УДК 331.101.262:330.46
DOI: 10.31891/2307-5740-2021-294-3-20

ЧАЙКОВСЬКА І. І.
ORCID ID: 0000-0001-7482-1010
e-mail: inna.chaikovska@gmail.com
Хмельницький університет управління та права імені Леоніда Юзькова,
Хмельницький національний університет
ЧАЙКОВСЬКИЙ М. Ю.
ORCID ID: 0000-0002-9596-6697
e-mail: larumlab@gmail.com
Хмельницький національний університет

РОЗРОБКА ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ КОМАНДИ ПРОЄКТУ В СУЧАСНИХ УМОВАХ: ЗНАННЄВИЙ АСПЕКТ

Розроблена економіко-математична модель формування оптимального складу команди проєкту за рівнем знань в сучасних умовах, яка дозволяє успішно реалізувати проєкт. Цільова функція передбачає максимізацію інтегрального показника для відібраної комбінації працівників одного підрозділу підприємства, котрі увійдуть в склад команди проєкту. Даний інтегральний показник є усередненим значенням відповідного рівня знань працівників по кожній необхідній області знань із врахуванням відповідного вагового коефіцієнту. При цьому враховується обмеження, що у потенційного члена команди рівень знань зі встановлених областей знань має бути не нижчим мінімального рівня, встановленого експертами. А також середнє значення групи працівників з одного підрозділу по кожній області знань має бути не нижчим середнього рівня, встановленого експертами. У разі відсутності у підрозділах підприємства працівників з відповідним рівнем знань обирається комбінація працівників з мінімальним відхиленням. Модель передбачає застосування елементів комбінаторики для визначення можливих комбінацій працівників підрозділів. Також використано знання експертів та метод Фішберна для визначення вагових коефіцієнтів областей знань. Побудована карта знань підприємства, ієрархічне дерево областей знань проєкту із використанням системи відношень переваг. Використана модифікована шкала Харрінгтона для оцінювання рівня знань потенційних членів команди проєкту. Практична реалізація моделі здійснювалася для машинобудівного підприємства, котре планує виробництво нового виду продукції. З 52 кандидатів для формування команди проєкту було обрано 23 необхідних. 4 з них потребують додаткового навчання у внутрішніх експертів, котрі є працівниками підприємства. Розроблена модель може бути використана широким колом підприємств із врахуванням специфіки їх діяльності.

Ключові слова: команда проєкту, оптимізаційна модель, економіко-математична модель, управління знаннями підприємства..

INNA CHAIKOVSKA
Leonid Yuzkov Khmelnytskyi University of Management and Law,
Khmelnitskyi National University
MAKSYM CHAIKOVSKYI
Khmelnitskyi National University

DEVELOPMENT OF AN ECONOMIC-MATHEMATICAL MODEL FOR PROJECT TEAM FORMATION IN MODERN CONDITIONS: KNOWLEDGE ASPECT

An economic-mathematical model of forming the optimal composition of the project team according to the level of knowledge in modern conditions has been developed, which allows to successfully implement the project. The objective function is to maximize the integrated indicator for the selected combination of employees of one division of the enterprise, which will be part of the project team. This integrated indicator is the average value of the appropriate level of knowledge of employees in each required area of knowledge, taking into account the relevant weighting factor. This takes into account the restriction that a potential team member's level of knowledge in the established areas of knowledge should not be lower than the minimum level set by experts. As well as the average value of a group of employees from one unit in each area of knowledge should not be lower than the average level set by experts. If there are no employees with the appropriate level of knowledge in the divisions of the enterprise, a combination of employees with a minimum deviation is selected. The model involves the use of elements of combinatorics to determine possible combinations of employees of units. Expert knowledge and the Fishburne method were also used to determine the weights of the areas of knowledge. The map of knowledge of the enterprise, a hierarchical tree of areas of knowledge of the project with use of system of relations of advantages is constructed. A modified Harrington scale was used to assess the level of knowledge of potential project team members. The practical implementation of the model was carried out for a machine-building enterprise that plans to produce a new type of product. Out of 52 candidates, 23 were selected to form the project team. 4 of them require additional training from internal experts who are employees of the enterprise. The created model can be used by a wide range of enterprises taking into account the specifics of their activities.

Keywords: project team, optimization model, economic-mathematical model, enterprise knowledge management.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

В сучасних умовах на перше місце виходять знання та технології, котрі активно застосовуються у промисловості. В умовах українських реалій, де лише розпочинається використання інструментів Industry 4.0, важливими складовими формування команди проєкту є знання, впровадження Big data та аналітики під час реалізації проєкту. Також важливою є автоматизація процесів комунікації, застосування мобільних пристроїв

для роботи з деякими основними системами (для отримання інформації, співпраці та ділової взаємодії), застосування хмарних технологій в управлінні проєктами. Окремою складовою успішної реалізації проєкту є автоматизація процесів виробництва, формування системи збереження знань, згенерованих під час проєкту. Активно використовується описова аналітика (використовує агрегування даних та їх аналіз), прогностична (використовує статистичне моделювання для прогнозування ситуації), прескриптивна (використовує методи оптимізації та моделювання для пошуку можливих сценаріїв для управління проектом). Отже, команда проєкту в сучасних умовах має володіти потужними професійними знаннями для реалізації встановлених функцій при реалізації проєкту. Також команда проєкту повинна активно застосовувати інформаційні технології з метою ефективного використання даних та налагодження комунікацій між членами команди та володіти технологіями збереження знань проєкту. Тому, щоб відповідати умовам сьогодення, необхідно на підприємствах активно формувати та використовувати систему управління знаннями. Також слід застосовувати нові технології як у виробничому процесі, так і при налагодженні комунікацій між співробітниками та зацікавленими сторонами. Особливо актуальним дане питання є для проєктно-орієнтованих підприємств, котрі мають формувати знання для забезпечення як операційної діяльності, так і для реалізації проєктної діяльності. Оскільки проєктна діяльність, а саме проєкти є основною формою створення інновацій, тому слід дуже ретельно формувати команду проєкту. Команда проєкту повинна мати необхідний рівень професійних знань, спроможність генерувати нові знання з метою успішної реалізації проєкту та перетворенням їх у організаційні, активно застосувати інформаційні технології. Це дозволить досягнути оптимальних фінансових результатів та підвищити конкурентоспроможність підприємства.

Команда проєкту має володіти знаннями: професійними (у напрямку своєї професійної діяльності); практичними знаннями та навиками використання інформаційних технологій (для комунікації, з управління проєктами, вузькоспеціалізовані); технологіями збереження згенерованих знань з метою їх ефективного використання під час реалізації даного проєкту та інших проєктів зокрема**.**

Для функціонування проєктно-орієнтованого підприємства досить важливою є злагоджена оцінка як його операційної діяльності, так і проєктної. Особливо це стосується побудови системи управління знаннями, котра має об'єднувати цих дві підсистеми та матиме додатній синергетичний ефект, який вплине на підвищення економічної ефективності за рахунок комерціалізації знань. Одним з аспектів у вирішенні та активізації даного процесу має оптимальне формування команди проєкту із залучення працівників підприємства з різних функціональних підрозділів. Головним критерієм їх відбору є рівень знань та умінь з необхідних областей знань, які потрібні для успішної реалізації проєкту, а також активне застосування інформаційних технологій для злагодженої комунікації. Дані критерії є головними в умовах Industry 4.0.

У роботі [1] нами запропонована економіко-математична модель формування команди проекту із використанням результатів роботи [2]. Для комплексної оцінки оптимальності складу команди проєкту запропоновано врахувати показники професійної, інтелектуальної, соціальної складової та знання, зацікавленість і досвід вирішення аналогічних задач.

У роботі [1] вирішена задача, в якій керівнику підрозділу підприємства необхідно з 10 працівників на одному рівні ієрархії (n=10) обрати 3 (m=3) для формування команди проєкту. Відповідно необхідно врахувати всі критерії сумісності та ефективної взаємодії обраних працівників в процесі генерації нового організаційного знання. Проте дана модель може слугувати доповненням для обрання працівників одного підрозділу (наприклад 3 з 10), адже не передбачає відбір працівників з різних підрозділів, а лише взаємозамінних членів команди.

