

УДК 330.338

ПОРОХНЯ В.^{1*}, ХАННУФ К.², ПЕНЕВ В.³

^{1*} д.е.н., професор, Класичний приватний університет, e-mail: vprhnp76@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0820-8749

² аспірант, Український державного університету науки та технологій, e-mail: katerinahann@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7689-9938

³ аспірант, Класичний приватний університет, e-mail: penev.vladislav@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3459-560X

ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ Q-leaning ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ПОВЕДІНКОВОЇ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КАПІТАЛУ

Мета. Оцінювання інтелектуального капіталу підприємства, організації, яка має безліч властивостей, пов'язаних відповідними відношеннями між собою, які характеризують дієздатність інтелектуального капіталу. **Методика.** Для вирішення поставленої мети у роботі використано такі методи дослідження: історичний та емпіричний методи, метод наукової абстракції, методи аналіз та синтезу, метод системного аналізу. **Результати.** Визначено, що накопичення капіталу ефективності споживчого або клієнтського капіталу зобов'язане капіталу стратегії залучення інновацій інформаційного потенціалу та вибору капіталу альтернатив і відтворює підвищення рівня організаційного капіталу в межах його використання. Виявлено, що інформаційний капітал, який формує стратегії залучення інформаційного потенціалу впливає на вибір капіталу альтернатив безпосередньо виконує головні функції формування і застосування механізмів управління інтелектуальним капіталом. Узагальнено, що капітал стратегії залучення інновацій інформаційного потенціалу та капітал альтернатив безпосередньо виконує головні функції формування і застосування механізмів управління інтелектуальним капіталом в сукупності з іншими видами капіталу та незалежно від них. **Наукова новизна.** В результаті дослідження обґрунтовано концептуальний підхід до застосування машинного навчання Q-leaning з метою отримання найбільш ефективної поведінкової стратегії розвитку інтелектуального капіталу поведінкової стратегії розвитку інтелектуального капіталу і підвищення достовірності отриманих результатів. **Практична значимість.** Дослідження допомагає підвищити ефективність при розробці поведінкової стратегії розвитку інтелектуального капіталу і підвищення достовірності отриманих результатів

Ключові слова: капітал, інтелектуальний капітал, стратегія, машинне навчання, концептуальний підхід.

Постановка проблеми

Оцінювання інтелектуального капіталу підприємства, організації має безліч властивостей, пов'язаних відповідними відношеннями між собою, які характеризують дієздатність інтелектуального капіталу. А поняття інтелектуального капіталу значно ширше, ніж поняття інтелектуальної власності та нематеріальних активів. Спочатку розглянемо інтелектуальний капітал і його особливості:

–у сучасних умовах інтелектуальний капітал визначає головні тенденції економічного зростання;

–інтелектуальний капітал потребує значних витрат творчої енергії і може нагромаджуватися у вигляді організаційно-структурного капіталу;

–інтелектуальний капітал наявний в оновлених товарах та послугах;

–може одночасно використовуватися декількома господарськими суб'єктами, і частково піддається моральному зносу, внаслідок швидкого розвитку науково-технічного прогресу [1].

Доцільно зазначити, що оцінка інтелектуального капіталу є важливим інструментом для управління бізнесом та визначення стратегій розвитку компаній та організацій. Оцінювання інтелектуального капіталу підприємства, організації, який має безліч властивостей, пов'язаних відповідними відношеннями між собою і які характеризують дієздатність інтелектуального капіталу для підвищення достовірності отриманих результатів та визначення найбільш ефективної стратегії розвитку інтелектуального капіталу. Оцінювання

