозволяють проводити багаторазові обчислювальні експерименти, щоб показати вплив альтернативних умов та напрямів дії [14] з метою формування альтернатив для подальшого ухвалення оптимальних рішень. СППР, зорієнтовані на комунікації, спираються на гібридні мережі та електронні комунікаційні технології для залучення осіб, які ухвалюють рішення, та створення середовища обміну ресурсами й інформацією, співпраці та комунікації між групою осіб, які ухвалюють рішення. Однією з великих підкатегорій ухвалення рішень (розробленою протягом кількох останніх років досліджень у цій галузі) є ухвалення групових рішень, пізніше розширене на так звані групові системи підтримки ухвалення рішень (GDSS) [19].

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ

Метою роботи слід вважати розроблення інтелектуальної інформаційної системи щодо ухвалення оптимальних управлінських рішень на основі результатів дослідження складових компетентності управлінських працівників. Задля досягнення мети передбачено виконання таких завдань:

- створення системної моделі інноваційного підприємства;
- розроблення структури інтелектуальної інформаційної системи управління інноваційними підприємствами;
- дослідження динамічних і статичних характеристик компетентності управлінців;
- розроблення підходу підтримки ухвалення й реалізації оптимальних рішень щодо станів компетентності управлінських працівників та управління цими станами.

МЕТОДИ

Використана в роботі методологія структурного проектування містить такі підходи до побудови ІІСУ, які поєднують природний та штучний інтелекти й дають змогу: моделювати та автоматизувати процеси ухвалення рішень в ІП; моделювати та автоматизувати організаційне управління інноваційними структурами загалом; ураховувати можливості автоматизації всіх етапів управлінської діяльності та, відповідно, будувати інтегровані ІІСУІП.

Концепцію ієрархічного управління, методи параметричного та структурного адаптування, за допомогою яких штучний інтелект зможе допомагати управлінцям вирішувати та переосмислювати ключові організаційні проблеми, змінювати бізнес-моделі, застосовано для побудови адаптивних систем управління ІП та забезпечення адаптивного управління взаємозв'язаними процесами ІП.

Методи теорії марковських процесів та побудовані на їхній основі динамічні й статичні математичні моделі з можливістю їхнього розв'язання засобами комп'ютерної техніки із застосуванням чисельних методів Рунге-Кутта та Гауса використано для підтримки ухвалення рішень щодо станів (рівнів) розвитку ІП чи будь-якого елемента їхньої ієрархії та щодо управління розвитком.

Методи когнітології застосовано для розроблення ІІСУ, згідно з якими ІІСУ запропоновано розглядати як логіко-когнітивну модель соціального агента, а інтегровані ІІСУ – як багатоагентні системи, що базуються на синтезі природного й штучного інтелектів, використовують двоконтурні алгоритми адаптування та враховують адекватну формалізацію процесів ухвалення рішень.

РЕЗУЛЬТАТИ

За результатами узагальнення літературних джерел щодо розвитку окремих інноваційних компонент, притаманних промисловості 4.0, можна констатувати, що поєднані за допомогою методології структурного моделювання інтелектуальні технології, моделювання, вертикальна й горизонтальна інтеграція, промисловий інтернет, керованість та доповнена реальність, автономність виробничих систем, що базується на великих даних, аналітиці та машинному навчанні, є концептуальною основою побудови організаційної структури ІІСУ як людино-кібер-фізичних систем. Такі системи здатні синтезувати природний та штучний інтелекти, всесторонньо аналізувати, наочно представляти інформацію, формувати та накопичувати знання й на цій основі ухвалювати оптимальні рішення. Ефективність таких підходів до побудови ІІСУ позначатиметься на кількісних та якісних ефектах. Кількісні ефекти пов'язані в основному з автоматизацією рутинних операцій діагностичних експериментів, які підвищують рівень стандартизації, швидкість і точність отримання вихідної інформації та адекватних рішень. Оперативність опрацювання даних при комп'ютерному експерименті дає змогу проводити в стислі терміни масові спостереження. Якісні ефекти забезпечуються можливостями сучасних комп'ютерів реалізувати нові види технологічних та інших змін застосуванням останніх досягнень у галузі інформаційних технологій, веденням баз даних та баз знань, алгоритмів розпізнавання образів, методів штучного інтелекту, які базуються на маніпулюванні знаннями в галузях, зумовлених технологіями ІП. Із метою отримання кількісних та якісних ефектів при побудові ІІСУ як людино-кібер-фізичних систем, розглянемо спочатку ІП як складну систему (Рис. 1.), модель якої розроблена авторами на основі аналізу літературних джерел [4, 30, 32].

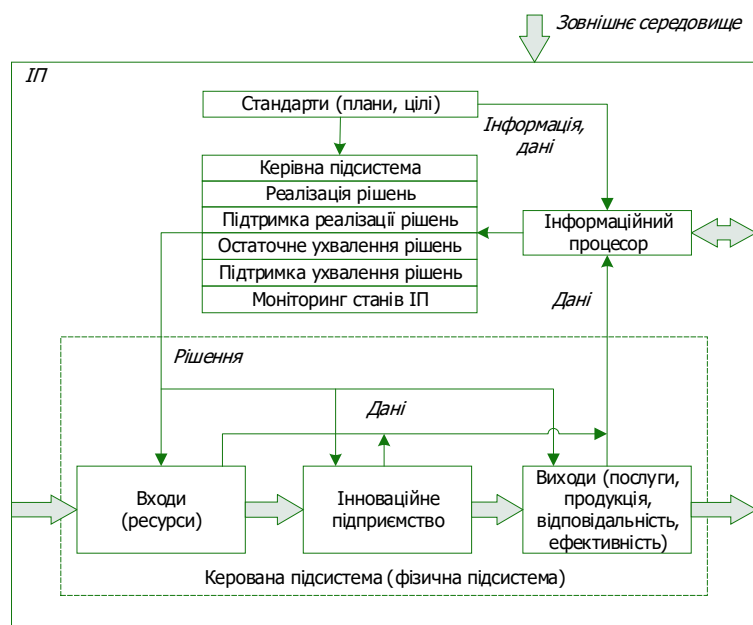


Рис. 1. Системна модель ІП.

У нижній частині Рис. 1 зображена фізична підсистема ІП, яка трансформує вхідні ресурси на вихідні інноваційні продукти чи продукцію. Вхідні ресурси постачаються із зовнішнього середовища в ІП, де відбувається їхня трансформація та, відповідно, вихідні продукти поставляються в зовнішнє середовище. Тобто фізична підсистема ІП – відкрита підсистема, яка на основі матеріальних потоків взаємодіє із зовнішнім середовищем. В ІП спостерігаються ресурсні та продуктові матеріальні потоки, оскільки вхідні ресурси перетворюються за допомогою інноваційного процесу на винаходи, ноу-хау, експериментальні зразки, товари та послуги (інноваційні продукти чи продукцію). Віртуальна (інформаційна, кібернетична) підсистема ІП здійснює забезпечення функціонування фізичної підсистеми згідно з прийнятою стратегією. Управління в ІП реалізується циклічно. У циклі зворотного зв'язку інформація надходить від керованої підсистеми (ресурсів, інноваційного процесу, продуктів чи продукції) до керівної системи та від останньої назад – до керованої системи. Керівна підсистема є зовнішньою щодо фізичної підсистеми, вона використовує зворотну інформацію, аби оцінити рівень ефективності фізичної системи та ухвалити оптимальне рішення щодо необхідності регульовальних дій. Зворотні (вихідні) зв'язки важливі для менеджера. Однак менеджер має володіти також станами входів та станами перетворювальних процесів у керованій підсистемі (зокрема, менеджер має знати, чи постачальники добре забезпечують потреби ІП в ресурсах, який рівень ефективності кожної технологічної операції та технологічного процесу загалом).

Інформація не завжди може передаватися безпосередньо від фізичної підсистеми до менеджера. Менеджери можуть перебувати на певній відстані від фізичного опрацювання інформації. Вони можуть отримувати необхідну інформацію від керованої підсистеми або певного технологічного пристрою, що опрацьовує зібрані дані (зокрема від комп'ютера). Механізм формування інформації – це інформаційний процесор [7, 32]. Якщо менеджери визначаються в інформаційній потребі, яку має забезпечувати інформаційний процесор, то визначають чотири основні характеристики інформації: своєчасність, точність, повноту та релевантність. Менеджер може сам проаналізувати властивості необхідної йому інформації, за необхідності системний аналітик може полегшити вирішення цього завдання.

