

УДК 658.8

DOI: <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2020-2-28>

Мушнікова С.А.

кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри фінансів
Національної металургійної академії України

Mushnykova Svitlana

National Metallurgical Academy of Ukraine

**СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З КОНФІГУРУВАННЯ
АЛГОРИТМІВ ГЕНЕРУВАННЯ УПРАВЛІНСЬКИХ ВПЛИВІВ
НА БЕЗПЕКУ РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА**

**DECISION SUPPORT SYSTEM FOR CONFIGURATION
OF ALGORITHMS FOR GENERATING MANAGEMENT INFLUENCES
ON THE SECURITY OF INDUSTRIAL INDUSTRY**

В сучасних умовах господарювання перед управлінським персоналом промислових підприємств все гостріше встає питання виживання та безпечного розвитку. В дослідженні розглянуто загальні положення «дебютного» підходу в формуванні стратегії безпеки розвитку промислового підприємства. Зазначена необхідність формування системи підтримки прийняття управлінських рішень. На основі аналізу існуючих методів та підходів, запропонований метод штучного інтелекту, заснований на використанні обчислення природних явищ, а саме, мурашиний алгоритм, що базується на

моделюванні адаптивної поведінки мурашиної колонії. Наряду з перевагами пропонованого методу підтримки прийняття управлінських рішень, є певні складності його використання, а саме: потребує високого рівня кваліфікації, досвіду, компетенцій управлінського персоналу; коректне визначення терміну цільової функції (стратегічного або тактичного характеру); неможливість достатньо кількісної оцінки отриманому результату, тобто носить характер вірогідності настання.

Ключові слова: теорія «дебюту», мурашиний алгоритм, прийняття рішення, промислове підприємство, безпека розвитку, динамічна трансформація.

В современных условиях хозяйствования перед руководством промышленных предприятий все острее встает вопрос выживания и безопасного развития. В исследовании рассмотрены общие положения «дебютного» подхода в формировании стратегии безопасности развития промышленного предприятия. Отмечена необходимость формирования системы поддержки принятия управленческих решений. На основе анализа существующих методов и подходов, предлагается метод искусственного интеллекта, основанный на использовании вычисления природных явлений, а именно, муравьиный алгоритм, основанный на моделировании адаптивного поведения муравьиной колонии. Наряду с преимуществами предлагаемого метода поддержки принятия управленческих решений, есть определенные сложности его использования, а именно: требует высокого уровня квалификации, опыта, компетенций управленческого персонала; корректное определение срока целевой функции (стратегического или тактического характера); невозможность достаточной количественной оценки полученного результата, то есть носит вероятностный характер.

Ключевые слова: теория «дебюта», муравьиный алгоритм, принятие решения, промышленное предприятие, безопасность развития, динамическая трансформация.

In modern economic conditions, the management of industrial enterprises is increasingly faced with the issue of survival and safe development. It is noted that in such conditions there is a need to use the latest forms of innovative security management of industrial enterprises, one of which, in our opinion, is the theory of "debuts" at the stage of forming a security strategy. The study considers the general provisions of the "debut" approach in the formation of security strategy for the development of industrial enterprises. The need to form a system to support management decisions is noted. Moreover, today there are many definitions of "decision support system" (DSS), but no single definition has been found. Along with a large number of existing methods and techniques of mathematical modeling, statistical, economic and mathematical that provide support for management decisions at all levels of the national economy, the last twenty years are gaining momentum methods of artificial intelligence. Based on the analysis of existing methods and approaches, the proposed method of artificial intelligence is based on the used calculations of natural phenomena, namely, the ant algorithm based on modeling the adaptive behavior of the ant colony. The paper proposes a comparative description of the features of the two systems: the functioning of the ant colony and management decisions at the industrial enterprise. An algorithm for finding optimal solutions in the form of a complete oriented graph of solution search is developed. Thanks to the existing mathematical apparatus that describes the ant algorithm, it was used to configure the algorithm to support management decision-making with the generation of managerial influences on the safety management of industrial development. Along with the advantages of the proposed method of support for management decisions, there are some difficulties in its use. Thus, the proposed method requires a high level of qualification, experience, competencies of management staff; correct definition of the term of the target function (strategic or tactical); the impossibility of a sufficient quantitative assessment of the result obtained, ie has the character of the probability of occurrence.