інтелектуального капіталу може здійснюватися різними методами, існує безліч підходів до вимірювання цього активу [2]. Дослідження в області оцінювання інтелектуального капіталу за допомогою машинного навчання є сучасним і ефективним методом, який сприятиме підвищенню ефективності управління цим цінним ресурсом і розвитку інноваційних стратегій підприємств та організацій. Тому актуалізуються питання розробки і обґрунтування концептуального підходу щодо застосування машинного навчання Q-learning з метою отримання найбільш ефективної стратегії розвитку інтелектуального капіталу і підвищення достовірності отриманих результатів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Оцінка інтелектуального капіталу - це складний процес, в розвитку різних методів оцінювання брали участь вчені з різних галузей знань щоб розвивати більш точні та комплексні методи оцінювання інтелектуального капіталу. Значний вклад у розробку методів оцінювання інтелектуального капіталу внесли такі вчені: Г. Беккер - розробив теорію людського капіталу і визначив вплив навчання та навичок працівників на економічне зростання. К. Лангвард розробив та обґрунтував оцінювання інтелектуального капіталу в контексті власності і прав інтелектуальної власності. Л. Едвінссон розвинув категорію інтелектуального капіталу та його ролі в організаціях; Е. Плей розвинув управління знаннями та інтелектуальним капіталом. Д. Стюарт удосконалив різні аспекти інтелектуального капіталу, зокрема його зв'язок з інноваціями та продуктивністю. Р. Лукас визначив роль знань, інновацій та технологічного прогресу в економічному розвитку. Е.Глісер досліджував зв'язок між інтелектуальним капіталом міст та їх економічною продуктивністю; Б. Бошворт розвинув наукові погляди щодо синтезу новацій та інтелектуального капіталу в контексті державних організацій та наукових установ. Зауважимо, що оцінювання інтелектуального капіталу може здійснюватися різними методами, існує ряд наукових підходів щодо вимірювання цього найціннішого активу, які розвиваються в

наукових працях закордонних і вітчизняних вчених.

Так, ми вважаємо, що досвід вирішення цієї проблематики в дослідницькому науковому середовищі є наявним, проте він постійно потребує подальшого розвитку і удосконалення. Тому, на нашу думку підкреслюється необхідність удосконалення оцінки інтелектуального капіталу за рахунок використання машинного навчання Q-learning та розробки й обґрунтування концептуального підходу.

Формулювання мети статті

Мета статті полягає в обґрунтуванні концептуального підходу до застосування машинного навчання Q-learning з метою отримання найбільш ефективної поведінкової стратегії розвитку інтелектуального капіталу і підвищення достовірності отриманих результатів.

Виклад основного матеріалу

Оскільки інтелектуальний капітал є наявним на кожній стадії інноваційного розвитку підприємства, ця його наявність забезпечує конкурентні переваги, що відображаються в зростанні доданої вартості, виникає необхідність в його кількісній оцінці з метою нарощування.

Розвиток інтелектуального капіталу потребує постійних фінансових вкладень і, як правило, його приріст безпосередньо залежить від наявності економічної доданої вартості підприємства. В свою чергу приріст економічної доданої вартості являється фактором росту інтелектуального капіталу. Тому розподіл економічної доданої вартості повинна враховувати пріоритетні напрямки розвитку, найбільш важливі критерії та умови при яких підприємство буде працювати найбільш ефективно. Цільовою функцією підприємства в даному випадку може бути максимізація ефективності використання економічної доданої вартості.

Інтелектуальний капітал важко досліджувати та проводити розрахунки його вартості через складність у визначенні властивостей компонентів, що належать до нього, та їх поведінки в різних альтернативах управління.

Проте, інтелектуальний капітал можна поділити на кілька капіталів, що входять до

його складу: людський капітал, поведінкову стратегію розвитку організаційного капітал, клієнтський або інтелектуального капіталу(рис. 1). споживчий капітал, інформаційний капітал, та створюють можливість побудувати



Рис.1. Поведінкова стратегія розвитку інтелектуального капіталу

Кожен компонент, що входить до складу інтелектуального капіталу, можна структурно деталізувати:

1. Людський капітал, цінність, яку працівники підприємства приносять за допомогою застосування навичок, ноу-хау та експертиза. Людський капітал притаманний людям і може належати організації.