Для забезпечення контролю за ланкою відповідальності менеджера необхідна інформація (з описом, що ця ланка продукує) та стандарти на її продукцію, які відображають, що та якої якості ця ланка має виготовляти. Стандарт є мірою допустимої продуктивності, ідеально описаною в спеціальних термінах. Менеджер застосовує стандарти, щоб контролювати стани фізичної підсистеми шляхом порівняння фактичної продуктивності (ефективності), що повідомляється інформаційним процесором, зі стандартними значеннями. Результати порівняння визначають необхідність певного керівного впливу.

Отже, віртуальна підсистема, що контролює фізичну підсистему, складається з 3-х ключових компонент: керівної підсистеми, інформаційного процесора та стандартів (планів, цілей). Як подано на Рис. 1, стандарти доступні й для інформаційного процесора, і для органу управління (менеджера). Це дозволяє інформаційному процесору допомогти менеджеру в опрацюванні даних та контролю над ними. Інформаційний процесор має повідомляти менеджера про відхилення від стандартів.

Стандарти разом із виведеною інформаційним процесором інформацією дають можливість менеджерів здійснювати управління за відхиленням [23], тобто діяти за правилом, згідно з яким опрацювання окремого показника починається тільки тоді, коли його величина виходить за межі допустимого інтервалу. Щодо практичної реалізації менеджером управління за відхиленням, то стандарти мають бути подані у вигляді верхніх та нижніх допустимих меж контрольованих показників. Управління за відхиленням може забезпечуватися ІІСУ [20, 31]. У такому випадку ІІСУ стає відповідальною за контролювання фізичної підсистеми, а менеджер може ефективніше використовувати свій час.

Інший метод управління (аналогічний управлінню за відхиленням) – метод критичних факторів успіху (КФУ), які можна вважати збуреннями системи, а управління, відповідно, – управлінням за збуреннями [23]. Критичний фактор успіху (як збурення фізичної підсистеми) – одна з можливостей ІП, яка має достатньо сильний вплив на здатність ІП щодо досягнення головної мети. На ІП можуть діяти декілька таких факторів. ІІСУ дає можливість менеджерів стежити за КФУ на основі повідомлень про них. Метод КФУ достатньо стійкий, однак особливі ситуації можуть із часом змінюватися.

Перевагою запропонованого підходу є те, що загальну системну модель ІП можна модифікувати – адаптувати до змін у зовнішньому середовищі, а управлінські рішення можуть змінювати фізичну підсистему. Менеджер може зібрати інформацію від усіх 3-х компонент фізичної підсистеми (уведення, перетворення та виведення) та зробити зміни в їхніх станах. Тобто прямим зв'язком від менеджера до фізичної підсистеми подаються «рішення», що відображає спосіб, у який менеджер змінює стани системи. Зворотний зв'язок становлять сигнали від фізичної підсистеми до менеджера, які є трьох видів [20,23]: дані, інформація та рішення. Під даними тут розуміється формалізоване подання інформації про стани фізичної підсистеми, придатне для опрацювання, пересилання та інтерпретування за участю людини або автоматичними засобами (за стандартом ISO/IEC 2382:2015 [15]). Тобто дані (як такі) не є інформацією, а інформацією стають дані, опрацьовані та інтерпретовані за заздалегідь узгодженим алгоритмом. Тому дані в цьому випадку трансформуються в інформацію інформаційним процесором, а інформація – на рішення керівною системою. Інформаційний процесор та керівна система разом перетворюють дані на рішення.

ІП діє в середовищі, із якого надходять ресурси, а продукти (чи продукція) з ІП – у середовище. Фізичні ресурси протікають через фізичну підсистему (внизу моделі). Віртуальні ресурси (інформація та дані) уводяться в інформаційний процесор, де вони зберігаються чи стають доступними для керівної підсистеми. Цей процес є двостороннім потоком інформації й даних між середовищем та інформаційним процесором.

Науковою основою об'єктивного дослідження та управління складними системами є системний підхід – розуміння того, що організація – це складна система, кожний елемент якої має свої стратегічні та операційні цілі [24]. Досягнення загальної мети організації можливе лише тоді, коли розглядати її як цілісну систему, намагаючись для цього зрозуміти й оцінити взаємодію всіх її компонент та об'єднати їх на такій основі, яка давала б змогу підприємству загалом ефективно досягати мети. Успіх застосування системного підходу в дослідженні, удосконаленні економічних систем та управлінні ними потребує системного аналізу [23] як комплексу спеціальних методів, засобів та заходів,

зокрема дослідження операцій (імітаційного моделювання, ділових ігор, стохастичного програмування), аналізу й синтезу складних систем, дерева рішень, діаграм впливу, інструментарію нечіткої логіки тощо.

Одним із найважливіших елементів організаційного управління є ухвалення рішень, яке складається з 3-х основних етапів [23, 24]: виявлення проблем та їх оцінювання з метою визначення ситуацій, які необхідно знати для ухвалення рішень; пошуку, розроблення та аналізування можливих альтернатив; вибору оптимального напрямку дій із можливих альтернатив для досягнення мети, бажаної для особи, яка ухвалює остаточне рішення (ОУР). Серед значної кількості рішень слід виділити управлінські, які потребують певних дій відповідальних осіб. Суть таких рішень зводиться до відокремлення процесів ухвалення та реалізації рішень, що означає наявність двох категорій управлінців: які ухвалюють і які реалізують рішення та, відповідно, діють за правилами субординації. Успіх управлінських рішень залежить від: рівня компетентності ОУР, яка визначає рішення та його якість; рівня підготовки особи, яка реалізує рішення та впливає на якість його реалізації; покоління інформаційної системи, яке визначає своєчасність та якість зворотних зав'язків між управлінцями та зовнішнім середовищем. Усе це породжує необхідність розроблення інтелектуальних інформаційних систем. Ураховуючи вимоги сьогодення до таких систем, запропоновано концептуальний підхід до їх побудови у вигляді загальної структури ІІСУ (Рис. 2).

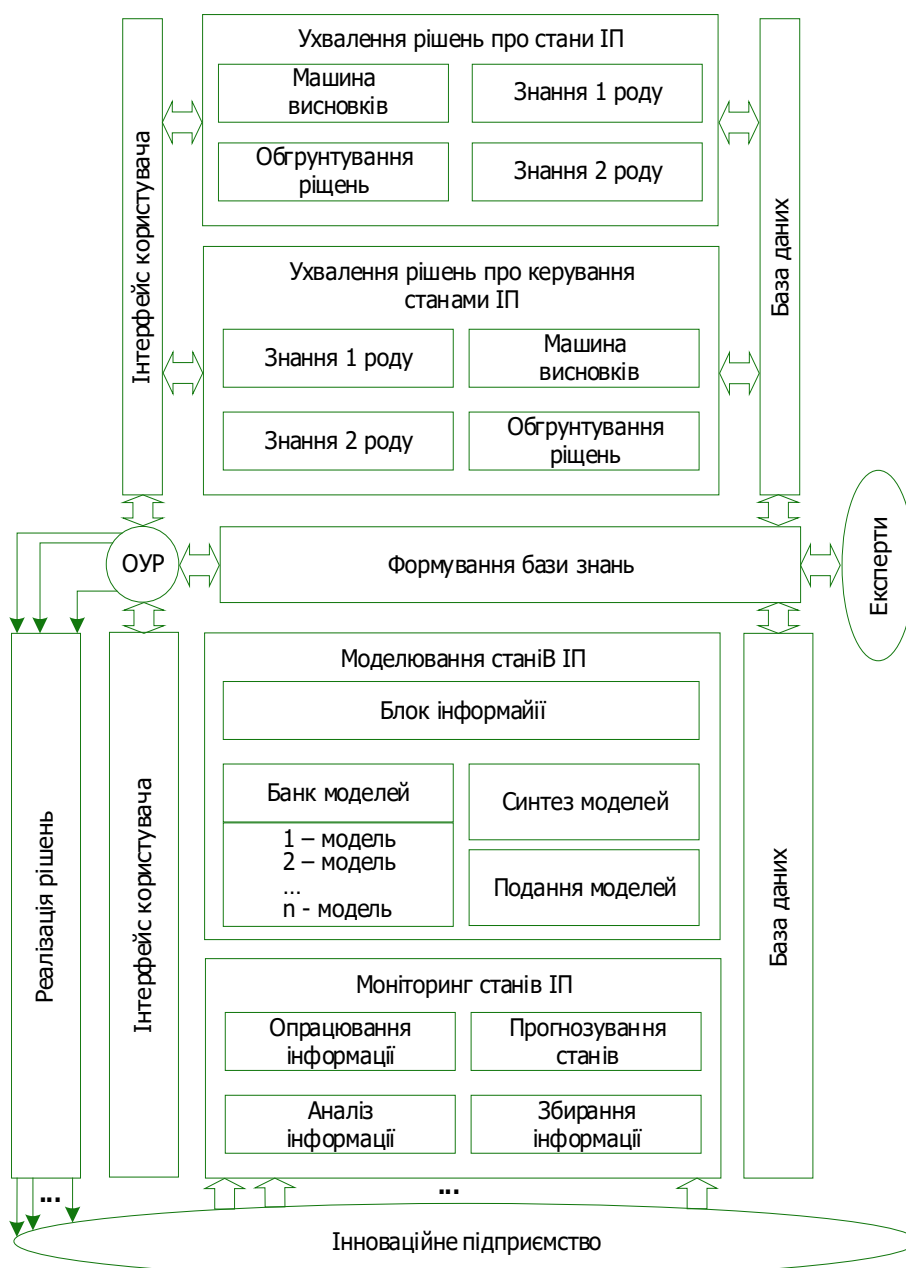


Рис. 2. Загальна структура інтелектуальної інформаційної системи управління інноваційними підприємствами.