Key words: "debut" theory, ant algorithm, decision making, industrial enterprise, development security, dynamic transformation.

Постановка проблеми. Сучасний стан функціонування промислових підприємств знаходиться в складних кризових умовах, які посилилися останнім часом внаслідок світової пандемії Covid-19. В свою чергу, фактори зовнішньої та внутрішньої дії впливають на результати діяльності підприємств різноспрямовано і мають як шкідливі наслідки, так і позитивні.

Будь-який розвиток передбачає виникнення різного роду суперечностей між суб'єктами соціально-економічних відносин (антагонізм відносин). Це стосується всіх суб'єктів соціально-економічних відносин, на всіх рівнях

економіки: будь то виробник із споживачем, підприємець та державні органи управління, державні органи управління різних країн, та ін. Реалії сьогодення потребують пошуку новітніх форм управління, перш за все, на промислових підприємствах, як суб'єктах реального сектору економіки, від функціонування яких залежить в більшості добробут держави в цілому та кожного окремого її суб'єкта. В цих умовах вимогами до управлінського персоналу промислових підприємств є пошук оптимальних рішень до управління його безпечним розвитком.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Сучасність, яка характеризується розвитком інформаційних, комунікаційних технологій в соціально-економічних відносинах пред'являє високі вимоги до управлінського персоналу в прийнятті рішень. Тому, значна кількість наукових досліджень вітчизняних та закордонних авторів присвячена останні 20-ть років питанням підтримки прийняття рішень [4].

З іншої сторони, в період загострення кризових явищ, невизначеності ситуації що склалася, все більш науковців та практиків турбують питання виходу з цієї ситуації, подальшому розвитку діяльності всіх рівнів національної економіки [1-3; 6]. Але, без підтримки прийняття рішень на сьогодні неможливо досягти бажаного стану. На сьогодні, в період розвитку ІТ-технологій, у промислових підприємств виникає необхідність підтримки управлінського рішення за допомогою сучасних цифрових технологій, штучного інтелекту. Наряду з існуючими математичними, економіко-статистичними, та ін. методами та прийомами формування системи підтримки прийняття рішень, в останні десятиріччя знайшло розвитку методи штучного інтелекту, одним з яких є мурашиний алгоритм Марко Доріго. Основна ідея алгоритму підглянута в природі та пов'язана з імітацією руху колонії мурах [7; 9].

Метою дослідження є науково-практичні аспекти щодо обґрунтування доцільності формування системи підтримки прийняття рішень з конфігурування алгоритмів генерування управлінських впливів на безпеку розвитку промислового підприємства.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Розвиток промислового підприємства потребує формування стратегії, яка, задля підвищення їх конкурентоспроможності, повинна мати спрямованість на безпечні динамічні зміни. Передбачення спрямування безпеки розвитку (вектору спрямування) в умовах невизначеності є одним з найскладніших процесів. Істотним фактором підвищення ефективності управління безпекою розвитку промислових підприємств є застосування інноваційних моделей стратегії управління з використанням ігрових методів, математичних моделей і методів та моделей штучного інтелекту при підготовці і прийнятті управлінських рішень.

Початковий етап формування стратегії безпеки розвитку стикається з рядом факторів, які не дають можливості обрати один з найкращих варіантів для отримання позитивного результату в часи непередбачуваності. Тобто, виникає ряд причинно-наслідкових зв'язків, які потребують формулювання декількох альтернативних варіантів розвитку подій в різних економіч-

них умовах, з різним рівнем антагоністичного впливу учасників цих подій. Саме в таких умовах виникає необхідність використання новітніх форм інноваційного управління безпекою розвитку промислових підприємств, одним з яких, на наш погляд, є теорія «дебютів» саме на стадії формування стратегії безпеки розвитку [8].