Проте більш детального дослідження вимагає саме відбір працівників за їхнім рівнем знань у необхідних областях знань для реалізації проєкту. Це важливо, тому що відбір працівників підприємства з необхідним рівнем знань збільшує ймовірність успішної реалізації проєкту. До того ж, згенеровані нові знання членами команди під час виконання проєкту, які є працівниками підприємства, будуть надбанням підприємства та перетворяться у організаційні знання, котрі буде змога використати у подальшій діяльності. Але є об'єктивні труднощі, які стосуються підбору оптимального складу команди проєкту, тому що має місце недостатній рівень повноти інформації стосовно необхідних областей знань для реалізації саме поточного проєкту. Тому необхідним є визначення необхідних областей знань, чисельності команди, підбір членів команди за рівнем знань. Це дозволить максимізувати успішність реалізації проєкту та отримати позитивні ефекти від використання результатів проєкту у операційній діяльності підприємства. Зокрема, може бути підвищена ефективність діяльності підприємства за рахунок його інноваційного розвитку та впровадження результатів інноваційної діяльності у промислове виробництво.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У роботі [3] 2006 р. зазначається, що кваліфікована команда проєкту, котра має відповідний рівень знань та досвід, здатна дослідити та зрозуміти вимоги клієнта має великі шанси успішно реалізувати проєкт вчасно та у межах встановленого бюджету. Управління командою проєкту повинне бути засноване на знаннях. Оптимальний склад проектної команди ґрунтується на наявності необхідних навичок та компетенцій, що відповідають меті проєкту.

У роботі [4] 2016 р. визначено, що головною проблемою управління проєктами є управління знаннями, а саме відбір та ефективне використання найцінніших знань. Зазначено, що ефективне застосування

рішень з управління знаннями у проєктних командах є досить важливими як для реалізації проєктів, так і для діяльності всієї організації. Результати дослідження показали чотири ключові фактори, що сприяють ефективності процесів управління знаннями. До цих факторів належить навчальна організація, організаційна стратегія, організаційна структура та організаційна культура, причому остання вказана як ключовий фактор успіху розгортання проєктних команд Agile та розбудови Agile організацій.

У роботі [5] 2016 р. відзначається, що у багатьох галузях, таких як консалтинг, креативні агенції, інноваційні центри, знання працівників є ключовим аспектом. Особливо актуальним є управління знаннями у створених проєктних командах. Головною їх задачею є генерування нових знань та їх поширення у наступні проєкти та новим членам команди. Окрема увага приділяється документуванню та обміну знаннями.

Проте у роботах [3–5] залишилися невирішеними питання, пов'язані з практичною реалізацією відбору членів команди проєкту із врахуванням необхідних знань, котрі потрібні для реалізації проєкту. Причиною цього є теоретична спрямованість проведених досліджень. Варіантом вирішення даної проблеми є використання економіко-математичного моделювання для відбору членів проєктної команди. Саме такий підхід використано у роботах [6–8].

У роботі [6] 2017 р. розроблена модель відбору членів проєктної команди у складних інженерних проєктах в умовах невизначеності. Модель передбачає врахування підходу до обміну знаннями. Проблема формування проєктної групи формулюється як нечітка багатоцільова цілочисельна модель програмування 0-1. Компанія планує сформувати проєктну групу для одного зі своїх проєктів. Команда складається з 11 членів з різних областей знань, а саме: структура; просування; виробництво електроенергії; управління; управління машинами; гідродинаміка; корисне навантаження; допоміжні системи; виробниче машинобудування; випробування та сертифікація; інженерія систем. Характеристики кандидатів у проєктну команду: здатність засвоювати знання, здатність обміну знаннями, готовність до обміну знаннями, мотивація обміну знаннями, можливість засвоєння / обміну знаннями. Дане дослідження не конкретизує, якими саме областями знань повинен володіти кожен член команди, а лише надає узагальнені характеристики.

У роботі [7] 2017 р. запропонована модель формування команди проєкту із використанням багатокритеріальних методів оцінки та оптимізації, функції корисності. Критерієм оцінки при відборі кандидатів є професійний, а саме вища освіта з машинобудування або авіації, досвід роботи на подібній посаді не менше 3 років, просунутий користувач встановленого програмного забезпечення. Також важливим є особистий критерій (наполегливість, комунікабельність, лідерські якості) та психологічний (швидке отримання великого обсягу інформації, швидка адаптація до нового середовища, психологічний тип). Модель не передбачає конкретизацію областей знань, підрозділів, де працюють працівники.

У роботі [8] 2018 р. зазначається, що при перетворенні організації у проєктно-орієнтовану з'являються нові виклики, які стосуються трансформації знань. В результаті аналізу 13 банків, котрі працюють у Сербії, було визначено, що трансформація знань між членами команди проєкту є низькою. Головними проблемами передачі знань є динамічний розвиток проєкту, його складність, часові обмеження. Також значними викликами є Industry 4.0, сильна конкуренція, постійні структурні та технологічні зміни, економічна криза. На основі проведеного регресійного аналізу автори дійшли висновку, що показники передачі знань між членами команди проєкту знаходять у тісній взаємодії з успішністю реалізації проєкту у банківському секторі Сербії. Генерація знань, їх ефективне використання та обмін ними є ключовою складовою результативності та ефективності як всією організації, так і проєкту зокрема. За результатами опитування респондентів, найбільший вплив на стримування передачі знань відіграють високий тиск стислих термінів реалізації проєкту, стиль управління та організаційна культура. Недоліком даного дослідження є суб'єктивний характер, адже використовується опитування респондентів, котрі погодилися брати участь у даному дослідженні.

З метою вирішення проблеми визначення оптимальної тривалості етапів проєкту для успішного генерування нових необхідних знань розроблена модель у роботі [9].

Однак, у роботах [6–8] у розроблених моделях не робиться акцент на необхідності формування комунікаційних зв'язків при формуваннні команди проєкту. Ця особливість відзначена у роботах [10–12].

У роботі [10] 2018 р. визначено ключові факторів успіху в управлінні проєктною командою в мережевому просторі. Запропонована процедура дослідження техніки Philips 66 (США) дозволила визначити набір факторів, які мають вирішальне значення для управління мультикультурними командами проєктів у мережевому просторі. Також проаналізований кожен фактор та визначено ключові фактори успіху в управлінні проєктною командою.

У роботі [11] 2018 р. акцент робиться на комунікації у проєктній команді. Застосовано концепцію вимірювання ефективності спілкування у проєктних командах, враховуючи 19 аспектів ефективності, що дозволяє оцінити індивідуальну ефективність спілкування кожного члена команди, загальну ефективність комунікації команди чи організації та порівняння команд чи організацій щодо ефективності комунікації.

У роботі [12] 2019 р. автори використовували опитування, яке було одноразовим та анонімним. Анкета була використана для перевірки сприйняття навичок спілкування та співпраці членами команди проєкту в автомобільній промисловості. У ньому взяли участь 27 керівників та спеціалістів, делегованих на реалізацію проєктів. Одним із ключових питань, що вимагає вдосконалення під час впровадження

виробництва, є не знання фахівців, проблеми з машинним парком або обладнанням заводу, а підвищення здатності фахівців та керівників ефективно спілкуватися та співпрацювати. Вказано, що нова модель плану проєкту повинна бути збагачена оцінкою ризиків, пов'язаною із спілкуванням у проєктній групі, як частина оцінки доцільності всього проєкту.

Роботи [10–12] мають більш теоретичний характер. У роботі [13] міститься практичний аспект у вигляді розробленої моделі, котра враховує запас міцності проєктної команди для усунення конфліктів та вирішення питання проблемної комунікації.

У роботі [13] 2019 р. розроблені моделі, згідно яких менеджер проєкту може обрати оптимальний склад проєктної команди для забезпечення успішної реалізації проєкту. Розроблені математичні моделі враховують фактор часу, який виділеній кожному з членів команди, розмір проєктної команди та запас міцності для усунення конфліктів.

Також науковці при формуванні команди проєкту розглядають і питання необхідності застосування сучасних інформаційних технологій [14, 15]. А у роботі [16] представлена економіко-математична модель формування команди проєкту із використанням нечіткої логіки.

У роботі [14] 2020 р. зазначається, що технологічний прогрес вносить свої корективи у формування команд проєкту, адже з'являється можливість використання необхідних засобів у створенні віртуальної команди. Члени команди проєкту нового типу мають володіти специфічними професійними навиками, що відповідають характеристикам віртуальних команд та міжнародних проєктів. Побудова моделі особистих та професійних навичок, необхідних для членів міжнародної віртуальної команди, могло б полегшити процес їх відбору, допомогти створити ефективну команду, забезпечити результативність.