Компонентами запропонованої структури ІІСУ є такі підсистеми: моніторинг станів; моделювання станів; база даних; база знань; підтримка ухвалення рішень про стани; підтримка ухвалення рішень про керування станами; підтримка реалізації рішень. Підсистема моніторингу станів здійснює спостереження за станами (рівнями) розвитку ІП на основі обліку, контролю, аудиту та аналізу, слідкує за відхиленнями показників діяльності ІП від запланованих. Зазначені відхилення можуть бути незначними (добрий стан), допустимими (задовільний стан), більшими від допустимих (поганий стан) та значно більшими від допустимих (дуже поганий (критичний) стан). Результати спостережень збираються, зберігаються, опрацьовуються та аналізуються, і на цій основі здійснюється прогнозування станів ІП та підтримка ухвалення рішень і про стани ІП, і про методи управління ними. Далі ОУР (особа, яка ухвалює рішення, – менеджер) – ухвалює остаточні рішення, які реалізуються з відповідною підтримкою. Взаємодія ОУР з ІІСУ здійснюється засобами інтерфейсу користувача.

Управлінські рішення щодо станів ІП загалом чи будь-якого елемента їхньої ієрархії в ІІСУ можна підтримувати шляхом моделювання з використанням [1]: цифрових бізнес-моделей, моделювання Монте-Карло, дискретного моделювання, імітаційного моделювання на основі агентів та мультиагентів, моделювання динаміки систем та візуального моделювання, що дозволяє здійснювати цифрову трансформацію бізнес-моделей в умовах креативних ІП.

Ураховуючи те, що динаміка станів ІП носить стохастичний характер, для моніторингу станів ІП, їх прогнозування з метою подальшого ухвалення оптимальних рішень найбільш придатними можуть бути моделі, побудовані на основі математичних методів теорії марковських процесів із використанням систем диференціальних рівнянь Колмогорова [21, 23].

Система диференціальних рівнянь Колмогорова при описі станів j -го елемента i -го рівня ієрархії ІП матиме вигляд:

$$\frac{dP_{i,j,l}}{dt} = \lambda_{i,j,l-1,l} \cdot P_{i,j,l-1} - (\lambda_{i,j,l,l-1} + \lambda_{i,j,l,l+1}) \cdot P_{i,j,l} + \lambda_{i,j,l+1,l} \cdot P_{i,j,l+1}; \quad (1)$$

де $i = 1, 2, \dots, N$ – порядковий номер рівня ієрархії; N – кількість рівнів ієрархії; $j = 1, 2, \dots, M_i$ – порядковий номер елемента i -го рівня ієрархії; M_i – кількість елементів i -го рівня ієрархії; $l = 1, 2, \dots, L_j$ – порядковий номер стану, j -елемента, i -го рівня ієрархії; L_j – кількість станів j -го елемента; $P_{i,j,l}$ – імовірність l -го стану, j -го елемента, i -го рівня ієрархії; $\lambda_{i,j,l,l+1}$ – інтенсивність переходу досліджуваної системи зі стану l у стан $l + 1$, j -го елемента, i -го рівня ієрархії.

Значення інтенсивностей переходів зі стану в стан для кожного елемента ієрархічної структури – це статистична інформація, яку можна отримувати в результаті функціонування досліджуваної системи. Для оцінювання та прогнозування станів цих систем та їхніх елементів цю інформацію доцільно збирати на початку, у процесі та після завершення певного часу роботи системи.

Для чисельного розв'язування систем диференціальних рівнянь Колмогорова (1) пропонується використовувати чисельний метод Рунге-Кутта четвертого порядку, а для дослідження станів ІП та їхніх компонент у стаціонарному режимі, коли $t \rightarrow \infty$, а $dP/dt = 0$, пропонується проводити на основі розв'язування з допомогою чисельного методу Гауса [23] системи алгебраїчних рівнянь (2), отриманої для j -го елемента, i -го рівня ієрархії з системи диференціальних рівнянь (1), оскільки $dP/dt = 0$.

$$\lambda_{i,j,l-1,l} \cdot P_{i,j,l-1} - (\lambda_{i,j,l,l-1} + \lambda_{i,j,l,l+1}) \cdot P_{i,j,l} + \lambda_{i,j,l+1,l} \cdot P_{i,j,l+1} = 0; \quad (2)$$

Використання наведених вище систем диференціальних рівнянь Колмогорова (1) та їх розв'язування розробленими на основі чисельного методу Рунге-Кутта четвертого порядку програмними засобами дозволяє досліджувати: динаміку ймовірностей станів та стійкості розвитку ІП; динаміку ймовірностей станів інноваційних та технологічних процесів ІП; науково-технологічну, екологічну, соціальну, організаційну та економічну ефективність ІП. Розв'язування з допомогою чисельного методу Гауса та розроблених на його основі програмних засобів, системи алгебраїчних рівнянь (2) дозволяє прогнозувати стани, стійкість та ефективність ІП.

Запропонований математичний апарат та розроблене на його основі програмне забезпечення випробуване та перевірене на адекватність при оцінюванні рівнів (станів) якості, своєчасності та відповідності діяльності управлінців бухгалтерії НВП ТзОВ «Електроприлад», фінансової служби ТзОВ «ІНТЕР-ПАК УКРАЇНА» та відділу збуту СП ТзОВ «Сферос-Електрон» (Львів) як характеристик компетентності, що має вплив на соціальну та організаційну ефективність підприємств. Як шкалу для оцінювання рівня дотримання управлінцями необхідних показників діяльності, що характеризують якість (безпомилковість), своєчасність та відповідність вимогам, запропоновано обрати діапазон із градацією на 4 рівні (Табл. 1).

Таблиця 1. Характеристика шкали оцінювання експертами досягнення відповідного рівня параметрів діяльності управлінцями.
(Джерело: сформовано Р. Дарміцьом [35])

Бали	Рівні	Характеристики
4	Вище середнього (R_4)	Управлінець повністю дотримався умов виконання завдань.
3	Середній (R_3)	Управлінець частково (достатньо) дотримався умов виконання завдань.
2	Нижче середнього (R_2)	Управлінець частково не дотримався умов виконання завдань.
1	Низький (R_1)	Управлінець не дотримався умов виконання та не виконав завдання.

Для оцінювання й прогнозування рівнів (станів) якості, своєчасності та відповідності діяльності управлінців, зазначені рівні пропонується подати у вигляді графа з вершинами (Рис. 3), що ідентифікують ці рівні (Табл. 1), а саме: R_1 – «низький»; R_2 – «нижчий за середній»; R_3 – «середній»; R_4 – «вищий за середній». Дугами в цьому графі позначена інтенсивність переходів параметрів діяльності управлінців з одного рівня на інший.

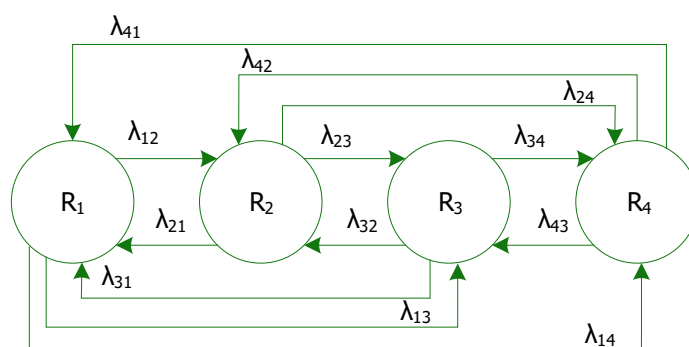


Рис. 3. Граф рівнів параметрів діяльності управлінців.