Теорія «дебюту» (від французької *début* – початок) має походження від початкової стадії гри в шахи. Вона передбачає стрімкий безпечний передбачуваний розвиток подій та характеризує мобілізацію сил гравців. Найбільш активний розвиток теорії дебюту, створення принципово нових засад і основних їх варіантів довелося на період до ХХ сторіччя в часи розвитку шахів як гри. Вже до другої половини ХХ сторіччя дослідження дебютів в шахах звелось до аналізу окремих варіантів, що виникають на тих чи інших вже відомих початкових стадіях, а в останні роки розвиток теорії дебюту в шахах звівся нанівець. Завдяки кільком сторіч розвитку дебютної теорії і, в значній мірі, появи потужних комп'ютерів і якісних шахових програм, дебют став, мабуть, найменш творчою частиною шахової партії. Всі основні варіанти ретельно проаналізовані, іноді аж до 15-20 ходу, а в окремих випадках і далі [8].

Але, використання теорії дебюту, як різновид теорії гри в революційному управлінні розвитком соціально-економічних систем, має відповідне підґрунтя і є однією з інноваційних форм управління. Це стосується, перш за все, стрімкого безпечного розвитку діяльності промислових підприємств як соціально-економічних систем, пов'язаною з мобілізацією потужностей учасників соціально-економічних відносин, як гравців на ринку в різних економічних умовах. Це потребує значних зусиль в формуванні системи підтримки прийняття управлінського рішення.

На сьогодні існує безліч визначень поняття «система підтримки прийняття рішення» (СППР), але єдиного визначення не знайдено. Узагальнюючи думку авторів можна зазначити що систему підтримки прийняття рішень розглядають як [4]:

– інтерактивну прикладну систему, яка забезпечує кінцевих користувачів, що приймають рішення, легким та зручним доступом до даних і моделей з метою прийняття рішень у напівструктурованих і неструктурованих ситуаціях із різних галузей людської діяльності;

– такі системи, які ґрунтуються на використанні моделей і процедур з оброблення даних та думок, які допомагають керівникові приймати рішення;

– інформаційна система, яка використовується для підтримки різних видів діяльності під

час прийняття рішень в ситуаціях, де неможливо або небажано мати автоматичну систему, та повністю виконує весь процес прийняття рішень.

Основним користувачем системи підтримки прийняття рішення є менеджер або штатний професіонал (наприклад, фінансовий плановик). Стрижневою частиною системи є програмне забезпечення інтерфейсу (так званий діалог), що робить систему легкою для використання. Система містить моделі, що використовуються для аналізу даних. Дані супроводять або підтримують аналіз.

СППР не підготовляє рішення, а скоріше забезпечує даними, які використовуються разом з іншою інформацією користувачем для прийняття рішення.

До найважливіших цілей систем підтримки прийняття рішень належать [4]:

- 1) удосконалення рішень;
- 2) збільшення продуктивності праці творців рішень;
- 3) доповнення арсеналу інструментальних засобів творців рішень новими, продуктивнішими можливостями;
- 4) полегшення виконання одного або більше етапів прийняття рішень (збору інформації, проектування, відбору альтернатив);
- 5) упорядкування й полегшення аналізу можливих шляхів розв'язування проблем;
- 6) допомога творцям рішень у розв'язанні неструктурованих або напівструктурованих проблем;
- 7) підвищення компетентності творців рішень щодо управління знаннями.

СППР може бути стратегічною інформаційною системою та специфічною системою підтримки прийняття рішень щодо створення конкурентних переваг.