У статті [15] 2020 р. досліджений процес формування команди проєкту до початку проєкту, а також організація інформаційного забезпечення прийняття рішення для підбору команди проєкту. Запропонована методологія включає збір та підготовку даних для аналізу, виявлення нових знань на основі подібності об'єктів за допомогою кластеризації, їх інтеграцію з експертними знаннями, формалізацію знань та формування бази знань, отримання рішень при використанні знань.

У роботі [16] 2021 р. запропонований модифікований нечіткий підхід до підбору команди проєктів. Поєднано MCDM з динамічним зважуванням для кожного параметра. Основними конструктивними параметрами в цій моделі є перетворення вхідних даних у нечітку форму, проєктування оцінки не членства та обчислення недетермінованих значень з оцінок членства та не членства. Нарешті, нечіткий вихід перетворюється в чіткий набір, відомий як дефазифікація. Цей метод допомагає визначити найбільш кваліфікованих кандидатів у порядку їх здібностей з групи заявників.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

Незважаючи на значні досягнення вчених у напрямку формування команди проєкту, потребує подальшого дослідження формування оптимального її складу із працівників підприємства в сучасних умовах. Доцільним є проведення дослідження, присвяченого розробці економіко-математичної моделі формування проєктної команди із врахуванням наявного рівня знань. Також важливим є врахування можливості застосування інформаційних технологій з метою автоматизації процесу управління проєктом, налагодження комунікації та збереження згенерованих знань.

Формулювання цілей статті

Метою дослідження є розробка економіко-математичної моделі формування команди проєкту з працівників різних підрозділів підприємства із врахуванням рівня необхідних знань з відповідних областей знань для успішної реалізації проєкту.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

– здійснити постановку задачі, розробити описову та математичну модель визначення оптимального складу команди проєкту за рівнем знань та алгоритм її вирішення;

– визначити області знань, які потрібні для реалізації проєкту та побудувати карту знань;

– побудувати ієрархічне дерево областей знань проєкту, визначити їх вагові коефіцієнти, визначити необхідну кількості працівників з функціональних підрозділів підприємства для реалізації проєкту та встановити шкалу для їх оцінювання за областями знань;

– визначити необхідний мінімальний та середній рівень знань комбінації працівників підрозділу за областями знань для формування команди проєкту та оцінити їх наявний рівень знань;

– визначити можливі комбінації працівників з кожного підрозділу, вибрати найкращу згідно встановлених обмежень та цільової функції та сформувати команду проєкту.

Виклад основного матеріалу

Матеріали та методи дослідження

Запропонована модель може реалізуватися за таких вхідних даних:

1) області знань, якими мають володіти члени команди проєкту для його реалізації;

2) формування карти знань, яка відображає, у яких функціональних підрозділах містяться відповідні знання для реалізації проєкту;

3) необхідна кількість членів команди з відповідних функціональних підрозділів підприємства;

4) мінімальний та середній рівень знань працівників підрозділу, котрі залучаються у проєкт;

5) наявність експертів з визначеної області знань на підприємстві, котрі можуть здійснити навчання.

Вихідними даними моделі є:

1) обрання працівників з відповідних функціональних підрозділів з відповідним рівнем знань для реалізації проєкту;

2) вибір внутрішніх експертів для проведення навчання членів команди;

3) рекомендації стосовно необхідності залучення зовнішніх експертів та зовнішніх членів команди;

4) формування оптимального складу команди проєкту із врахуванням володіння відповідними знаннями на встановленому рівні та мінімізації витрат на навчання за необхідності.

Модель передбачає застосування елементів комбінаторики для визначення можливих комбінацій працівників підрозділів. Також використано знання експертів та метод Фішберна для визначення вагових коефіцієнтів областей знань. Побудована карта знань підприємства, ієрархічне дерево областей знань проєкту із використанням системи відношень переваг. Використана модифікована шкала Харрінгтона для оцінювання рівня знань потенційних членів команди проєкту.

Для практичної реалізації моделі застосовано мову програмування Racket.

Результати досліджень практичної реалізації розробленої економіко-математичної моделі формування команди проєкту

1. Постановка задачі та розробка описової та математичної моделі формування команди проєкту

Машинобудівне підприємство планує виробництво нового виду продукції (медичного обладнання). Підприємство здійснило маркетингові дослідження ринку, попиту, конкурентів, аналітичні розрахунки. Також було оцінено власні виробничі та кадрові можливості, ресурси збуту, ризики проєкту, визначено тривалості етапів проєкту, бюджет. В результаті керівництво підприємства прийняло рішення про доцільність реалізації проєкту виробництва нового виду продукції, а саме медичного обладнання.

Підприємство планує розпочати реалізовувати проєкт через 5 місяців. Для цього йому потрібно відібрати команду проєкту з функціональних підрозділів підприємства за критерієм наявності відповідного рівня необхідних знань згідно встановлених областей знань для успішної реалізації проєкту та можливості генерації нових знань під час реалізації проєкту. Також важливим є володіння сучасними інформаційними технологіями для автоматизації процесу управління проєктом.

За відсутності у потенційних членів команди проєкту належного рівня знань, слід оцінити можливість опанування визначеної області знань до встановленого рівня за визначений період. Також потрібно визначити працівників підприємства, котрі є експертами з відповідних областей знань.

Підприємство також розглядає можливість мережевих структур, тобто залучення зовнішніх експертів або зовнішніх членів команди у разі відсутності відповідних знань у працівників підприємства.

Етапами проєкту є:

1. Додаткові дослідження потреб клієнта та відкриття нових можливостей на ринку. Хоча перед прийняттям рішення про реалізацію проєкту проводилися маркетингові дослідження, та даний етап передбачає більш детальний аналіз вимог потенційних клієнтів, доступної частки ринку, необхідні інвестиції, аналіз конкурентів та розробку бізнес-моделі (плану).

2. Генерація ідей (мозковий штурм) та відбір найкращої ідеї виробництва нового обладнання.

3. Аналітичні дослідження: описова аналітика (яка ситуація зараз), прогностична аналітика (варіанти розвитку подій), прескриптивна аналітика (що робити при невідповідності).

4. Проєктування (розробка нового виду продукції).

5. Виготовлення дослідних зразків нової продукції.

Тому вдало організоване інформаційне забезпечення є важливим фактором успішної реалізації проєкту. Такаж проєкт передбачає збереження згенерованих під час реалізації проєкту знань з можливістю перетворення їх у організаційні знання.

У даній ситуації для підбору команди проєкту доцільно розглянути оптимізаційну модель:

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{\sum_{j=1}^{m} AK_{ij} \cdot w_i}{m} \rightarrow max, \quad (1)$$

де AK_{ij} – бальна оцінка області знань (Area of Knowledge) працівника;

i – номер області знань;

n – кількість областей знань, яким має відповідати працівник підрозділу;

j – номер працівника в рамках одного підрозділу;

m – кількість працівників, яку необхідно залучити з визначеного підрозділу;

w_i – ваговий коефіцієнт області знань.

Умовами даної моделі є те, що у потенційного члена команди рівень знань згідно обраної шкали з встановлених областей знань і має бути не нижчим мінімального рівня (AK_{imin}), встановленого експертами:

$$AK_{ij} \geq AK_{imin} \quad (2)$$

Середнє значення групи працівників з одного підрозділу по кожній області знань і має бути не нижчим середнього рівня (A_{iav}), встановленого експертами:

$$\frac{\sum_{j=1}^{m} AK_{ij}}{m} \geq AK_{iav}. \quad (3)$$

A_{iav} відображає синергетичний ефект знань працівників одного підрозділу, котрі працюватимуть в команді проєкту.

У разі відсутності у підрозділах підприємства працівників з відповідним рівнем знань обирається комбінація працівників з мінімальним відхиленням:

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{\sum_{j=1}^{m} \Delta AK_{ij} \cdot w_i}{m} \rightarrow min, \quad (4)$$

де ΔAK_{ij} – бали, котрих не вистачає комбінації працівників одного підрозділу з визначених областей знань i до рівня A_{iav}.

Необхідними даними для даної моделі є:

$$PTM =< T, H, AK >, \quad (5)$$

де Т – ієрархія необхідних областей знань проєкту (ієрархічне дерево логічного висновку);

Н – кількісна шкала для оцінювання рівня знань з визначеної області знань потенційного члена команди;

АК – система відношень переваг одних областей знань над іншими (для одного рівня ієрархії).

При цьому:

$$\text{АК}=\{\text{АК}_i(k)\text{АК}_j | k \in (\}, \approx)\}, \quad (6)$$

де } – відношення переваги;

≈ - відношення рівноваги.