Зображені таким чином значення параметрів діяльності управлінців рекомендується описувати з допомогою системи диференціальних рівнянь Колмогорова:

$$\frac{dP_1}{dt} = -(\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14}) \cdot P_1 + \lambda_{21} \cdot P_2 + \lambda_{31} \cdot P_3 + \lambda_{41} \cdot P_4,$$

$$\frac{dP_2}{dt} = \lambda_{12} \cdot P_1 - (\lambda_{21} + \lambda_{23} + \lambda_{24}) \cdot P_2 + \lambda_{32} \cdot P_3 + \lambda_{42} \cdot P_4, \tag{3}$$

$$\frac{dP_3}{dt} = \lambda_{13} \cdot P_1 + \lambda_{23} \cdot P_2 - (\lambda_{31} + \lambda_{32} + \lambda_{34}) \cdot P_3 + \lambda_{43} \cdot P_4,$$

$$\frac{dP_4}{dt} = \lambda_{14} \cdot P_1 + \lambda_{24} \cdot P_2 + \lambda_{34} \cdot P_3 - (\lambda_{41} + \lambda_{42} + \lambda_{43}) \cdot P_4.$$

Змінними в системі диференціальних рівнянь (1) будуть імовірності рівнів (P_{R_i} , де $i = 1, 2, 3, 4$), а коефіцієнтами – інтенсивності переходів з рівня на рівень ($\lambda_{R_i R_j}$, де $i, j = 1, 2, 3, 4; i \neq j$), а при $t \rightarrow \infty$ і $dP/dt = 0$ вона перетворюється на систему алгебраїчних рівнянь (4).

$$-(\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14}) \cdot P_1 + \lambda_{21} \cdot P_2 + \lambda_{31} \cdot P_3 + \lambda_{41} \cdot P_4 = 0,$$

$$\lambda_{12} \cdot P_1 - (\lambda_{21} + \lambda_{23} + \lambda_{24}) \cdot P_2 + \lambda_{32} \cdot P_3 + \lambda_{42} \cdot P_4 = 0, \tag{4}$$

$$\lambda_{13} \cdot P_1 + \lambda_{23} \cdot P_2 - (\lambda_{31} + \lambda_{32} + \lambda_{34}) \cdot P_3 + \lambda_{43} \cdot P_4 = 0,$$

$$\lambda_{14} \cdot P_1 + \lambda_{24} \cdot P_2 + \lambda_{34} \cdot P_3 - (\lambda_{41} + \lambda_{42} + \lambda_{43}) \cdot P_4 = 0.$$

Провівши 84 дослідження рівнів якості, своєчасності та відповідності діяльності управлінців бухгалтерії НВП ТзОВ «Електроприлад», фінансової служби ТзОВ «ІНТЕР-ПАК УКРАЇНА» та відділу збуту СП ТзОВ «Сферос-Електрон» (Львів), отримали такі показники:

- на рівні R_1 (низький рівень *якості*) перебувало 13 управлінців; на R_2 (рівень, нижчий за середній) – 41 управлінець; на R_3 (середній рівень) – 26 управлінців; на R_4 (рівень, вищий за середній) – 4 управлінці, тобто ймовірності рівнів якості діяльності управлінців мають такі початкові значення: $P_0(R_1) = 13/84 = 0,155$; $P_0(R_2) = 41/84 = 0,488$; $P_0(R_3) = 26/84 = 0,31$; $P_0(R_4) = 4/84 = 0,047$;
- на рівні R_1 (низький рівень *своєчасності*) перебувало 7 управлінців; на R_2 (рівень, нижчий за середній) – 46 управлінців; на R_3 (середній рівень) – 30 управлінців; на R_4 (рівень, вищий за середній) – 1 управлінець, тобто ймовірності рівнів своєчасності діяльності управлінців мають такі початкові значення: $P_0(R_1) = 7/84 = 0,083$; $P_0(R_2) = 46/84 = 0,548$; $P_0(R_3) = 30/84 = 0,357$; $P_0(R_4) = 1/84 = 0,012$;
- на рівні R_1 (низький рівень *відповідності*) перебувало 5 управлінців; на R_2 (рівень, нижчий за середній) – 39 управлінців; на R_3 (середній рівень) – 30 управлінців; на R_4 (рівень, вищий за середній) – 10 управлінців, тобто ймовірності рівнів відповідності діяльності управлінців мають такі початкові значення: $P_0(R_1) = 5/84 = 0,06$; $P_0(R_2) = 39/84 = 0,464$; $P_0(R_3) = 30/84 = 0,357$; $P_0(R_4) = 10/84 = 0,119$.

За період досліджень через підвищення рівнів посадової компетентності управлінців зазначених підрозділів підприємств шляхом проведення лекцій, семінарів, тренінгів та майстер-класів їхні рівні параметрів діяльності змінювались. Інтенсивність переходів з одного рівня на інший подані відповідними значеннями над дугами переходів графа (Рис. 4).

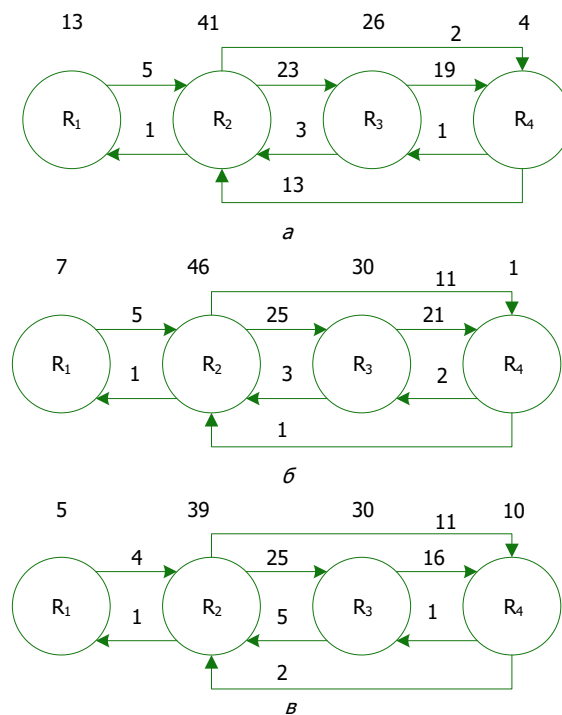


Рис. 4. Граф рівнів параметрів діяльності управлінців бухгалтерії НВП ТзОВ "Електроприлад", фінансової служби ТзОВ "ІНТЕР-ПАК УКРАЇНА" та відділу збуту СП ТзОВ "Сферос-Електрон" (84 дослідження). (Примітки: а – граф рівнів якості діяльності; б – граф рівнів своєчасності діяльності; в – граф рівнів відповідності діяльності)

Для оцінювання і прогнозування рівнів параметрів діяльності управлінців бухгалтерії НВП ТзОВ "Електроприлад", фінансової служби ТзОВ "ІНТЕР- ПАК УКРАЇНА" та відділу збуту СП ТзОВ "Сферос-Електрон" з допомогою запропонованого математичного апарату проведено дослідження динаміки і статистики ймовірностей рівнів $P_i (i = 1,2,3,4)$ шляхом обчислення з допомогою комп'ютерної техніки системи диференціальних рівнянь Колмогорова (3) та системи алгебраїчних рівнянь (4).

При дослідженні динамічних і статичних характеристик (рис. 5, рис. 6, рис. 7) ймовірностей рівнів параметрів діяльності управлінців бухгалтерії НВП ТзОВ "Електроприлад", фінансової служби ТзОВ "ІНТЕР-ПАК УКРАЇНА" та відділу збуту СП ТзОВ "Сферос-Електрон", можна дійти висновку, що найбільш ймовірним є "рівень вище середнього" – рівень, за якого фахові компетентності управлінців є вищими за середні. Тобто шляхом підвищення кваліфікації

працівників можна підвищувати їхні рівні фахової компетентності та забезпечувати їм фаховий розвиток і розвиток підприємств загалом. У даному випадку, професійне зростання управлінських працівників у кінцевому рахунку, виходячи із значень імовірностей станів у статистиці, можна розділяти на рівні: для *якості* діяльності: "низький рівень" – з імовірністю 0,015; "рівень нижче середнього" – з імовірністю 0,077; "середній рівень" – з імовірністю 0,117 та "рівень вище середнього" – з імовірністю 0,791; для *своєчасності* діяльності: "низький рівень" – з імовірністю 0,006; "рівень нижче середнього" – з імовірністю 0,033; "середній рівень" – з імовірністю 0,105 та "рівень вище середнього" – з імовірністю 0,856; для *відповідності* діяльності: "низький рівень" – з імовірністю 0,015; "рівень нижче середнього" – з імовірністю 0,061; "середній рівень" – з імовірністю 0,111 та "рівень вище середнього" – з імовірністю 0,813.