2. Організаційний капітал складається з: технологічного капіталу; капіталу брендингу; капіталу культури ведення бізнесу; капіталу ефективності доданої економічної вартості; капіталу стратегії залучення інновацій інформаційного потенціалу, рис.1. Де в якості критеріїв оцінювання ІК виступають наступні: креативність, технологічність, поведінкове задоволення, інформативність, комунікативність.

3. Споживчий або клієнтський капітал, що складається з таких елементів, як відносини з

клієнтами, відносини з постачальниками, товарні знаки та торговельні найменування (які мають цінність лише через відносини з клієнтами) ліцензії та франшизи.

4. Інформаційний капітал визначає траєкторію інтелектуального капіталу та спрямованість запровадження запропонованої стратегії в рамках реалізації інновацій інформаційного потенціалу, який спрямований на збільшення вартості капіталу та залежить від швидкості оновлення цієї стратегії. Інформаційний капітал та його потенціал виступає як інвестиційний капітал для максимізації вартості інтелектуального капіталу

Отже, наявність багатокритеріального підходу до застосування інтелектуального капіталу породжує складність його оцінювання. Якщо розглянути методи вимірювання інтелектуального капіталу, то

наступні найбільш поширені чотири категорії, запропоновані К. Свейбі: Методи прямого вимірювання інтелектуального капіталу (Direct Intellectual Capital Methods); Методи ринкової капіталізації (Market Capitalization Methods); Методи віддачі на активи (Return on Assets methods); Метод підрахунку балів (Scorecard Methods) [3]. Але кожний із них має певні недоліки, які слід розглядати в комплексі з цифровізацією економіки, тобто методами машинного навчання. Тоді є можливість побудувати загальну математичну модель з уніфікованим алгоритмом машинного навчання, а це впливає на точність оцінок властивостей всіх структурних елементів інтелектуального капіталу і їх поведінковий аспект.

Величина інтелектуального капіталу змінюється за рахунок зміни його структури, тобто збільшення чи зменшення однієї з його складових: людського, організаційного чи споживчого капіталу. Напрямок цих змін (додатний чи від'ємний) визначається напрямком зміни величини інтелектуального капіталу (збільшення чи зменшення).

Якщо розглянути структуру ОК як сукупність якостей його та властивостей, їх співвідношень, які безпосередньо впливають на продуктивність праці від якої збільшуються доходи для персоналу, компанії в цілому, суспільства, нації, то є можливість охопити всі можливі варіанти його оцінювання.

Для попереднього аналізу властивостей критеріїв інтелектуального капіталу, їх вагомості, впливу на вибір кращої альтернативи для розвитку властивостей інтелектуального капіталу скористаємося методом ієрархічних порівнянь при оцінюванні рівня пріоритетів альтернатив, результати яких наведені в табл. 1.