Запропонована модель складається з наступних етапів:

1. Визначення областей знань, які потрібні для реалізації проєкту та побудова карти знань.

Визначення областей знань, які потрібні для реалізації проєкту на кожному етапі S у вигляді сукупності:

$$AK_{tot} = \{AK_1, AK_2 \ldots AK_N\}. \quad (7)$$

Побудова карти знань (визначення місцезнаходження областей знань у підрозділах підприємства):

$$AK_i \in \{Unit_M\}. \quad (8)$$

2. Побудова ієрархічного дерева областей знань проєкту із використанням системи відношень переваг та визначення їх вагових коефіцієнтів (ваг Фішберна).

Побудова ієрархічного дерева областей знань проєкту здійснюється із використанням системи відношень переваг (згідно (6)).

Визначення вагових коефіцієнтів за методом Фішберна (w_1, w_2 … w_N). Для системи переваг, що знижуються N альтернатив:

$$w_i = \frac{2(N-i+1)}{(N+1)N}, i = 1..N. \quad (9)$$

А системі рівнозначних один одному N альтернатив – комплекс однакових ваг:

$$w_i = N^{-1}, i = 1..N. \quad (10)$$

3. Визначення необхідної кількості працівників з функціональних підрозділів підприємства для реалізації проєкту та встановлення шкали для їх оцінювання за областями знань.

Визначення необхідної кількості працівників (a_{ij}) з функціональних підрозділів підприємства (j) для

реалізації кожного проєкту *i* (формування матриці Aij) та загальної кількості членів команди N_i відображається за допомогою табл. 1.

Також необхідно визначити шкалу оцінювання потенційних членів команди проєкту за областями знань (H).

4. Визначення необхідного мінімального та середнього рівня знань комбінації працівників підрозділу за областями знань для формування команди проєкту та оцінити їх наявний рівень знань.

5. Визначення можливих комбінацій працівників з кожного підрозділу, вибір найкращої згідно встановлених обмежень та цільової функції.

Таблиця 1

Табличне представлення результатів етапу

Заплановані проєкти	**Функціональні підрозділи підприємства**				**Необхідна кількість членів команди**
	Підрозділ 1	Підрозділ 2	**…**	Підрозділ j	
Проєкт 1	a_{11}	a_{12}	…	a_{1j}	N_1
Проєкт 2	a_{21}	a_{22}	…	a_{2j}	N_2
…	…	…	…	…	…
Проєкт i	a_{i1}	a_{i2}	…	a_{ij}	N_i

Для підбору можливих працівників (комбінації) з кожного підрозділу використано формулу комбінаторики: кількість комбінацій без повторень (C_n^m) з n елементів по m елементів дорівнює:

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}. \quad (11)$$

Далі здійснюється вибір комбінацій, які відповідають умові (згідно (2), (3)), обрання найкращої комбінації (згідно (1)). Якщо жодна комбінація не відповідає умовам (згідно (2), (3)), то підбір працівників підрозділу здійснюється з мінімальним відхиленням (згідно (4)). Також здійснюється визначення внутрішніх експертів з відповідних областей знань або прийняття рішення про необхідність залучення зовнішніх експертів або членів команди, самонавчання, тренінги та ін.

6. Формування команди проєкту за рівнем знань.

Даний підхід дозволить сформувати команду проєкту з відповідним рівнем знань для успішної реалізації проєкту. Модель передбачає такі варіанти відбору члені команди: працівники даного підприємства з відповідним рівнем знань у необхідних областях знань, виявлення експертів, котрі можуть навчити працівників з рівнем знань, котрі нижчі мінімально необхідних. При необхідності залучення зовнішніх експертів для навчання, проходження тренінгів. У разі неможливості відбору члена команди з підприємства або неможливості його навчання до відповідного рівня за визначений проміжок часу – залучення зовнішнього члена команди. Модель дозволяє врахувати встановлений термін часу на навчання та мінімізацію витрат.

В даній моделі знання виступають джерелом успішної реалізації проєкту, комерціалізації його результатів та отримання вищого рівня конкурентоспроможності підприємства на ринку.

2. Визначення областей знань, які потрібні для реалізації проєкту та побудова карти знань

У табл. 2 наведені необхідні області знань для реалізації проєкту на кожному етапі.

Таблиця 2

Необхідні області знань для реалізації проєкту

Позначення області знань	**Етапи реалізації проєкту та необхідні області знань для його реалізації**
1	**2**
Етап 1 (S_1). Додаткові дослідження потреб клієнта та відкриття нових можливостей на ринку	
AK(11)	Визначення потенційних клієнтів
AK(12)	Аналіз вимог потенційних клієнтів до продукту
AK(13)	Визначення доступної частки ринку
AK(14)	Визначення необхідного рівня інвестицій (методи економічної доцільності)
AK(15)	Аналіз конкурентів
AK(16)	Розробка бізнес моделі
Етап 2 (S_2). Генерація ідей та відбір найкращої ідеї	
AK(21)	Методи генерації ідей
AK(22)	Детальне знання продукту
AK(23)	Інноваційні особливості продукції
Етап 3 (S_3). Аналітичні дослідження	
AK(31)	Описова аналітика (методи та механізми)
AK(32)	Прогностична аналітика (методи та механізми)
AK(33)	Прескриптивна аналітика (методи та механізми)
Етап 4 (S_4). Проєктування (розробка нового виду продукції)	
AK(41)	Комплексне моделювання продукції
AK(42)	Комплексне проєктування продукції
AK(43)	Створення ескізів для вивчення потенційних концептуальних рішень
1	**2**

АК(44)	Концепції 3D CAD для кращого визначення концепцій
АК(45)	Характеристика складових деталей, матеріалів, кольорів
АК(46)	Створення прототипу
Етап 5 (S_5). Виготовлення дослідних зразків нової продукції	
АК(51)	Складання технічного завдання
АК(52)	Складання технічної пропозиції
АК(53)	Розробка ескізного проєкту
АК(54)	Розробка технічного проєкту
АК(55)	Підготовка робочої документації
АК(56)	Виготовлення дослідних зразків нової продукції
АК(57)	Тестування функціональності та надійності
Всі етапи	
Автоматизація процесу управління проєктом (S_{01})	
АК(1)	Хмарні технології
АК(2)	Автоматизована система управління проєктом
АК(3)	Робота з мобільними версіями
Система збереження знань проєкту (S_{02})	
АК(4)	Формалізація знань
АК(5)	Карта знань
АК(6)	База даних згенерованих знань

Як видно з табл. 2 всього передбачається 31 область знань для успішної реалізації проєкту.

У табл. 3 подана карта знань підприємства, котра дозволяє виявити місцезнаходження областей знань у підрозділах підприємства.

Таблиця 3

Карта знань підприємства

№	ОЗ	Відділи						
		ВМЗЗ	ПЕВ	ВАСУ	ВТК	ВМТ	ПКВ	ВВ
1	АК(11)	+	-	-	-	-	-	-
2	АК(12)	+	-	-	-	-	-	-
3	АК(13)	+	-	-	-	-	-	-
4	АК(14)	-	+	-	-	-	-	-
5	АК(15)	+	-	-	-	-	-	-
6	АК(16)	+	-	-	-	-	-	-
7	АК(21)	+	+	+	+	+	+	+
8	АК(22)	+	+	+	+	+	+	+
9	АК(23)	+	+	+	+	+	+	+
10	АК(31)	-	+	-	-	-	-	-
11	АК(32)	-	+	-	-	-	-	-
12	АК(33)	-	+	-	-	-	-	-
13	АК(41)	-	-	-	-	-	+	-
14	АК(42)	-	-	-	-	-	+	-
15	АК(43)	-	-	-	-	-	+	-
16	АК(44)	-	-	-	-	-	+	-
17	АК(45)	-	-	-	-	-	+	-
18	АК(46)	-	-	-	-	-	+	-
19	АК(51)	-	-	-	-	-	-	+
20	АК(52)	-	-	-	-	-	-	+
21	АК(53)	-	-	-	-	-	-	+
22	АК(54)	-	-	-	-	-	-	+
23	АК(55)	-	-	-	-	-	-	+
24	АК(56)	-	-	-	-	-	-	+
25	АК(57)	-	-	-	+	-	-	-
26	АК(1)	+	+	+	+	+	+	+
27	АК(2)	+	+	+	+	+	+	+
28	АК(3)	+	+	+	+	+	+	+
29	АК(4)	+	+	+	+	+	+	+
30	АК(5)	+	+	+	+	+	+	+
31	АК(6)	+	+	+	+	+	+	+

У табл. 3 використовуються наступні скорочення: ВМЗЗ – відділ маркетингу та зовнішніх зв'язків; ПЕВ – планово-економічний відділ; ВАСУ – відділ автоматизованих систем управління; ВТК – відділ технічного контролю; ВМТ – відділ медичної техніки; ПКВ – проєктно-конструкторський відділ; ВВ – виробничий відділ.