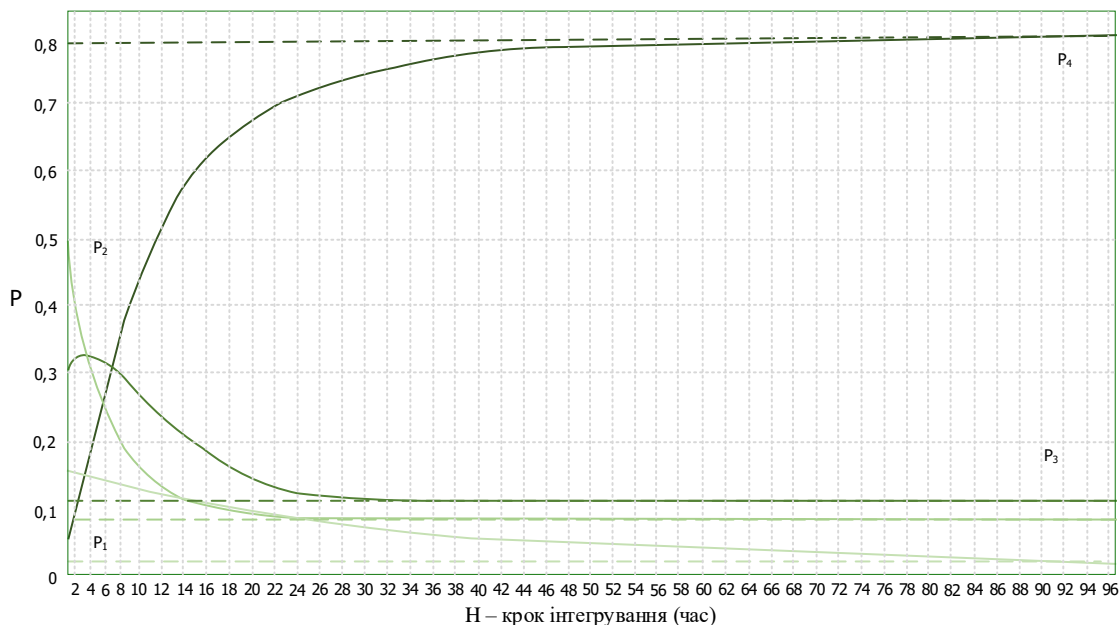


Рис. 5. Характеристики імовірностей рівнів якості діяльності управлінців бухгалтерії НВП ТзОВ "Електроприлад" фінансової служби ТзОВ "ІНТЕР- ПАК УКРАЇНА" та відділу збуту СП ТзОВ "Сферос-Електрон".

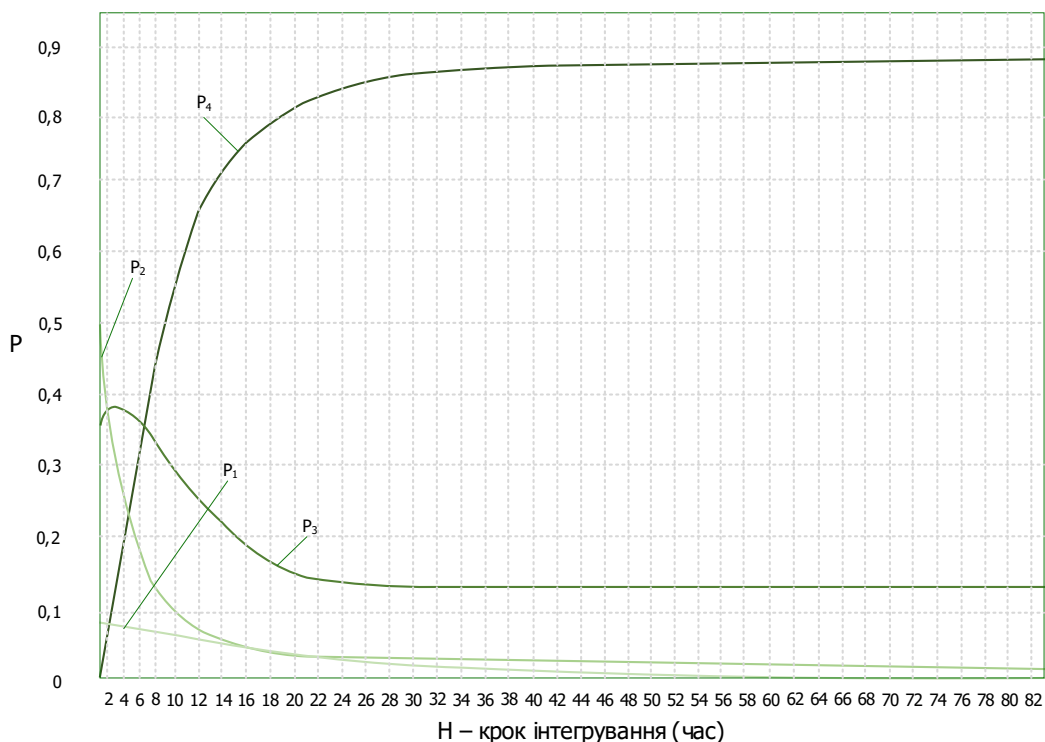


Рис. 6. Характеристики імовірностей рівнів своєчасності діяльності управлінців бухгалтерії НВП ТзОВ "Електроприлад", фінансової служби ТзОВ "ІНТЕР- ПАК УКРАЇНА" та відділу збуту СП ТзОВ "Сферос-Електрон".

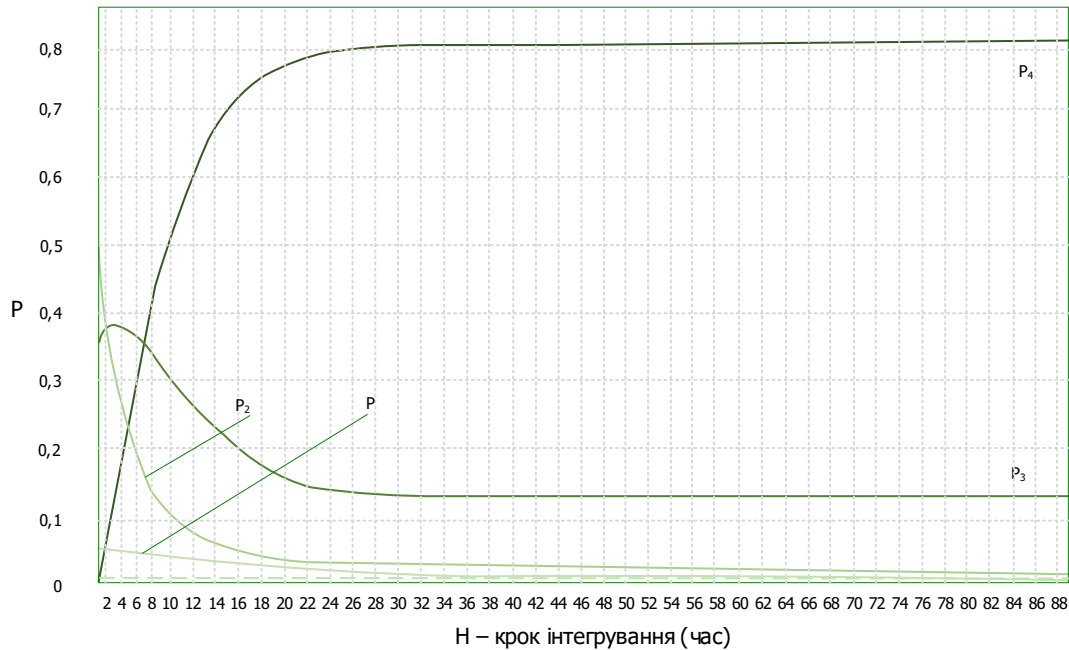


Рис. 7. Характеристики імовірностей рівнів відповідності діяльності управлінців бухгалтерії НВП ТзОВ "Електроприлад", фінансової служби ТзОВ "ІНТЕР- ПАК УКРАЇНА" та відділу збуту СП ТзОВ "Сферос-Електрон".

Таким чином, запропоновані математичні моделі та розроблені на їхній основі програмні засоби можуть бути включені в підсистеми моніторингу та моделювання станів розвитку працівників ІП та ІП загалом (Рис. 2) як засоби щодо прогнозування станів (рівнів) розвитку ІП на основі опрацювання та аналізування інформації у випадку збирання інформації про реальні стани ІП. Якщо отримати реальну інформацію про стани ІП неможливо, то в цьому випадку передбачено використання віртуальної інформації та здійснення підсистемою моделювання станів ІП синтезування та подання відповідних моделей для оцінювання й прогнозування віртуальних станів ІП. Після моніторингу чи моделювання станів ІП підсистемою ухвалення рішень про стани ІП здійснюється підтримка ухвалення рішень шляхом формування альтернатив рішень для остаточного їх ухвалення особою, яка приймає рішення. Далі ОУР за підтримки підсистеми ухвалення рішень про керування станами ІП здійснює остаточне ухвалення рішень про керівні впливи на діяльність ІП та їх подальшу реалізацію. Програмне забезпечення керування банком моделей може бути розміщене разом із базою даних на центральному сервері ІП, а запропоновані та інші специфічні моделі можуть знаходитись у ПК менеджерів нижчих рівнів управління.