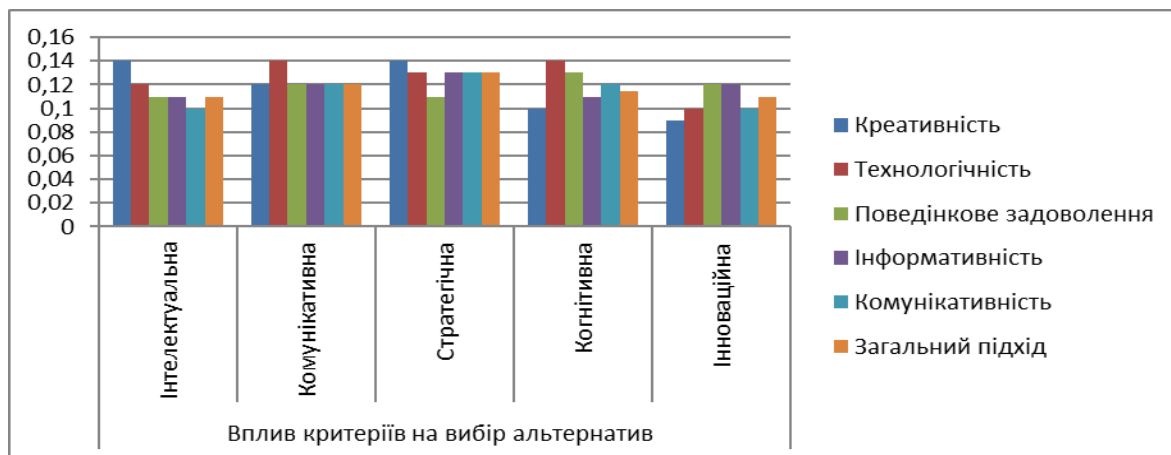
Структура ІК в першу чергу пов'язана з людським капіталом поведінкового задоволення та його креативністю і технологічним оснащенням, який являється основним відносним показником привабливості компанії на ринку і в деякій мірі засвідчує долю ринкового капіталу фірми, яка корелюється з її інтелектуальним капіталом, табл.2.

Таблиця 1

Критерії(властивості)	Вплив критеріїв на вибір альтернатив				
	Інтелектуальна	Поведінкова	Стратегічна	Когнітивна	Інноваційна
Креативність/ Creativity	0.14	0.12	0.14	0.10	0.09
Технологічність	0.12	0.14	0.13	0.14	0.10
Поведінкове задоволення	0.11	0.12	0.11	0.13	0.12
Інформативність	0.11	0.12	0.13	0.11	0.12
Комунікативність	0.10	0.12	0.13	0.12	0.10
General approach	0.11	0.12	0.13	0.115	0.11

Таблиця 2

Вплив критеріїв на вибір альтернатив(властивостей) поліпшення рівня інтелектуального капіталу



Попередній аналіз надає можливість орієнтування на певний результат вибору альтернатив розвитку інтелектуального капіталу з послідуочим застосуванням машинного навчання Q-learning з метою отримання найбільш ефективної стратегії розвитку інтелектуального капіталу і підвищення достовірності отриманих результатів [4].

Q-величини ініціалізується зі випадковими значеннями, і в міру того, як агент взаємодіє зі середовищем і отримує різні нагороди, роблячи ті чи інші дії, Q-значення оновлюються у відповідності з наступним рівнянням:

$$Q(s,a) \leftarrow (1-a)Q(s,a) + \alpha(r + \gamma \max_{a'} Q(\text{next } s, a')),$$

де s – стан, a – дія, r - нагорода, α - темп навчання, γ - це дисконтний множник.

Матриця винагороди R є просто зваженою матрицею суміжності з нульовою вагою, якщо існує зв'язок між станами та вагою 100 для зв'язків, які негайно переходять до цільового стану.

Алгоритм навчання під назвою Q-навчання (який є спрощенням навчання з підкріпленням).

Спочатку ми маємо модель середовища в термінах системи винагороди, представлені у вигляді матриці R .

$R =$

Reward	Action							
State	A	B	C	D	E	F	G	max
A								0
B								100
C								
D								
E								
F								100
G								100

Тепер нам потрібно помістити подібну матрицю з ім'ям Q у мозок нашого агента, яка представлятиме пам'ять про те, чого агент навчився через багато досвідів. Рядок матриці Q представляє поточний стан агента, стовпець матриці Q вказує на дію для переходу до наступного стану.

На початку агент нічого не знає, тому ми ставимо Q як нульову матрицю. У цьому прикладі для простоти пояснення ми припускаємо, що кількість станів відома. У більш загальному випадку можемо почати з нульової матриці простим завданням Q.

Спочатку ми встановлюємо матрицю Q як нульову матрицю.