Зеленим кольором позначені відділи, де містяться поглиблені професійні знання з відповідної області знань, синім – наявність загального рівня знань з відповідної області знань.

3. Побудова ієрархічного дерева, визначення вагових коефіцієнтів та шкали оцінювання членів

команди

Систему відношення переваг представлено на рис. 1.

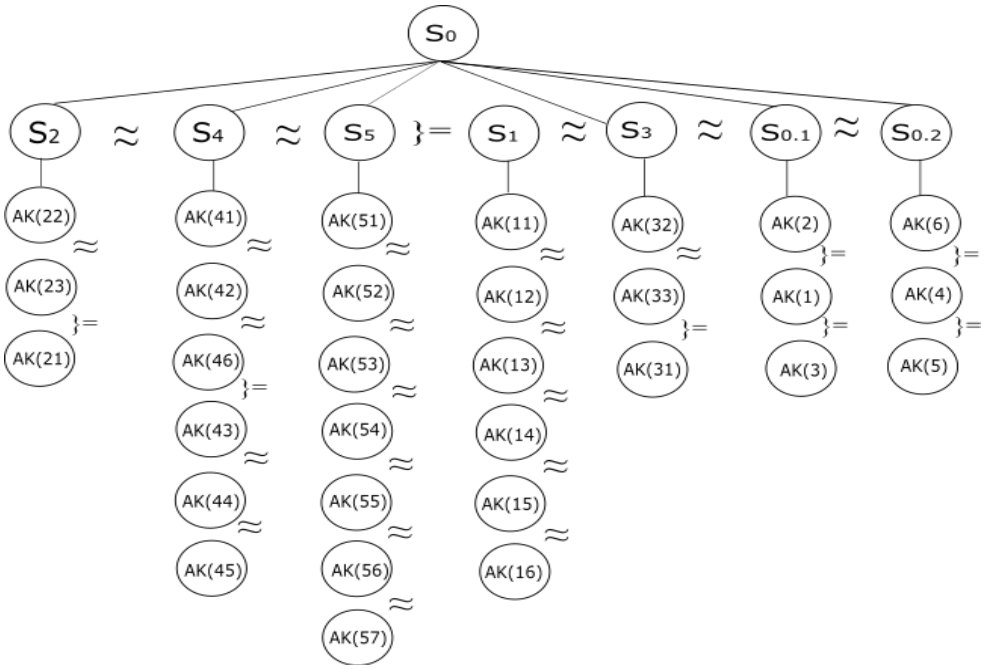

Рис. 1. Ієрархічне дерево областей знань проєкту із зазначенням системи відношень переваг

Рис. 1 відповідає система співвідношень АК:

АК={S2≈S4≈S5}S1≈S3≈S01≈S02;АК(22)≈АК(23)}АК(21);АК(41)≈АК(42)≈АК(46)}АК(43)≈АК(44)≈ АК (45);АК(51)≈АК(52)≈АК(53)≈АК(54)≈АК(55)≈АК(56)≈АК(57);АК(11)≈АК(12) ≈АК(13) ≈АК(14) ≈АК(15) ≈АК(16);АК(32) ≈АК(33) }АК(31);АК(2) }АК(1) }АК(3);АК(6) }АК(4) }АК(5)}.

Отримана система відношень переваг дозволяє використати для визначення вагових коефіцієнтів ваги Фішберна.

Згідно формул (7), (8), а також системи відношень переваг (рис. 1) сформована система ваг Фішберна (табл. 4).

Таблиця 4

Система ваг Фішберна

N	R	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7
3	АК(22) ≈ АК(23) } АК(21)	2/5	2/5	1/5	–	-	-	-
	АК(32) ≈ АК(33) } АК(31)	2/5	2/5	1/5	-	-	-	-
	АК(2) }АК(1) } АК(3)	3/6	2/6	1/6	-	-	-	-
	АК(6) }АК(4) } АК(5)	3/6	2/6	1/6	-	-	-	-
6	АК(41) ≈ АК(42) ≈ АК(46) } АК(43) ≈ АК(44) ≈ АК(45)	2/9	2/9	2/9	1/9	1/9	1/9	-
	АК(11) ≈ АК(12) ≈ АК(13) ≈ АК(14) ≈ АК(15) ≈ АК(16)	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	-
7	АК(51) ≈ АК(52) ≈ АК(53) ≈ АК(54) ≈ АК(55) ≈ АК(56) ≈ АК(57)	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7
	S2 ≈ S4 ≈ S5 } S1 ≈ S3 ≈ S01 ≈ S02	2/10	2/10	2/10	1/10	1/10	1/10	1/10

Провівши згортку вагових коефіцієнтів різних рівнів ієрархії було отримано наступні узагальнені вагові коефіцієнти (рівень впливу) для областей знань:

w_1 (АК(11))=0,0167; w_1 (АК(11))=0,0167; w_2 (АК(12))=0,0167; w_3 (АК(13))=0,0167; w_4 (АК(14))=0,0167; w_5 (АК(15))=0,0167; w_6 (АК(16))=0,0167; w_7 (АК(21))=0,0400; w_8 (АК(22))=0,0800; w_9 (АК(23))=0,0800; w_{10} (АК(31))=0,0200; w_{11} (АК(32))=0,0400; w_{12} (АК(33))=0,0400; w_{13} (АК(41))=0,0444; w_{14} (АК(42))=0,0444; w_{15} (АК(43))=0,0222; w_{16} (АК(44))=0,0222; w_{17} (АК(45))=0,0222; w_{18} (АК(46))=0,0444; w_{19} (АК(51))=0,0286; w_{20} (АК(52))=0,0286; w_{21} (АК(53))=0,0286; w_{22} (АК(54))=0,0286; w_{23} (АК(55))=0,0286; w_{24} (АК(56))=0,0286; w_{25} (АК(57))=0,0286; w_{26} (АК(1))=0,0333; w_{27} (АК(2))=0,0500; w_{28} (АК(3))=0,0167; w_{29} (АК(4))=0,0333; w_{30} (АК(5))=0,0167; w_{31} (АК(6))=0,0500.

Максимальне значення вагового коефіцієнту на рівні 0,0800 спостерігається для областей знань АК(22) та АК(23). Мінімальне значення вагового коефіцієнту на рівні 0,0167 – для АК(11), АК(12), АК(13), АК(14), АК(15), АК(16), АК(3) та АК(5).

Далі слід визначити необхідну кількість працівників (a_{ij}) з функціональних підрозділів підприємства (j) для реалізації кожного проєкту *i.* Також слід визначити загальну кількості членів команди N_i та сформувати матрицю Aij, де i – кількість проєктів, j - кількість підрозділів.

Оскільки у роботі розглядається один проєкт, тому встановимо необхідні дані для одного проєкту.

Згідно оцінок експертів, які є працівниками підприємства, необхідно 23 члени команди проєкту з функціональних підрозділів підприємства. З підрозділу ВМЗЗ потрібно 3 членів команли, з ПЕВ – 3, з ВАСУ – 2, з ВТК – 2, з ВМТ – 3, з ПКВ – 5, з ВВ – 5.

Також слід визначити шкалу оцінювання потенційних членів команди проєкту за областями знань (Н). В якості кількісної шкали оцінювання кожної з областей знань застосовувалася «шкала бажаності» Харрінгтона, переведена до 10-бальної шкали (табл. 5).

Таблиця 5

«Шкала бажаності» Харрінгтона (приведена до 10-бальної шкали)

Бальна шкала	Якісні характеристики шкали
0–3	Неприйнятний рівень
3–4	Граничний рівень
4–6,3	Прийнятний на рівні «задовільно». Якість прийнятна до гранично допустимого рівня, але потребує вдосконалення
6,3–8	Прийнятний на рівні «добре»
8–10	Прийнятний на рівні «відмінно». Відображає незвично хорошу якість чи виконання
10	Відображає крайній рівень відмінної якості, покращення якого не має сенсу

Згідно табл. 5 бали по відповідній області знань виставлятимуться згідно шкали (0…10) балів за зростанням.