Для ОУР підсистемою підтримки ухвалення рішень є інтерфейс користувача [20, 27]. Він охоплює всі механізми, якими команди, запити та дані вводяться в ППУР, аналогічно методи, якими результати рішень чи будь-яка інша інформація виводяться інформаційною системою. Якщо ОУР не має доступу до банку моделей і бази даних та не може легко переглядати результати рішень, то система не може забезпечувати ефективну підтримку рішень. Ефективний інтерфейс користувача є важливим елементом ППУР всіх типів, але він особливо важливий для систем, які використовуватимуться безпосередньо менеджерами. Дослідження показують: якщо інтерфейс ППУР легкий у користуванні, то більшість людей розглядають систему як «дружню в користуванні» й тому більшою є ймовірність того, що менеджери дійсно використовуватимуть ППУР.

Інтерфейс користувача – це безпосередньо те, що менеджери бачать і дійсно використовують при взаємодії з ППУР, або інтерфейс користувача – це множина меню, команд, піктограм, форматів графічного дисплея і/або інших презентацій, які забезпечені відповідною програмою й надають можливість користувачеві мати зв'язок з ППУР та використовувати її. Інтерфейс користувача пов'язаний з апаратним та програмним забезпеченням, що створює взаємозв'язок та взаємодію між користувачем ППУР та комп'ютером. Він містить відповідні графічні, звукові, сенсорні та інші засоби. Ефективний інтерфейс користувача є дуже важливим, позаяк презентації на комп'ютерному екрані робочої станції надають контекст для ефективної взаємодії людини з комп'ютером і забезпечують можливості для необхідних дій користувача. Користувач формулює відповідь згідно з контекстом розв'язуваного завдання та береться до дій. Інформація повертається до комп'ютера через засоби інтерфейсу. Якісний інтерфейс користувача сприяє збільшенню швидкості опрацювання інформації людиною, зменшенню кількості помилок, підвищенню продуктивності праці та створенню в користувача відчуття повного володіння ситуацією. Якість інтерфейсу користувача

залежить від того, що користувач бачить чи зчитує, що йому необхідно знати для розуміння змісту зчитаної інформації та які дії він має виконати для отримання необхідних результатів. Тобто ключ до ефективного інтерфейсу користувача полягає в поданні інформації так, щоб користувачі могли самі оцінити можливості інформаційної системи.

Слід вирізнити 3 основні механізми для організації взаємодії користувачів із ППУР [26, 29]: формальний діалог, що ґрунтується на «кмітливості» комп'ютера з урахуванням його архітектури як віртуальної машини; діалог природною мовою, яка відображає особливості мислення людини-користувача, у результаті чого діалог реалізується на лінгвістичній основі комунікацій, подання знань та логічного висновку; графічний діалог, що відтворює визначену предметну галузь із застосуванням графічних зображень об'єктів чи дій.

Це зумовлює орієнтацію ППУР на знання. Ці ППУР містять елементи моделювання та керування даними [14, 17], інтерфейс користувача, засоби телекомунікацій (керування електронною поштою та повідомленнями) та додаткові елементи – базу знань (БЗ) та машину (механізм) логічних висновків (МЛВ) [20, 23]. Під знаннями першого роду маємо на увазі загальновідомі факти, явища, закономірності, які є визнаними та опублікованими. Знання другого роду – це набір емпіричних, здобутих у процесі практичної діяльності чи експерименту, правил та висновків, сформованих інтуїтивно, якими користуються менеджери, коли приймають рішення в умовах невизначеності, за наявності неповної, погано структурованої та суперечливої інформації. В БЗ містяться знання й першого, і другого роду.

Машина висновків (МВ) – це програмний продукт, який імітує виконання функцій мислення при підтримці ухвалення та реалізації рішень. МВ використовує знання, які містяться в БЗ, щоб продукувати висновки щодо вибору оптимальних рішень. Із цією метою вона застосовує певні правила, які формуються при розробленні.

Основою орієнтованих на знання ППУР є програмне забезпечення для створення та підтримки БЗ й МВ, експерт проблемної галузі та інженер знань. Експертом є особа, яка володіє знаннями та досвідом у проблемній галузі, для якої розробляється ІІС. Він тісно співпрацює з інженером знань, щоб подати знання експерта в БЗ з урахуванням правил подання знань відповідно до моделі знань, вибраної при проектуванні БЗ. Цей процес часто використовується для подання в комп'ютерному форматі правил та інформаційних відношень.

Таким чином, ППУР дають змогу моделювати й автоматизувати процеси ухвалення рішень в ІП, моделювати та автоматизувати організаційне управління інноваційними структурами загалом, що зумовлює врахування можливості автоматизації всіх етапів управлінської діяльності та, відповідно, побудову інтегрованих ІІСУІП. Під інтегрованими ІІСУІП маємо на увазі сукупність ІІСУ, що взаємодіють. Причому інтеграція здійснюється за вертикаллю та горизонталлю організації ІП, що дозволяє збільшувати культуру якості та рівень виробничої продуктивності ІП, адаптуватися до вимог промисловості 4.0 [7, 20].

Розв'язанню проблем управління інноваційними (технологічними) процесами можуть бути властиві неструктуровані чи неформалізовані задачі, зокрема [13, 31, 33]: алгоритмічний розв'язок задачі невідомий (хоча, можливо, й існує) або не може бути використаний через обмеженість ресурсів існуючих засобів обчислювальної техніки (часу, пам'яті); задача не може бути визначена в числовій формі (вимагається символічне подання); цілі задачі не можуть бути виражені в термінах точно визначеної цільової функції.

Наведені особливості та багато інших обставин, специфічних для діагностування станів розвитку, організації інноваційних процесів ІП та управління ними зумовлюють те, що багато вкрай необхідних професійних знань та вмінь як складових компетентності недостатньо формалізовані. Лише невелика частка цих знань та вмінь утворює чітку технологічну структуру. Інші – визначаються винятково мистецтвом експерта-професіонала. Сама інформація про об'єкт дослідження чи управління може бути погано чи слабо структурована та часто буває неповною, нерелевантною. Вона різномірна, має якісний та описовий характер, а її аналіз прямо залежить від індивідуального досвіду та компетентності дослідника. Тому підвищення ефективності діагностування станів розвитку ІП має безпосередній зв'язок зі створенням інтелектуальних систем, які б акумулювали професійні знання та вміння висококваліфікованих спеціалістів-експертів. Тобто основний напрям виконання погано чи слабо структурованих завдань – ітеративні (діалогові, інтелектуальні) процедури.

Горизонтальна й вертикальна інтеграція таких інтелектуальних систем може здійснюватися, згідно з методологією структурного проектування, на основі ієрархічної структури ІП. Тому запропоновану вище ІІС можна розглядати як логіко-когнітивну модель (ЛКМ) соціального агента [6, 34]. ЛКМ-агент урахує основні механізми ухвалення рішень на основі множини актуальних когнітивних станів (знання, переконання, сумнів, обов'язок, норма, цінність, вибір, рішення тощо) та адекватну формалізацію процесу ухвалення рішень із використанням комбінованого логічного програмування, при цьому не заглиблюючись у психічну (ментальну) модель особи. ЛКМ-агент складається з 3-х рівнів: перший – реактивний, реалізований на основі CBR-підходу (Case-Based Reasoning – метод ухвалення рішень

на основі прецедентів способом розв'язання нових задач шляхом адаптування рішень, що використовувалися раніше в аналогічних ситуаціях); другий – когнітивний, на якому використовуються засоби дедуктивного, абдуктивного та індуктивного висновку на базі знань агента; третій – рефлексивний, який враховує структуру когнітивних станів інших агентів (що взаємодіють), уможливорює виконання рефлексних суджень та відтворює спроби агента розпізнавати плани й цілі агентів, що взаємодіють, у складній системі. Тобто агент складається з бази даних (спостережуваних фактів), бази знань (правил у формі продукції чи логічних формул) та механізмів спостереження, судження й ухвалення рішень, взаємодії з іншими агентами.

Таким чином, інтегровану ІСУІП можна вважати багатоагентною системою, яка дозволяє формувати «розумні» ІП [20, 34], які взаємодіють з ОУР на основі діалогу. Під діалогом тут маємо на увазі цілеспрямований, активний обмін інформацією між інформаційною системою й ОУР певного ієрархічного рівня організації ІП в зручній для обох сторін формі. Інтегровані ІСУІП можуть використовуватись при розв'язуванні погано та слабо структурованих, стандартних і добре структурованих задач [31, 33].