$Q =$

	A	B	C	D	E	F
A	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0

Саттон і Барто (1998) показали, що навчання з підкріпленням є функцією математичної оптимізації, подібною до динамічного програмування. Отже, ми можемо використовувати правило переходу цього навчання Q як формулу наведену вище.

В одному епізоді агент буде рухатися від початкового стану до стану цілі. Коли агент досягає цільового стану, програма переходить до наступного епізоду. Було доведено, що наведений алгоритм є конвергентним (див. Саттон і Барто (1998))[3].

Q Learning Algorithm goes as follow

Set parameter γ , and environment reward matrix **R**

Initialize matrix **Q** as zero matrix

For each episode:

Select random initial state

Do while not reach goal state

Select one among all possible actions for the current state

Using this possible action, *consider* to go to the next state

Get maximum Q value of this next state based on all possible actions

Compute

$Q(\text{state}, \text{action}) = R(\text{state}, \text{action}) + \gamma * \text{Max}Q(\text{next state}, \text{all actions})$

Set the next state as the current state

End Do

End For

Наведений вище алгоритм використовується агентом для вивчення досвіду або навчання. Під час навчального сеансу агент досліджує середовище (представлене Матрицею R), отримує винагороду (або не отримує жодної), доки не досягне цільового стану. Метою тренінгу є вдосконалення «мозку» нашого агента, представленого Q матрицею. Додаткове навчання дасть кращу Q, яку агент зможе використовувати для оптимального руху та знайде найшвидший шлях до цільового стану.

Таким чином, навчання для пошуку найкращої стратегії розвитку інтелектуального капіталу можна навести

як безперервний цикл, який завершиться тільки по досягненню заданих умов використання інтелектуального капіталу. Отже, розглянемо діаграму станів і дій, яку покладемо в основу машинного навчання, (рис.2).

Процес навчання представимо у вигляді концептуального підходу до застосування Q-learning в пошуку альтернатив ведення бізнесу за рахунок вибору ефективного рівня інтелектуального капіталу, рис.3.

В результаті покорокового навчання отримані кінцеві таблиці (табл.2 і табл.3) станів і дій [3].