4. Визначення необхідного та наявного рівня знань працівників підрозділу для формування команди проєкту

Експерти встановили мінімальний рівень знань для кожної області знань AK_{imin} та середній рівень знань AK_{iav} для комбінацій працівників з одного підрозділу із використанням шкали Харрінгтона (табл. 6).

Для АК(22), АК(23), АК(1), АК(2), АК(3), АК(6), згідно табл. 6, є відповідні значення $АК_{imin}$ та $АК_{iav}$ для поглиблених професійних знань, та позначені індексом g (green), а також для загального рівня знань – індексом b (blue).

Таблиця 6

Значення $АК_{imin}$ та $АК_{iav}$ для областей знань

№	Область знань	Мінімальний рівень, $АК_{imin}$	Середній рівень, $АК_{iav}$
1	АК(11)	7	8
2	АК(12)	8	9
3	АК(13)	6	7
4	АК(14)	9	9
5	АК(15)	7	7
6	АК(16)	6	7
7	АК(21)	5	6
8	АК(22) b	5	5
	АК(22) g	9	9
9	АК(23) b	5	6
	АК(23) g	9	9
10	АК(31)	6	7
11	АК(32)	6	7
12	АК(33)	6	7
13	АК(41)	7	7
14	АК(42)	7	7
15	АК(43)	8	8
16	АК(44)	6	7
17	АК(45)	9	9
18	АК(46)	10	10
19	АК(51)	7	8
20	АК(52)	7	8
21	АК(53)	7	8
22	АК(54)	7	8
23	АК(55)	7	8
24	АК(56)	7	8
25	АК(57)	8	8
26	АК(1) b	5	6
	АК(1) g	9	9
27	АК(2) b	5	5
	АК(2) g	9	9
28	АК(3) b	6	6
	АК(3) g	9	9
29	АК(4)	5	7
30	АК(5)	5	6
31	АК(6) b	5	6
	АК(6) g	10	10

Далі слід оцінити потенційних членів команди у кожному з підрозділів за обраною шкалою. У

кожному підрозділі є працівники, котрі розглядаються на можливість бути членами команди проєкту. Кожен з них оцінюється за шкалою Харрінгтона (табл. 5) на наявний рівень знань по необхідних областях знань проєкту. Результати для відділу ВММЗ представлені у табл. 7. Значення $АК_{imin}$ та AK_{iav} використовуються з табл. 6 для відповідних областей знань.

Таблиця 7

Оцінювання потенційних кандидатів у команду проєкту підрозділу 1 (ВММЗ)

№	Область знань	Працівники підрозділу 1 (ВММЗ)							$АК_{imin}$	$АК_{iav}$	w_i
		Em_{10}	Em_{11}	Em_{12}	Em_{13}	Em_{14}	Em_{15}	Em_{16}			
1	АК(11)	7	9	7	8	10	8	9	7	8	0,0167
2	АК(12)	10	10	9	8	7	8	9	8	9	0,0167
3	АК(13)	8	5	6	7	9	7	10	6	7	0,0167
4	АК(15)	6	10	9	6	7	6	7	7	7	0,0167
5	АК(16)	7	8	9	9	10	7	6	7	7	0,0167
6	АК(21)	9	8	8	9	5	6	10	5	6	0,0400
7	АК(22)b	10	7	7	5	7	9	6	6	8	0,0800
8	АК(23)b	5	6	7	7	6	8	8	6	7	0,0800
9	АК(1)b	9	6	5	4	8	8	7	5	6	0,0333
10	АК(2)b	7	8	9	5	7	4	6	5	6	0,0500
11	АК(3)b	7	7	6	5	5	7	9	5	6	0,0167
12	АК(4)	6	8	6	6	6	5	5	5	7	0,0333
13	АК(5)	9	9	9	5	6	6	5	5	6	0,0167
14	АК(6)b	8	5	9	5	6	4	10	5	6	0,0500

Результати для підрозділу ПЕВ представлені у табл. 8.

Таблиця 8

Оцінювання потенційних кандидатів у команду проєкту підрозділу 2 (ПЕВ)

№	Область знань	Працівники підрозділу 2 (ПЕВ)							$АК_{imin}$	$АК_{iav}$	w_i
		Em_{20}	Em_{21}	Em_{22}	Em_{23}	Em_{24}	Em_{25}	Em_{26}			
1	АК(14)	9	10	9	10	10	9	10	9	9	0,0167
2	АК(21)	7	6	9	10	7	6	8	5	6	0,0400
3	АК(22)b	10	9	6	6	8	9	10	6	8	0,0800
4	АК(23)b	6	8	7	9	6	10	7	6	7	0,0800
5	АК(31)	7	8	10	5	10	6	9	6	7	0,0200
6	АК(32)	10	10	7	6	8	8	9	6	7	0,0400
7	АК(33)	9	6	8	8	7	5	10	6	7	0,0400
8	АК(1)b	8	8	7	5	4	7	6	5	6	0,0333
9	АК(2)b	6	6	5	6	7	8	9	5	6	0,0500
10	АК(3)b	5	7	8	9	6	8	10	5	6	0,0167
11	АК(4)	5	7	9	7	10	9	7	5	7	0,0333
12	АК(5)	6	7	6	8	6	7	5	5	6	0,0167
13	АК(6)b	9	8	5	7	6	7	6	5	6	0,0500

Результати для підрозділу ВАСУ представлені у табл. 9.

Таблиця 9

Оцінювання потенційних кандидатів у команду проєкту підрозділу 3 (ВАСУ)

№	Область знань	Працівники підрозділу 3 (ВАСУ)						$АК_{imin}$	$АК_{iav}$	w_i
		Em_{30}	Em_{31}	Em_{32}	Em_{33}	Em_{34}	Em_{35}			
1	АК(21)	7	8	6	8	9	9	5	6	0,0400
2	АК(22)b	6	7	9	7	8	9	5	6	0,0800
3	АК(23)b	8	6	7	8	7	6	5	6	0,0800
4	АК(1)g	10	9	8	9	10	10	9	9	0,0333
5	АК(2)g	9	8	8	9	10	7	9	9	0,0500
6	АК(3)g	10	9	9	8	10	9	9	9	0,0167
7	АК(4)	8	8	10	10	9	8	5	7	0,0333
8	АК(5)	9	9	10	9	8	9	5	6	0,0167
9	АК(6)g	10	10	10	9	10	9	10	10	0,0500

Результати для підрозділу ВТК представлені у табл. 10.

Таблиця 10

Оцінювання потенційних кандидатів у команду проєкту підрозділу 4 (ВТК)

№	Область знань	Працівники підрозділу 4 (ВТК)						$АК_{imin}$	$АК_{iav}$	w_i
		Em_{40}	Em_{41}	Em_{42}	Em_{43}	Em_{44}	Em_{45}			
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	АК(21)	9	8	9	10	10	9	5	6	0,0400
2	АК(22)b	7	6	8	9	9	8	5	6	0,0800
3	АК(23)b	8	8	7	9	6	7	5	6	0,0800
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**

4	АК(57)	8	9	10	9	10	10	8	8	0,0286
5	АК(1)b	8	7	9	8	6	9	5	6	0,0333
6	АК(2)b	7	6	9	7	8	7	5	6	0,0500
7	АК(3)b	6	5	7	8	9	7	5	6	0,0167
8	АК(4)	10	9	9	8	6	9	5	7	0,0333
9	АК(5)	8	7	9	8	10	8	5	6	0,0167
10	АК(6)b	8	7	7	8	5	9	5	6	0,0500

Результати для підрозділу ВМТ представлені у табл. 11.

Таблиця 11

Оцінювання потенційних кандидатів у команду проєкту підрозділу 5 (ВМТ)

№	Область знань	Працівники підрозділу 5 (ВМТ)						$АК_{imin}$	$АК_{iav}$	w_i
		Em_{50}	Em_{51}	Em_{52}	Em_{53}	Em_{54}	Em_{55}			
1	АК(21)	9	9	9	10	10	8	5	6	0,0400
2	АК(22)g	10	9	9	9	10	10	9	9	0,0800
3	АК(23)g	9	10	10	8	9	9	9	9	0,0800
4	АК(1)b	8	7	9	8	9	8	5	6	0,0333
5	АК(2)b	7	6	5	6	4	6	5	6	0,0500
6	АК(3)b	7	9	7	8	7	4	5	6	0,0167
7	АК(4)	7	6	5	9	10	8	5	7	0,0333
8	АК(5)	7	8	9	7	8	9	5	6	0,0167
9	АК(6)b	6	5	9	7	8	8	5	6	0,0500

Результати для підрозділу ПКВ представлені у табл. 12.