Сучасним комп'ютерним СППР притаманні такі риси та властивості [4]:

1. СППР надає керівникові допомогу в процесі прийняття рішень і забезпечує підтримку в усьому діапазоні контекстів структурованих, напівструктурованих і неструктурованих завдань. Розум людини та інформація, що генерується комп'ютером, становлять одне ціле для прийняття рішень.
2. СППР підтримує і посилює (але не замінює і не відмінює) міркування та оцінки керівника..
3. СППР підвищує ефективність прийнятих рішень (а не лише продуктивність ОПР).
4. СППР інтегрує моделі та аналітичні методи зі стандартним доступом до даних і вибіркою даних.
5. СППР проста у використанні навіть для осіб, які не набули значного досвіду спілкування з ЕОМ.

6. СППР побудована за принципом інтерактивного розв'язування завдань (безперервний режим).

7. СППР зорієнтована на гнучкість та адаптивність для пристосування до змін у середовищі чи в підходах до розв'язування задач, які обирає користувач.

8. СППР не мусить нав'язувати користувачеві певного процесу прийняття рішень.

Ця традиційна характеристика СППР останнім часом доповнилася новими можливостями за рахунок «інтелектуалізації», зокрема [4]:

1. СППР включає модуль знань, який описує деякі аспекти світогляду творців рішень, як завершити різні завдання та ін.

2. СППР має здатність набувати й підтримувати дискриптивні знання (ведення записів, реєстрацію).

3. СППР має здатність подавати знання на даний випадок у різний спосіб, а також у стандартизованих звітах.

4. СППР здатна вибрати будь-яку бажану частину збережених знань для презентації або отримання нового знання засобами розпізнавання і/або розв'язування проблем.

На концептуальному рівні відрізняють такі типи СППР [4]:

– керована повідомленнями (Communication-Driven DSS) – підтримує групу користувачів, що працюють над виконанням загальної задачі;

– керована даними (Data-Driven DSS, Data-oriented DSS) – в основному орієнтується на доступ і маніпуляції з даними;

– керована документами (Document-Driven DSS) – здійснює пошук і маніпулювання неструктурованою інформацією, заданої в різних форматах;

– керована знаннями (Knowledge-Driven DSS) – забезпечує рішення задач у виді фактів, правил, процедур;

– керована моделями (Model-Driven DSS) – забезпечує доступ і маніпуляції з математичними моделями (статистичними, фінансовими, оптимізаційними, імітаційними).

Наряду з великою кількістю існуючих методів та прийомів математичного моделювання, статистичного, економіко-математичного які забезпечують підтримку прийняття управлінських рішень на всіх рівнях національної економіки, останні двадцять років набирають оберти методи штучного інтелекту.

В останні роки інтенсивно розробляється науковий напрямок Natural Computing – «Природні обчислення», що об'єднує математичні методи, в яких закладені принципи природних механізмів прийняття рішень. Ці механізми забезпечують ефективну адаптацію флори і фауни до навколишнього середовища протягом мільйонів років.

Імітація самоорганізації мурашиної колонії складає основу мурашиних алгоритмів оптимізації – одного з методів природних обчислень. Колонія мурах може розглядатися як багатоагентна система, в якій кожен агент (мураха) функціонує автономно за дуже простими правилами. На противагу майже примітивної поведінки агентів, поведінка всієї системи виходить розумною [5]. Особливості пошуку оптимального шляху мурашиною колонією, яка знаходить його в будь-якому випадку, спонукала автора до запозичення цього природного явища в формуванні системи підтримки прийняття рішення в управлінні безпекою розвитку промислового підприємства на стратегічному рівні.

Порівняльна характеристика особливостей двох систем: функціонування мурашиної колонії та прийняття управлінських рішень на промисловому підприємстві, – наведені в табл. 1.

Завдяки існуючому математичному апарату, який описує мурашиний алгоритм [5], можна

використати його для конфігурування алгоритму підтримки прийняття управлінського рішення з генеруванням управлінських впливів (рис. 1).

В основі побудови мурашиного алгоритму лежить теорія графів. Побудова алгоритму відбувається в декілька кроків.