Системи управління ІП загалом повинні мати гнучку структуру та бути адаптогенними до умов зовнішнього середовища, що зумовлює застосування двоконтурного алгоритму адаптування (Рис. 2). У першому (зовнішньому) контурі здійснюється ідентифікація ІП – моніторинг його станів, структурне та параметричне адаптування – ухвалення рішень про стани ІП. У другому (внутрішньому) контурі – імітація функціонування – моделювання станів ІП, налаштування параметрів моделей системи управління ІП – ухвалення та реалізації рішень з управління станами ІП. При розробленні алгоритмів адаптування істотна увага приділяється ролі ОУР в ухваленні рішень. Тобто адаптивна система управління ІП має складатися з двох взаємозалежних систем: адаптивної системи планування й адаптивної системи регулювання, які структурно ідентичні. Функціональна структура кожної з них складається з таких взаємозалежних частин: моделі планування (відповідно регулювання) ІП; імітаційної моделі функціонування ІП; внутрішнього (імітаційного) адаптера; зовнішнього (об'єктного) адаптера. Тому до структури інтелектуальної управлінської інформаційної системи (Рис. 2), запропоновано включити контури планування станів ІП та регулювання їх, передбачене параметричне та структурне адаптування ІП до умов зовнішнього середовища, що сприятиме ефективному управлінню ІП.

ДИСКУСІЯ

На основі проведеного аналізу останніх досліджень і публікацій можна дійти висновку, що використання елементів штучного інтелекту в побудові інформаційних систем управління відповідає викликам промисловості 4.0. Побудова ІСУ, у яких людський та штучний інтелекти взаємодіють і полегшують процес ухвалення оптимальних рішень, сприятиме: децентралізації виробництва; створенню розумних підприємств; адаптуванню технологій, бізнес-процесів та бізнес-структур загалом до умов мінливого зовнішнього середовища; застосуванню самоорганізованих, адаптогенних багатоагентних та експертних систем, які здатні формувати нові бізнес-моделі на основі великої кількості даних та знань.

Інтелектуальні технології, моделювання, вертикальну й горизонтальну інтеграцію, промисловий інтернет, керованість та доповнену реальність, автономізацію виробничих систем (базується на великих даних, аналітиці та машинному навчанні), згідно з методологією структурного проектування, можна покласти в основу побудови структури інтегральних ІСУ як людино-кібер-фізичних систем, які здатні синтезувати природний та штучний інтелекти. Це дозволить подолати обмеження на розвиток пізнання та процесів ухвалення рішень і, відповідно, на підвищення ефективності роботи підприємств.

Важливим чинником підвищення ефективності роботи підприємств (насамперед – інноваційних) є компетентність управлінського персоналу. Під компетентністю маємо на увазі інтегральне, складне поняття, яке охоплює знання, вміння, навички, нахили (здібності), риси характеру, мотивованість особистості тощо. Засадничі положення формування компетентності в суспільстві розглянув John Raven [16].

Компетентність управлінця (обмежена та відображена в посадовій інструкції) формується на перетині професійної та емоційної компетентностей, складається із забезпечувальної та діяльнісної складових. У розрізі моніторингу компетентності управлінців ІП важливими критеріями оцінювання слід вважати якість (безпомилковість), своєчасність та відповідність вимогам, закріпленим у посадових інструкціях [35].

Опрацювання масиву даних – критеріїв компетентності (формалізованих за чіткою шкалою) управлінців вибраних підрозділів підприємств є раціональною підставою для ухвалення управлінських рішень щодо оцінки впливу вжитих

заходів із підвищення кваліфікації, доцільності застосування їх у майбутньому тощо. Формалізація відповідних процедур підтримки ухвалення рішень, значна економія часу, отримання неупередженої, об'єктивної інформації для керівництва на засадах опрацювання значних масивів даних забезпечуються розробленням і застосуванням в управлінській практиці СПУР.

На сьогодні інтелектуальне ухвалення рішень є однією з ключових позицій у СПУР, на що зорієнтовано більшість досліджень. Технології штучного інтелекту, експертні системи управління, технології інтелектуального опрацювання та аналізу даних, інтегровані механізми комунікації стосуються сьогодні експертних систем, заснованих на правилах, які широко використовуються для планування у виробничих системах. Однак потенціал великих даних та штучний інтелект дають нові знання для інновацій та ухвалення рішень у формі більш об'єктивних та науково обґрунтованих розумних рішень. Тому до ключового аспекту інтегральних ІІСУ, у структуру яких входять СПУР у вигляді підсистем підтримки ухвалення рішень (ППУР), можна віднести процес інтелектуального аналізу великих даних та багатокритеріального аналізу рішень, автоматизацію всіх процесів діяльності інноваційних підприємств.

ВИСНОВКИ

Пропоновані концептуальні засади побудови інтелектуальних інформаційних систем відповідають вимогам часу, оскільки ІІСУ як людино-кібер-фізичні системи, побудовані на основі методології структурного проектування, здатні вирішувати проблеми, зумовлені промисловістю 4.0. Розроблені таким чином ІІСУІП, які інтегровані за вертикаллю й горизонталлю організації ІП, сприяють автоматизації всіх процесів діяльності ІП та ухваленню оптимальних рішень щодо використання інноваційних бізнес-моделей у системах менеджменту підприємств.

Оскільки інформація про об'єкт дослідження чи управління буває неповною, неструктурованою чи слабо структурованою, різномірною, мати якісний та описовий характер, то її аналіз прямо залежить від індивідуального досвіду та компетентності дослідника. Тому запропоновані способи підвищення ефективності діагностування, прогнозування та ухвалення рішень щодо станів розвитку ІП та управління ними мають безпосередній зв'язок зі створенням інтелектуальних систем, які акумулюватимуть професійні знання та вміння висококваліфікованих спеціалістів-експертів.

Використання наведених у роботі систем диференціальних рівнянь та їх розв'язання засобами ІІСУ на основі запропонованих методів наближених обчислень, дозволяє досліджувати: динаміку ймовірностей станів та стійкості розвитку ІП; динаміку ймовірностей станів інноваційних та технологічних процесів ІП; науково-технологічну, екологічну, соціальну та економічну ефективність ІП тощо. Розв'язування з допомогою ІІС системи алгебраїчних рівнянь, отриманих із систем диференціальних рівнянь, дозволяє прогнозувати стани, стійкість та ефективність ІП й підтримувати таким чином ухвалення оптимальних рішень. Запропонований математичний апарат та відповідне програмне забезпечення ІІСУ випробуване та перевірене на адекватність при оцінюванні рівнів (станів) якості, своєчасності та відповідності діяльності управлінців бухгалтерії НВП ТзОВ «Електроприлад», фінансової служби ТзОВ «ІНТЕР-ПАК УКРАЇНА» та відділу збуту СП ТзОВ «Сферос-Електрон» (Львів) як характеристик компетентності, які в підсумку впливають на соціальну та організаційну ефективність підприємств. Однак, цей математичний апарат працює з достовірною, добре структурованою та формалізованою інформацією. Це є обмеженням, яке ускладнює процеси ухвалення рішень у високоентропійних середовищах та зумовлює застосування в системі менеджменту ІП інструментів штучного інтелекту.

Розгляд ІІСУ як логіко-когнітивної моделі соціального агента, а інтегрованої ІІСУІП як багатоагентної системи, яка використовує двоконтурний алгоритм адаптування (параметричне та структурне) і враховує адекватну формалізацію процесу ухвалення рішень і щодо станів розвитку ІП, і щодо методів управління ними, дозволить оптимізувати процеси ухвалення управлінських рішень.

Запропоновані підходи до побудови ІІСУІП як інтегрованих ІІСУ, дозволять забезпечити адаптогенність, стійкість, живучість та розвиток їхніх систем менеджменту в умовах реалій промисловості 4.0.

Результати дослідження щодо побудови багатоагентних ІІСУІП, які використовують двоконтурний алгоритм адаптування та формалізацію процесів ухвалення рішень щодо станів розвитку ІП та методів управління ними відповідають викликам часу й містять наукову новизну. Вони можуть бути використані як теоретичне та практичне підґрунтя щодо побудови та розвитку інформаційних управлінських систем «розумних» підприємств в епоху промисловості 4.0.