Таблиця 12

Оцінювання потенційних кандидатів у команду проєкту підрозділу 6 (ПКВ)

№	Область знань	Працівники підрозділу 6 (ПКВ)										$АК_{imin}$	$АК_{iav}$	w_i
		Em_{60}	Em_{61}	Em_{62}	Em_{63}	Em_{64}	Em_{65}	Em_{66}	Em_{67}	Em_{68}	Em_{69}			
1	АК(21)	5	6	7	7	7	5	8	8	9	6	5	6	0,0400
2	АК(22)b	7	7	8	5	5	6	7	9	8	7	5	6	0,0800
3	АК(23)b	8	6	4	7	5	5	8	6	4	5	5	6	0,0800
4	АК(41)	9	10	8	9	9	7	8	10	9	10	7	7	0,0444
5	АК(42)	8	9	10	8	8	8	7	9	9	8	7	7	0,0444
6	АК(43)	9	8	9	9	10	10	9	8	8	8	8	8	0,0222
7	АК(44)	9	9	7	8	7	8	8	7	9	10	6	7	0,0222
8	АК(45)	10	8	9	10	9	8	10	9	10	9	9	9	0,0222
9	АК(46)	10	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	10	0,0444
10	АК(1)b	5	6	9	7	8	7	8	8	9	5	5	6	0,0333
11	АК(2)b	8	7	4	9	10	8	7	8	9	7	5	6	0,0500
12	АК(3)b	5	5	7	4	8	8	8	7	6	9	5	6	0,0167
13	АК(4)	8	7	9	5	9	7	9	10	6	9	5	7	0,0333
14	АК(5)	7	7	6	8	6	5	5	7	9	8	5	6	0,0167
15	АК(6)b	6	8	9	4	7	7	7	6	7	9	5	6	0,0500

Результати для підрозділу ВВ представлені у табл. 13.

Таблиця 13

Оцінювання потенційних кандидатів у команду проєкту підрозділу 7 (ВВ)

№	Область знань	Працівники підрозділу 7 (ВВ)										$АК_{imin}$	$АК_{iav}$	w_i
		Em_{70}	Em_{71}	Em_{72}	Em_{73}	Em_{74}	Em_{75}	Em_{76}	Em_{77}	Em_{78}	Em_{79}			
1	АК(21)	7	7	9	8	9	10	8	7	7	9	5	6	0,0400
2	АК(22)b	5	4	6	5	6	7	8	6	9	10	5	6	0,0800
3	АК(23)b	7	7	5	8	7	9	5	5	8	9	5	6	0,0800
4	АК(51)	10	9	8	9	10	10	8	9	10	9	7	8	0,0286
5	АК(52)	6	8	9	7	10	9	8	7	9	10	7	8	0,0286
6	АК(53)	7	8	9	7	8	9	7	8	9	9	7	8	0,0286
7	АК(54)	8	10	9	8	7	9	8	7	8	9	7	8	0,0286
8	АК(55)	9	7	7	7	8	7	8	6	7	10	7	8	0,0286
9	АК(56)	8	7	9	10	10	8	9	7	7	10	7	8	0,0286
10	АК(1)b	4	3	4	5	7	4	8	5	5	8	5	6	0,0333
11	АК(2)b	6	8	8	7	5	9	8	7	6	9	5	6	0,0500
12	АК(3)b	7	5	8	5	5	4	5	6	7	8	5	6	0,0167
13	АК(4)	6	4	7	9	8	10	9	8	7	10	5	7	0,0333
14	АК(5)	7	8	7	9	10	10	8	7	6	9	5	6	0,0167
15	АК(6)b	7	5	8	8	6	5	9	8	7	9	5	6	0,0500

Отже, слід обрати 3 членів команди з 7 потенційних у підрозділі ВМЗЗ та ПЕВ, 2 з 6 у підрозділах ВАСУ та ВТК, 3 з 6 у підрозділі ВМТ та 5 з 10 у підрозділах ПКВ та ВВ.

5. Визначення можливих комбінацій працівників підрозділів та формування команди проєкту

Для реалізації етапу пошуку усіх комбінацій працівників було використано мову програмування Racket (нижче наведена частина програмної реалізації):

```
; функція обчислення комбинацій n з m
(define (combinations n m)
        (combs n (range m)))
; присвоєння змінній triple списку всіх комбинаций n з m
(define triple (combinations to from))
; формування комбинації з даними з data-frame
(define (pods pos-in-df position)
  (for/list ([num to])
      (df-ref data pos-in-df
              (number->string (list-ref
                      (list-ref triple position) num)))))
```

Для підрозділу 1 (ВММЗ) та підрозділу 2 (ПЕВ) слід з 7 потенційних претендентів обрати 3. Згідно формули 11 кількість комбінацій працівників становить 35: (0 1 2), (0 1 3), (0 1 4), (0 1 5), (0 1 6), (0 2 3), (0 2 4), (0 2 5), (0 2 6), (0 3 4), (0 3 5), (0 3 6), (0 4 5), (0 4 6), (0 5 6), (1 2 3), (1 2 4), (1 2 5), (1 2 6), (1 3 4), (1 3 5), (1 3 6), (1 4 5), (1 4 6), (1 5 6), (2 3 4), (2 3 5), (2 3 6), (2 4 5), (2 4 6), (2 5 6), (3 4 5), (3 4 6), (3 5 6), (4 5 6).

Для підрозділу 3 (ВАСУ) та підрозділу 4 (ВТК) слід з 6 потенційних претендентів обрати 2. Згідно формули 11 кількість комбінацій працівників становить 15: (0 1), (0 2), (0 3), (0 4), (0 5), (1 2), (1 3), (1 4), (1 5), (2 3), (2 4), (2 5), (3 4), (3 5), (4 5).

Для підрозділу 5 (ВМТ) слід з 6 потенційних претендентів обрати 3. Згідно формули 11 кількість комбінацій працівників становить 20: (0 1 2), (0 1 3), (0 1 4), (0 1 5), (0 2 3), (0 2 4), (0 2 5), (0 3 4), (0 3 5), (0 4 5), (1 2 3), (1 2 4), (1 2 5), (1 3 4), (1 3 5), (1 4 5), (2 3 4), (2 3 5), (2 4 5), (3 4 5).

Для підрозділу 6 (ПКВ) та підрозділу 7 (ВВ) слід з 10 потенційних претендентів обрати по 5. Згідно формули 11 кількість комбінацій працівників становить 252: (0 1 2 3 4), (0 1 2 3 5), (0 1 2 3 6) … (4 5 7 8 9), (4 6 7 8 9), (5 6 7 8 9).

Далі слід обрати комбінації, які відповідають умовам (згідно формул 2, 3).

Для підрозділу 1 (ВММЗ) жодна з комбінацій не відповідає заданим умовам.

Для підрозділу 2 (ПЕВ) лише одна комбінація (1 2 6) відповідає умовам, а саме Працівник$_{21}$, Працівник$_{22}$, Працівник$_{26}$. Комплексний показник даної комбінації становить 3,9459.

Для підрозділу 3 (ВАСУ) лише одна комбінація (0 4) відповідає умовам, а саме Працівник$_{30}$, Працівник$_{34}$. Комплексний показник даної комбінації становить 3.3800.

Для підрозділу 4 (ВТК) лише одна комбінація (0 1) не відповідає умовам, всі інші 14 комбінації відповідають. Порівняємо 14 комплексних показника для обрання найкращої комбінації працівників. Для комбінації (0 2) комплексний показник становить 3,4423; для (0 3) – 3,5097, для (0 4) – 3,3124, для (0 5) – 3,4339, для (1 2) – 3,2966, для (1 3) – 3,3640, для (1 4) – 3,1667, для (1 5) – 3,2882, для (2 3) – 3,5800, для (2 4) – 3,3827, для (2 5) – 3,5042, для (3 4) – 3,4501, для (3 5) – 3,5716, для (4 5) – 3,3744. Максимальним є значення комплексного показника 3,5800 для комбінації (2 3), а саме Працівник$_{42}$, Працівник$_{43}$.

Для підрозділу 5 (ВМТ) жодна з комбінацій не відповідає заданим умовам.