На першому етапі кожної ітерації кожний k -ий менеджер формує свою власну множину управлінських рішень $X1k$. Процес побудови множини $X1k$ покроковий. На кожному кроці менеджер застосовує розподіл вірогідностей вибору наступної вершини для включення її та формується множина $X1k(t)$.

Перший етап здійснюється наступним чином. Менеджер переглядає всі вільні на даному етапі вершини $Xck(t)$. Для кожної вершини $xi \in Xck(t)$ розраховуються два параметри:

fik – сумарний рівень управлінських рішень на ребрах графа R , що зв'язують xi з вершинами вузла $X1k(t)$;

sik – число зв'язків на графі G між xi та $X1k(t)$.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика соціальної поведінки мурашиної колонії та промислового підприємства

Особливі характеристики мурашиної колонії	Особливості прийняття управлінського рішення на промисловому підприємстві
1. Складність системи	
Проста багатоагентна система	Складна, штучно створена, поліструктурна система
2. Соціальна поведінка	
Самоорганізація простої системи – безліч динамічних механізмів, що забезпечують досягнення глобальної мети низько розвинутої взаємодії елементів	Самоорганізація складної системи – сукупність статичних та динамічних механізмів, які забезпечують досягнення стратегічних цілей взаємодії високо розвинутої системи елементів
3. Компоненти соціальної поведінки:	
3.1 Випадковість	
Випадковість природи руху мурах	Випадковість прийняття управлінського рішення
3.2 Багатократність	
Потрібно багато і дуже багато спроб знайти найкоротший шлях або хоча б попередити інших, що не потрібно рухатися в цьому напрямку	Сукупність значної кількості альтернативних управлінських рішень для визначення оптимального за відповідним критерієм
3.3 Позитивний зворотний зв'язок	
Коли один суб'єкт взаємодії змінює деяку частину навколишнього середовища, а інші використовують інформацію про її стан пізніше, коли знаходяться в її околиці	Ефективна взаємодія осіб що приймають рішення різних рівнів управління при якій змінюється деяка частина внутрішнього та навколишнього середовища промислового підприємства
3.4 Негативний зворотний зв'язок	
З часом феромон випаровується, що дозволяє мурашкам адаптувати свою поведінку під зміни зовнішнього середовища	З часом знижується рівень адаптації до змін зовнішнього середовища внаслідок втрати активності управлінським персоналом
3.5 Цільова оптимізаційна функція	
Пошук та знаходження короткого маршруту руху	Досягнення захищеного стану підприємства в процесі адаптації до трансформації в просторі й часі