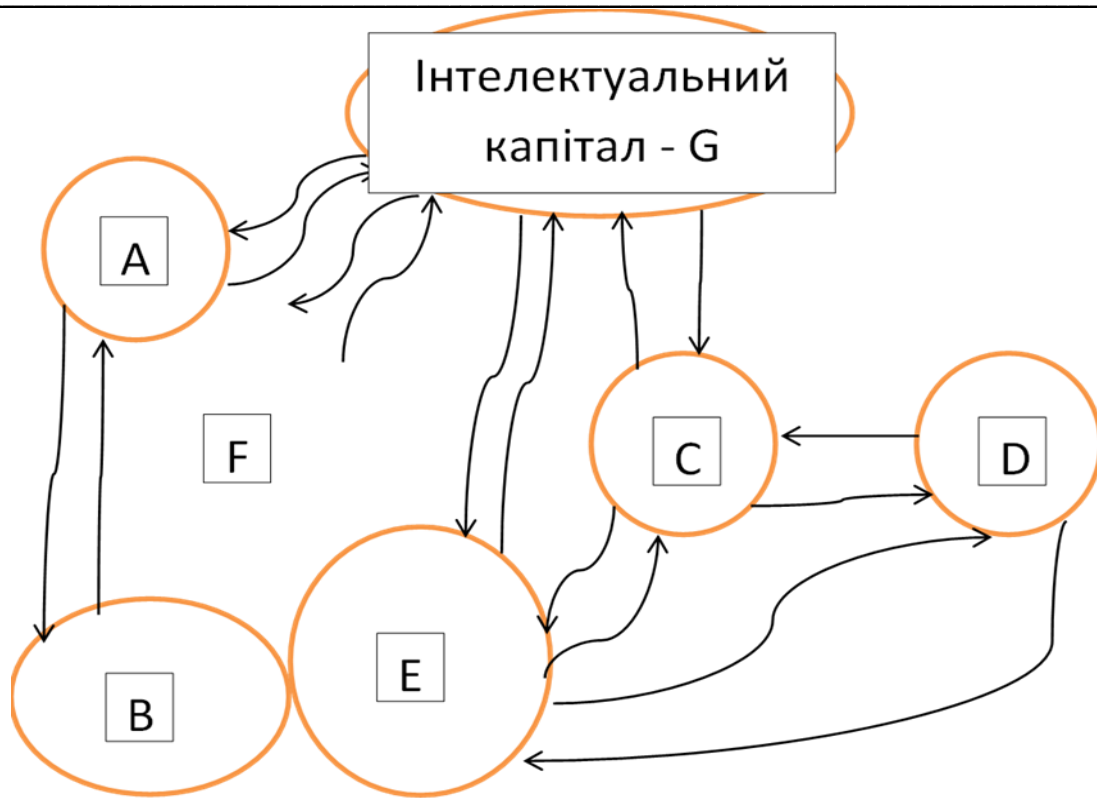


Рис.2. Діаграма станів і дій Q-learning (А-людський капітал; В - капітал стратегії залучення інформаційного потенціалу; С- інформаційний капітал; D – споживчий або клієнтський капітал; F- організаційний капітал; Е-капітал альтернатив: інтелектуальна, поведінкова, інноваційна, когнітивна, стратегічна).

Таблиця 2. Стани людського капіталу, стратегії залучення інформаційного потенціалу, інформаційного капіталу, споживчого або клієнтського капіталу, організаційного капіталу та

їх вплив на вибір капіталу альтернатив: інтелектуальної, поведінкової, інноваційної, когнітивної, стратегічної.

Reward	Action							
State	A	B	C	D	E	F	G	max
A		80				80	90	90
B	80				80	100	90	100
C				60	80	90	110	110
D			60		70			70
E		80	100	70	80	120	130	130
F	80	70			110		120	120
G	90		120		130	120	100	130

Таблиця 3.

Дії людського капіталу, стратегії залучення інформаційного потенціалу, інформаційного капіталу, споживчого або клієнтського капіталу, організаційного капіталу та їх вплив на вибір капіталу альтернатив: інтелектуальної, поведінкової, інноваційної, когнітивної, стратегічної.

Q ()	Action							
State	A	B	C	D	E	F	G	max
A	-	82%	-	-	66%	89%	88%	89%
B	82%	-	-	38%	91%	95%	88%	95%
C	-	-	62%	57%	91%	92%	94%	94%
D	-	58%	81%	-	88%	-	60%	88%
E	58%	82%	93%	60%	91%	101%	100%	101%
F	82%	79%	62%	-	100%	64%	97%	100%
G	85%	58%	99%	-	106%	101%	91%	106%