REFERENCES / ЛІТЕРАТУРА

1. Aliyev, A.G. (2014). *Economic-Mathematical Methods and Models under Uncertainty*. Apple Academic Press, 302.
2. Antonescu, M. (2018). Are business leaders prepared to handle the upcoming revolution in business artificial intelligence? *Qual. Access Success*, 19, 15–19.
3. Brown, A. (2019). Industry 4.0: The Ways in Which Technology is Transforming Industry. *Interesting&Engineering*, Retrieved July 30, 2019, from <https://interestingengineering.com/industry-40-the-ways-in-which-technology-is-transforming-indust>
4. Babiceanu, R. F., & Seker, R (2016). Big data and virtualization for manufacturing cyber-physical systems: A survey of the current status and future outlook. *Computers in Industry*, Vol. 81, 128 – 137.
5. Marr, B. (2018). What is Industry 4.0? Here's A Super Easy Explanation for Anyone. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/bernard-marr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/#31b74ef19788>.
6. Chakir, A., M. Chergui, M., Elhasnaou, S., Medromi, H., & Sayouti, A. (2016). A decision approach to select the best framework to treat an it problem by using multi-agent system and expert systems. *In Advances in Ubiquitous Networking*. Springer, 499 – 511.
7. Lucas, D., Benitez, G., Ayala, N., & Frank, A. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics* 204, 383-394.
8. Lee, J., Suh, T., Roy, D., & Baucus, M. (2019). Emerging Technology and Business Model Innovation: The Case of Artificial Intelligence. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 5, 44,13.
9. Li, F. (2017). The digital transformation of business models in the creative industries: A holistic framework and emerging trends. *Technovation*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.technova.2017.12.004>.
10. Foss, N.J.; & Saebi, T. (2017). Fifteen years of research on business model innovation: How far have we come, and where should we go? *Journal Management: CrossRef*, 43, 200-227.
11. Vendrell-Herrero, F., Parry, G., Bustinza, O., & Gomes, E. (2018). Digital business models: Taxonomy and future research avenues. *Strategic Change*, 27(2).
12. Garbuio, M., & Lin, N. (2019). Artificial intelligence as a growth engine for health care startups: Emerging business models. *Calif. Manag. Rev.: crossRef*, 61, 59–83.
13. Gassmann, O., Frankenberger, K., & Sauer, R. (2017). A primer on theoretically exploring the field of business model innovation. *The Eur. Bus. Rev.*, 4, 45–48.
14. Hilletoft A., O.-P. Hilmola, O.-P., & Wang, Y. (2016). Simulation based decision support systems in the supply chain context. *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 116(2).
15. ISO/IEC 2382:2015, *Information technology*, Vocabulary, Part 1: Terms and definitions: «data: reinterpretable representation of information in a formalized manner suitable for communication, interpretation, or processing».
16. Raven, J. (1999). The Tragic Illusion: Educational Testing. *Trillium*, 108.
17. Ellingwood, J. (2019). Comparing Database Types: How Database Types Evolved to Meet Different Needs. Retrieved from <https://www.prisma.io/blog/comparison-of-database-models-1iz9u29nwn37>
18. Kar, A. (2015). A hybrid group decision support system for supplier selection using analytic hierarchy process, fuzzy set theory and neural network. *Journal of Computational Science*, 6, 23 – 33.
19. Bannon, L. Group Decision Support Systems: An Analysis and Critique. *Interaction Design Centre, University of Limerick, Ireland*. Retrieved from <http://www.ul.ie/~idc/library/papersreports/Liam-Bannon/32/ECIS.htm>.
20. Odrekhivskiy, M., Vankovych, L., & Pshyk-Kovalska, O. (2022). Problems of Construction of Smart Innovative Enterprises. *Computational Linguistics and Intelligent Systems. Proceedings of the 6th International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS 2022)*. Vol. I: Main Conference, Gliwice, Poland, May 12-13, 2022. CEUR-WS.org, online. Vol-3171., 1015-1029.
21. Odrekhivskiy, M., Pshyk-Kovalska, J., & Zhezhukha, V. (2022). Optimization of Management Decisions of Recreational Innovative Companies. *Developments in Information & Knowledge Management for Business Applications* / Editors: Natalia Kryvinska, Michal Greguš., 4, 616, 455 – 477.

22. Obschonka, M., & Audretsch, D. (2019). Artificial intelligence and big data in entrepreneurship: A new era has begun. *Small Bus. Econ.*; CrossRef, 1–11.
23. Odrekivskyy, M. (2009). *Marketing-oriented Management of Recreational Innovation Enterprises: monograph*. Drohobych: I. Franko DSPU, 488 p.
24. Manggai, B., Thukiman, K., Othman, M., & Abdul Majid, M. (2018). Organizational Culture and Ethics in Decision-Making. *International Journal of Engineering & Technology*, 7, 257–259. Retrieved from <http://www.sciencepubco.com/index.php/IJET>.
25. Daugherty, P., & Wilson, H. (2018). Human + Machine: Reimagining Work in the Age of AI Hardcover. *Harvard Business Review Press*, March 20, 264.
26. Pereira, A., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206–1214.
27. Saha, C., Aqlan, F., Lam, S., & Boldrin, W. (2016). A decision support system for real-time order management in a heterogeneous production environment. *Expert Systems with Applications*, 60, 16–26.
28. Stonier, R., & Yu, X. (1994). *Complex Systems: Mechanism of Adaptation*, 406.
29. Susan Fourtané, S. (2019). Human + Machine Collaboration: Work in the Age of Artificial Intelligence. Retrieved September 28 from <https://interestingengineering.com/human-machine-collaboration-work-in-the-age-of-artificial-intelligence>.
30. Ruppert, T., Jaskó, S., Holczinger, T., & Abonyi, J. (2018). Enabling Technologies for Operator 4.0: A Survey. *Appl. Sci.*, 8(9), 1650. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/app8091650>.
31. Valter, P., Lindgren, P., & Prasad, R. (2018). Advanced business model innovation supported by artificial intelligence and deep learning. *Wirel. Pers. Commun.: CrossRef*, 100, 97–111.
32. Virgilio Cruz-Machado, A. (2019). Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22, 899–919.
33. Wåge, D., & Crawford, G. (2017). Innovation in digital business models. In *Proceedings of the 2017 XXVIII ISPIIM Innovation Conference on Composing the Innovation Symphony*, Vienna, Austria, 18–21 June.
34. Wang, S., Wan, J., Zhang, & D., Zhang, C. (2016). Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. *Computer Networks*, 101, 158–168.
35. Kuz'min, O., Skybins'kyj, O., & Darmits', R. (2021). *Kompetentnosti pratsivnykiv aparatu upravlinnia pidpriemstv: otsiniuvannia i rozvytok* [Competences of employees of the enterprise management apparatus: assessment and development], Halyts'ka vydavnycha spilka, L'viv, Ukraine. [in Ukrainian].

Odrekivskyy M., Darmits R., Zhezhukha V.

INTELLECTUAL INFORMATION SYSTEMS FOR MONITORING THE COMPETENCES OF MANAGERS OF INNOVATIVE ENTERPRISES

The modern development of the information economy leads to the problem of increasing the requirements for the construction of information systems to monitor the competence of managers of enterprises and enterprise management as a whole. The aim is to develop an intelligent information system for making optimal managerial decisions based on the study of managerial competence components. We have defined this goal in researching the problems and forming the conceptual foundations of building intelligent information management systems (IIMS) of innovative enterprises (IEs). We consider such systems as human-cyber-physical systems. To achieve the goal in the research, we have envisaged the step-by-step fulfilment of several tasks, namely: creating a system model of IEs; developing the structure of IIMS IEs; studying dynamic and static characteristics of managerial competence; developing an approach to support the adoption and implementation of optimal human resources decisions regarding managerial competence states and management of these states. We proposed to form IIMS IEs based on a multilevel organisational structure using elements of artificial intelligence.

Using Markov chain theory methods, we have developed mathematical models and corresponding software to investigate the states of competence development of managerial IEs or any element of their hierarchy. The mathematical models adequately describe the dynamics and statics of the states (individual phenomenon, process or activity) of such an enterprise. It is confirmed by applying mathematical and software IIMS IEs to assess, predict and support optimal decision-making in the context of monitoring the competence of managers' IEs on the parameters of quality, timeliness and compliance.

We applied the proposed mathematical apparatus and appropriate IIMS software in the assessment of levels of quality, timeliness and compliance of managers of the accounting department of LLC "Elektroprylad", financial service of LLC "Inter-Pak Ukraine" and sales department of LLC "Sferos-Elektron" (Lviv, Ukraine). We consider these to be the characteristics of competence correlated with the resulting indicator (degree of goal achievement) and ultimately affecting the effectiveness of enterprises.

We consider IIMSs logical-cognitive models of a social agent based on cognitive science. We think integrated IIMS IEs as multi-agent systems that use a two-loop adaptation algorithm. The IIMS developed in this way uses adequate formalisation of personnel decision-making processes.

The proposed approaches to building IIMS IEs (integrated IIMS) allow managers to make rational, organisationally programmed management decisions. These approaches also provide enterprises with adaptability, resilience, survivability and development in today's Industry 4.0 era.

Keywords: intelligence, innovation, system management, competence, organization

JEL Classification: O310, M0, M150, M5