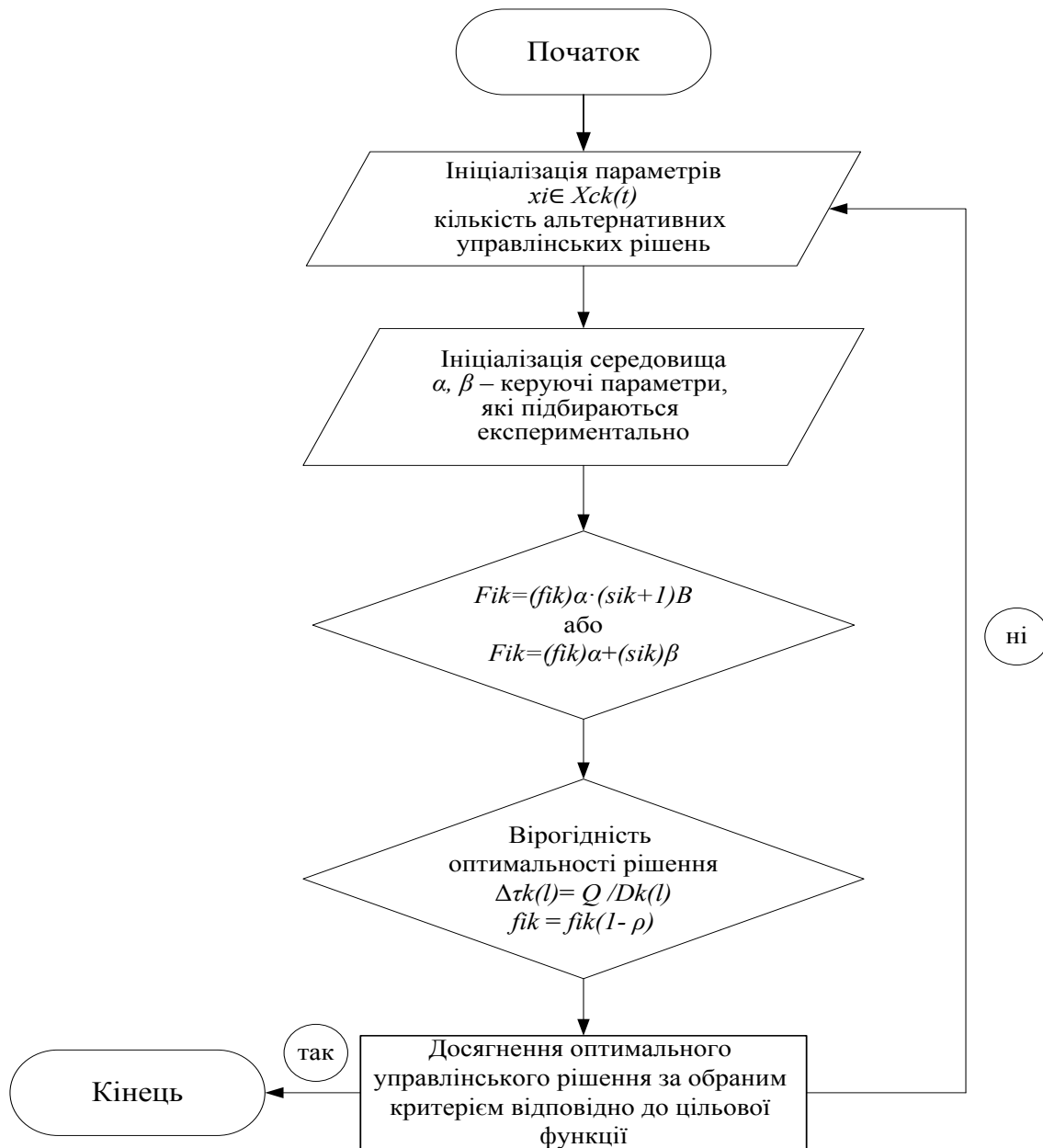


Рис. 1. Алгоритм підтримки прийняття управлінського рішення

За формулою (1) – при мультиплікативній згортці, або за формулою (2) – при адитивній згортці визначається потенційна вартість Fik зв'язків x_i з $Xck(t)$.

$$Fik = (fik)\alpha \cdot (sik + 1)\beta, \quad (1)$$

$$Fik = (fik)\alpha + (sik)\beta, \quad (2)$$

де α, β – керуючі параметри, які підбираються експериментально.

Вірогідність Pik включення вершини $x_i \in Xck(t)$ в формулюючий вузол $X1k(t)$ визначається наступним співвідношенням:

$$Pik = Fik / \sum_{iik} F. \quad (3)$$

Менеджер з вірогідністю Pik вибирає одну з вершин, яка включається в множину $X1k(t)$ та виключається з множини $Xck(t)$.

При $\alpha = 0$ найбільш імовірний вибір вершини x_i , максимально пов'язаної з вершинами вузла $X1k(t)$, тобто алгоритм стає жадібним.

При $\beta = 0$ вибір відбувається тільки на підставі рішення, що призводить до субоптимальних рішень. Тому необхідний компроміс між цими величинами, який знаходиться експериментально.