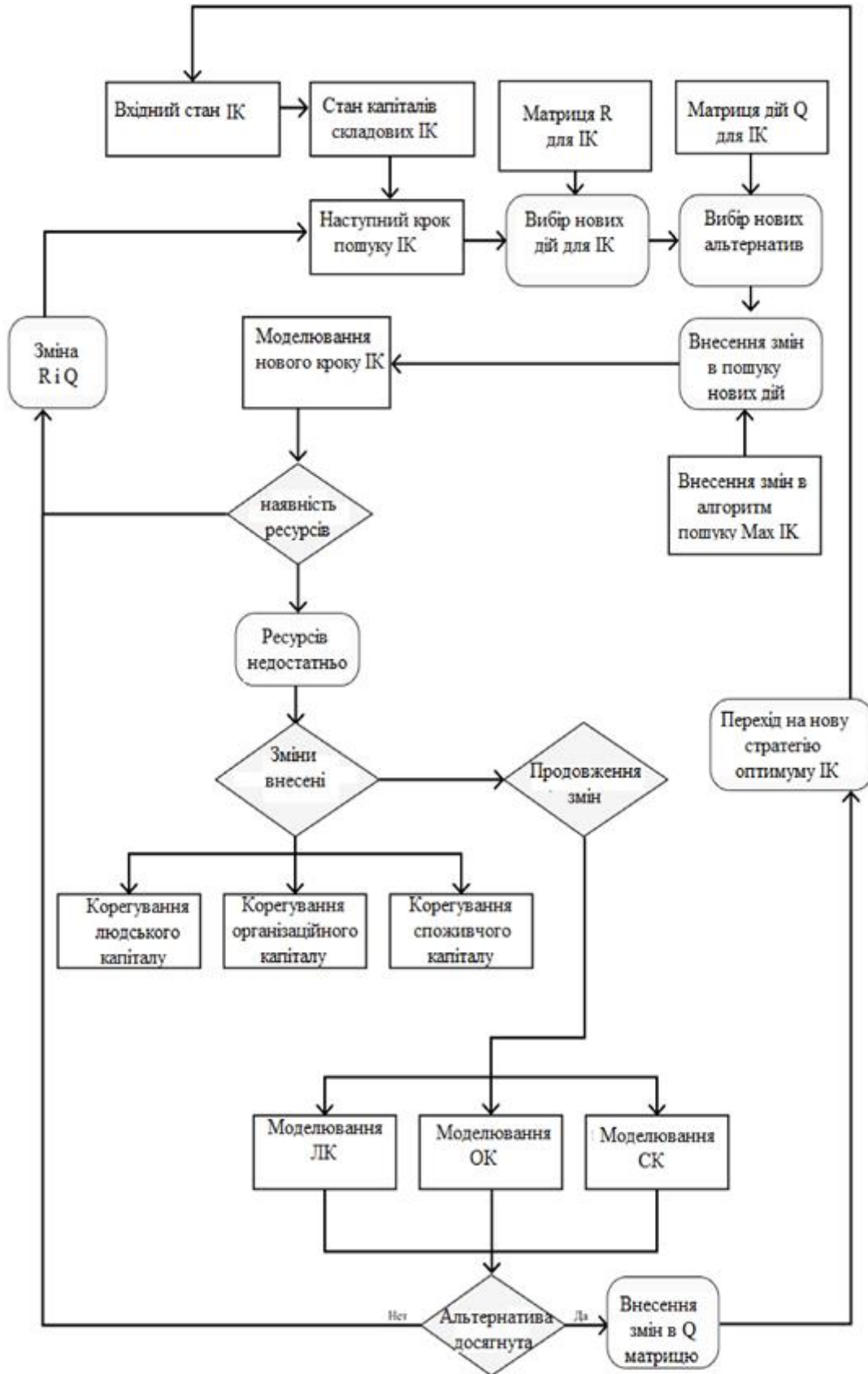


Рис. 3. Концептуальний підхід щодо застосування Q-learning в пошуку альтернатив ведення бізнесу за рахунок вибору ефективного рівня інтелектуального капіталу

Висновки

Отже результати моделювання альтернатив стратегій розвитку інтелектуального капіталу з використанням машинного навчання свідчать:

1. Дії людського капіталу безпосередньо залежить від організаційного капіталу і капіталу стратегії залучення інформаційного потенціалу, але має опосередкований відносний вплив на інтелектуальний капітал;

2. Організаційний капітал акумулюється в залежності від рівня капіталу стратегії залучення інформаційного потенціалу та вибору капіталу альтернатив: інтелектуальної, поведінкової, інноваційної, когнітивної, стратегічної;

3. Накопичення капіталу ефективності споживчого або клієнтського капіталу зобов'язане капіталу стратегії залучення інновацій інформаційного потенціалу та вибору капіталу альтернатив і відтворює підвищення рівня організаційного капіталу в межах його використання;

4. Інформаційний капітал, який формує стратегії залучення інформаційного потенціалу впливає на вибір капіталу альтернатив безпосередньо виконує головні

функції формування і застосування механізмів управління інтелектуальним капіталом в сукупності з іншими видами капіталу та незалежно від них.

5. Зовнішнє середовище компанії, підприємства може мати відповідний вплив на бізнесове накопичення і застосування інтелектуального капіталу, але поки що в даному дослідженні ці процеси розглядаються на наявних зв'язках з внутрішнім середовищем.

Таким чином, в рамках дослідження обґрунтовано концептуальний підхід до застосування машинного навчання Q-leaning з метою отримання найбільш ефективної поведінкової стратегії розвитку інтелектуального капіталу і підвищення достовірності отриманих результатів.

Так, капітал стратегії залучення інновацій інформаційного потенціалу та капітал альтернатив безпосередньо виконує головні функції формування і застосування механізмів управління інтелектуальним капіталом в сукупності з іншими видами капіталу та незалежно від них.

POROKHNYA B.^{1*}, HANNOUF K.², PENEV V.³

^{1*} Classical private university, e-mail: vprhnp76@gmail.com ORCID ID: 0000-0003-0820-8749

² Ukrainian State University of Science and Technology, e-mail: katerinahann@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7689-9938

³ Classical private university, e-mail: penev.vladislav@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3459-560X

APPLICATION OF Q-leaning MACHINE LEARNING FOR THE FORMATION OF AN EFFECTIVE BEHAVIORAL STRATEGY FOR THE DEVELOPMENT OF INTELLECTUAL CAPITAL

Goal. Evaluation of the intellectual capital of an enterprise, an organization that has many properties connected by appropriate relationships among themselves, which characterize the effectiveness of intellectual capital. **Method.** The following research methods were used to solve the set goal in the work: historical and empirical methods, the method of scientific abstraction, methods of analysis and synthesis, and the method of system analysis. The results. It is determined that the accumulation of capital of the efficiency of consumer or client capital owes to the capital of the strategy of attracting innovations of information potential and the choice of capital of alternatives and reproduces the increase in the level of organizational capital within the limits of its use. It was revealed that informational capital, which forms strategies for attracting informational potential, influences the choice of alternative capital and directly performs the main functions of forming and applying intellectual capital management mechanisms. In general, the capital of the strategy of attracting innovations of the information potential and the capital of alternatives directly performs the main functions of forming and applying the mechanisms of intellectual capital management in combination with other types of capital and independently of them. **Scientific novelty.** As a result of the research, the conceptual approach to the application of Q-leaning machine learning is substantiated in order to obtain the most effective strategy for the development of intellectual capital and increase the reliability of the obtained results. **Practical significance.** The study helps to increase the effectiveness of the development of intellectual capital development strategy and increase the reliability of the obtained results.

Keywords: Capital, intellectual capital, strategy, machine learning, conceptual approach.

REFERENCES

1. V. Porokhnya, V. Penev , O. Ostapenko. A flexible evolutionary model of machine learning of the most successful strategies of human capital development SHS Web of Conferences 107, 05005 Available: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110705005>
2. V. Porohnia, L. Golovkova, G. Andrushchenko. The influence of intellectual capital on GDP growth. State and regions. Series: Economy and entrepreneurship. – 2008. – No. 4. – P. 174–182. DOI 10.15584/nsawg.2016.4.5
3. Sveiby Karl-Erik, Copyright Paper: Methods for Measuring Intangible Assets (Copyright ©Karl-Erik Sveiby Jan 2001, latest update April 2007.). Режим доступу: <http://www.sveiby.com/Portals/0/articles/IntangibleMethods.htm>
4. Kardi Teknomo. Q-learning tutorial.(Copyright © 2005 - 2013 Kardi Teknomo) Revoledu.com. Режим доступу: <http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/ReinforcementLearning/index.html>

Стаття надійшла до редакції: 19.05.2023

Received: 2023.05.19