Після формування за $n1$ кроків менеджерами рішень (кожен менеджер – своє рішення $X1k$), на другому етапі ітерації, кожен менеджер визначає управлінське рішення на ребрах повного підграфа $R1k \subset R$, побудованого на вершинах $X1k$. Кількість рішень $\Delta\tau k(l)$, відкладається k -им менеджером на кожному ребрі підграфа $R1k \subset R$, побудованого на l -ої ітерації, визначається наступним чином:

$$\Delta tk(l) = Q / Dk(l), \quad (4)$$

де l – номер ітерації,

Q – загальна кількість управлінських рішень, визначається k -им менеджером на ребрах підграфу $R1k \subset R$,

$Dk(l)$ – число зв'язків на графі G між множинами $X1k$ и $X2k$, сформованими k -им менеджером на l -ій ітерації.

Після того, як кожний менеджер визначив та сформував управлінське рішення, на третьому етапі відбувається сумарний збір управлінських рішень на ребрах повного графа R відповідно до формули:

$$fik = fik(1 - \rho). \quad (5)$$

Після виконання всіх дій на ітерації знаходиться менеджер з кращим рішенням, яке запам'ятовується. Далі здійснюється перехід на наступну ітерацію. Таким чином, алгоритм розбиття на основі методу мурашиної колонії формулюється таким чином:

1. Відповідно до вихідних даних визначається число менеджерів що приймають рішення. Воно дорівнює числу n вершин графа $G(X, U)$.

2. Формується граф пошуку рішень $R(X, E)$, в кожну вершину якого міститься відповідний менеджер.

3. На всіх ребрах (або вершинах) графа $R(X, E)$ відкладається початкова кількість управлінських рішень. Задаються значення параметрів: α , β . Вибирається критерій Fk по формулам (1) або (2).

4. Задається кількість ітерацій Nl .

5. На першому етапі кожної ітерації на графі пошуку рішень $R(X, E)$ кожним менеджером zk будується маршрут Mk за обраним критерієм оптимальності та формується рішення Pk .

6. Для кожного рішення Pk , знаходиться значення цільової функції Dk .

7. На ребрах (або вершинах) всіх знайдених маршрутів в графі пошуку рішень $R(X, E)$ менеджерами визначаються рішення. Кількість рішень які приймаються k -им менеджером обернено пропорційно числу зв'язків $Dk(l)$ на графі G між множинами $X1k$ та $X2k$, сформованими k -им менеджером на l -ій ітерації.

8. приймається рішення на ребрах (або вершинах) графа пошуку рішень $R(X, E)$.

9. Вибір найкращого рішення, отриманого протягом усіх виконаних ітерацій.

У загальному випадку робота цього алгоритму залежить від цільової функції, часу проведення, вартості та ефективності отриманих результатів.

Наряду с існуючими перевагами пропонованого методу штучного інтелекту «мурашиного алгоритму» в підтримці прийняття рішення в управлінні безпекою розвитку промислового підприємства, існують й складності в його використанні, а саме: формулювання постановки завдання для подальшого визначення оптимального рішення потребує від управлінського персоналу високого рівня кваліфікації, досвіду, компетенцій; визначення терміну цільової функції (стратегічного або тактичного характеру); кількісної оцінки отриманого ефективного результату.

Висновки з проведеного дослідження.

В сучасних умовах господарювання перед управлінським персоналом промислових підприємств все гостріше встає питання виживання та безпечного розвитку. В дослідженні розглянуто загальні положення «дебютного» підходу в формуванні стратегії безпеки розвитку промислового підприємства. Зазначена необхідність формування системи підтримки прийняття управлінських рішень. На основі аналізу існуючих методів та підходів, пропонований метод штучного інтелекту, заснований на використанні обчислення природних явищ, а саме, мурашиний алгоритм, що базуються на моделюванні адаптивної поведінки мурашиної колонії. Розроблено алгоритм пошуку оптимальних рішень у вигляді повного орієнтованого графа пошуку рішень.

Наряду з перевагами пропонованого методу підтримки прийняття управлінських рішень, є певні складності його використання. Так, пропонований метод потребує високого рівня кваліфікації, досвіду, компетенцій управлінського персоналу; коректне визначення терміну цільової функції (стратегічного або тактичного характеру); неможливість достатньо кількісної оцінки отриманому результату, тобто носить характер вірогідності настання.

Список використаних джерел:

1. Ареф'єва О.В. Управління розвитком економічних систем: теорія, механізми регулювання та управління [Текст] : моногр. / О.В. Ареф'єва, В.В. Прохорова. Харків : УкрДАЗТ, 2010. 301 с.
2. Ерохина Е.А. Теория экономического развития: (системно-самоорганизационный подход) / Е.А. Ерохина. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1999. 160 с.
3. Прохорова В.В. Економічний розвиток підприємств: теоретико-методологічний аспект [Текст] : [монографія] / В.В. Прохорова. Х. : УкрДАЗТ, 2010. 521 с.
4. Шевчук І.Б. Системи підтримки прийняття рішень. Конспект лекцій. Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2020. 137 с.

5. Штовба С.Д. Муравьиные алгоритмы // Exponenta Pro. Математика в приложениях. 2004. 4(4). С. 70–75.
6. Шумпетер Й. Теория экономического развития. М. : Директмедиа Пабблишинг, 2008. 436 с.
7. Шутова Ю.О., Мартынова Ю.А. Исследование влияния регулируемых параметров муравьиного алгоритма на сходимость. XX Международная научно-практическая конференция «Современные техника и технологии». С. 281–282.
8. Arefyeva O. Opening theory as an innovative model of the development strategy of industrial companies / O. Arefyeva, V. Prokhorova, N. Chebanova, V. Khaustova, S. Mushnykova // International Journal of Engineering & Technology, 7(4.3). (2018). P. 387–392. URL: www.sciencepubco.com/index.php/IJET/387-392
9. Dorigo M. Swarm Intelligence, Ant Algorithms and Ant Colony Optimization // Reader for CEU Summer University Course «Complex System». Budapest : Central European University, 2001. P. 1–38.

References:

1. Aref'eva O.V., Prohorova V.V. (2010) Upravlinnya rozvitkom ekonomichnih sistem: teoriya, mekhanizmi reguluyuvannya ta upravlinnya [Tekst]: monogr. [Management of economic systems development: theory, mechanisms of regulation and management]. Harkiv: UkrDAZT, 301 s. (in Ukrainian)
2. Erokhyta E.A. (1999) Teoriya ekonomycheskoho rozvytyia: (systemno-samoorhayyzatsyonnyi podkhod) [The theory of economic development: (system-self-organizational approach)]. Tomsk: Yzd-vo Tom. un-ta, 160 s.
3. Prokhorova V.V. (2010) Ekonomichnij rozvitok pidpriemstv: teoretiko-metodologichnij aspekt [Tekst]: [monografiya] / V.V. Prokhorova. Kh.: UkrDAZT, 521 s.
4. Shevchuk I.B. Sistemi pidtrimki priinyattya rishen. Konspekt lekczij. Lviv: Lvivskij naczionalnij universitet imeni Ivana Franka, 2020. 137 s.
5. Shtovba S.D. (2004) Muravinye algoritmy // Exponenta Pro. Matematika v prilozheniyakh, 4(4), s. 70–75.
6. Shumpeter J. (2008) Teoriya ekonomicheskogo rozvitiya [Theory of Economic Development]. M.: Direktmedia Publishing, 436 s.
7. Shutova Yu.O., Martynova Yu.A. Issledovanie vliyaniya reguliruemykh parametrov muravinogo algoritma na skhodimost. XX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Sovremennye tekhnika i tekhnologii», s. 281–282.
8. Arefyeva O. (2018) Opening theory as an innovative model of the development strategy of industrial companies / O. Arefyeva, V. Prokhorova, N. Chebanova, V. Khaustova, S. Mushnykova // International Journal of Engineering & Technology, 7(4.3), p. 387–392. URL: www.sciencepubco.com/index.php/IJET/387-392
9. Dorigo M. (2001) Swarm Intelligence, Ant Algorithms and Ant Colony Optimization // Reader for CEU Summer University Course «Complex System». Budapest: Central European University, pp. 1–38.