Для підрозділу 6 (ПКВ) підходить лише одна комбінація з 252, комбінація 119, а саме (0 4 6 7 9), тобто Працівник$_{60}$, Працівник$_{64}$, Працівник$_{66}$, Працівник$_{67}$, Працівник$_{69}$. Значення комплексного показника становить 4,6477.

Для підрозділу 7 (ВВ) підходить лише одна комбінація з 252, а саме (3 4 6 8 9), тобто Працівник$_{73}$, Працівник$_{74}$, Працівник$_{76}$, Працівник$_{78}$, Працівник$_{79}$. Значення комплексного показника становить 4,4790.

Якщо жодна комбінація не відповідає умовам (згідно (2), (3)), то підбір працівників підрозділу здійснюється з мінімальним відхиленням (згідно (4)). У цьому випадку (1), (4) демонструють однаковий результат.

Для вибору найкращої комбінації згідно встановлених обмежень та цільової функції використано мову програмування Racket (нижче наведена частина програмної реалізації):

```
; реалізація функції середнього арифметичного для списку
(define (average xs (return /))
  (if (empty? xs)
     (return 0 0)
     (average (cdr xs)
           (lambda (sum len)
             (return (+ sum (car xs))
                   (+ len 1))))))
; формування списку зі встановленої кількості областей знань однієї комбинації
(define (one-comb-with-f line)
  (define one '())
    (for/list
```

```
            ([count (range count-of-factors)])
               (append one
                     (pods count line))))
; формування списку з можливих комбінацій по всіх визначених областях знань
(define comb-of-triple
   (for/list ([element (in-range (length triple))])
      (one-comb-with-f element)))
; предикат, чи підходить комбінація згідно умов min average
(define (check-one-min? lst min-in aver)
  (let ([cur-min (apply min lst)]
        [cur-avr (average lst)])
     (and (>= cur-min min-in)
          (>= cur-avr aver))))
; функція перевірки однієї комбінації з необхідними областями знань
(define (check-row-min list-in)
 (let ([temp
   (for/list ([count (in-range count-of-factors)]
              [elem list-in])
            (when
              (check-one-min? elem (df-ref data count "min")
                              (df-ref data count "average"))
              elem))])
     (filter (lambda(x) (not (void? x))) temp)))
…
```

Для підрозділу 1 (ВММЗ) було отримано наступні комплексні показники для комбінацій згідно формули (1): 3,5936; 3,3702; 3,4714; 3,4691; 3,5981; 3,4302; 3,5314; 3,5291; 3,6581; 3,3080; 3,3057; 3,4347; 3,4068; 3,5358; 3,5335; 3,3414; 3,4425; 3,4403; 3,5692; 3,2191; 3,2169; 3,3458; 3,3180; 3,4470; 3,4447; 3,2791; 3,2769; 3,4058; 3,3780; 3,5070; 3,5047; 3,1546; 3,2836; 3,2813; 3,3824. Максимальне значення становить 3,6581 (комбінація № 9 (0 2 6), тобто з першого підрозділу жодна комбінація не відповідає умовам, але найкращою є комбінація Працівник$_{10}$, Працівник$_{12}$, Працівник$_{16}$.

Для підрозділу 5 (ВМТ) було отримано наступні комплексні показники для комбінацій згідно формули (1): 3,2417; 3,2122; 3,2711; 3,2333; 3,2678; 3,3266; 3,2889, 3,2977, 3,2600, 3,3188, 3,2289, 3,2878, 3,2500, 3,2589, 3,2211, 3,2800, 3,3144, 3,2766, 3,3355, 3,3066. Максимальним є значення 3,3355 для комбінації (2 4 5), тобто найкращою є комбінація Працівник$_{52}$, Працівник$_{54}$, Працівник$_{55}$.

Проаналізуємо ситуацію обраних працівників з підрозділів 1 (ВММЗ) та 5 (ВМТ), де жодна комбінація не відповідає умовам (згідно (2), (3)), то підбір працівників підрозділу здійснюється з мінімальним відхиленням (згідно (4)).

Для Підрозділу 1 (ВММЗ) обрані працівники не відповідають рівню знань по усім областям знань. На рис. 2 здійснено порівняння необхідного середнього рівня потенційних членів команди та отриманого рівня по кожній області знань.

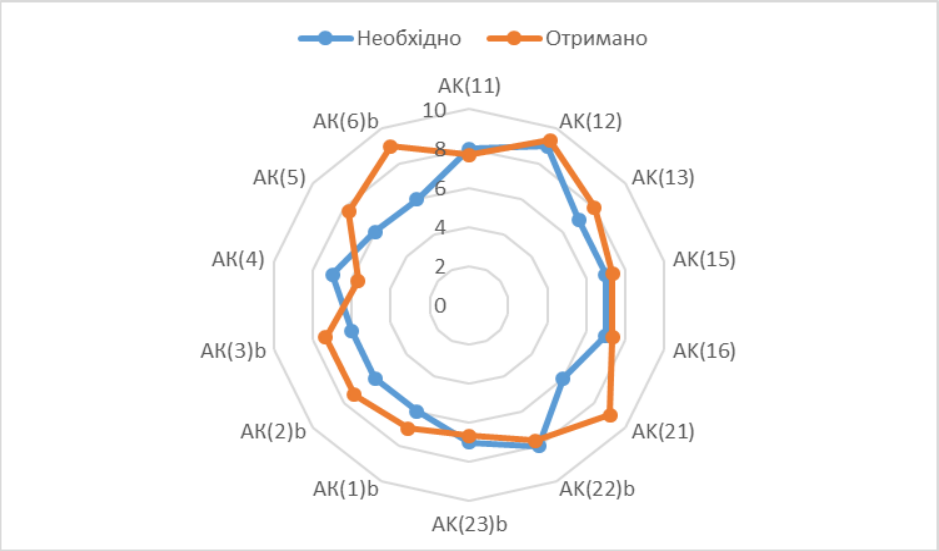

Рис. 2. Порівняння необхідного та наявного середнього рівня знань обраних працівників у команду проєкту з підрозділу 1 (ВММЗ)

Як видно з рис. 2, у підрозділі ВММЗ є проблемні області знань. Для АК(11) необхідний рівень 8

балів, а отримано 7,67 балів. Для АК(22)b необхідний рівень 8 балів, а отримано 7,67 балів. Для АК(23)b - необхідний рівень 7 балів, а отримано 6,67 балів. Для АК (4) необхідний рівень 7 балів, а отримано 5,67 балів.

В області АК(11) експертом для проведення навчання може виступити Працівник$_{14}$, котрий має рівень знань 10 балів. В області АК(22) експертом є Працівник$_{10}$, котрий обраний членом команди, та має рівень знань 10 балів. В області АК(23) експертом може виступити Працівник$_{51}$ та Працівник$_{52}$. В області АК(4) Працівник$_{24}$, Працівник$_{32}$, Працівник$_{33}$, Працівник$_{40,}$ Працівник$_{54,}$ Працівник$_{67}$.

Для підрозділу 5 (ВМТ) обрані працівники не відповідають рівню знань по усім областям знань. На рис. 2 здійснено порівняння необхідного середнього рівня потенційних членів команди та отриманого рівня по кожній області знань.

Як видно з рис. 3, проблемною є область знань: АК(2)b – необхідний рівень 6 балів, отримано 5 балів. Найкращими експертами з даної області знань є працівники відділу ВАСУ.

Отже, з 52 потенційних кандидатів для формування команди проєкту було обрано 23 необхідних (табл. 14). З підрозділу 1 ((ВММЗ)) обрано Працівник$_{10}$, Працівник$_{12}$, Працівник$_{16}$ з необхідністю додаткового навчання. З підрозділу 2 (ПЕВ) обрано Працівник$_{21}$, Працівник$_{22}$, Працівник$_{26}$. З підрозділу 3 (ВАСУ) обрано Працівник$_{30}$, Працівник$_{34}$. З підрозділу 4 (ВТК) відібрано Працівник$_{42}$, Працівник$_{43}$. З підрозділу 5 (ВМТ) обрано Працівник$_{52}$, Працівник$_{54}$, Працівник$_{55}$ з необхідністю додаткового навчання. З підрозділу 6 (ПКВ) відібрано Працівник$_{60}$, Працівник$_{64}$, Працівник$_{66}$, Працівник$_{67}$, Працівник$_{69}$. З підрозділу 7 (ВВ) Працівник$_{73}$, Працівник$_{74}$, Працівник$_{76}$, Працівник$_{78}$, Працівник$_{79}$ відібрано згідно критеріїв.

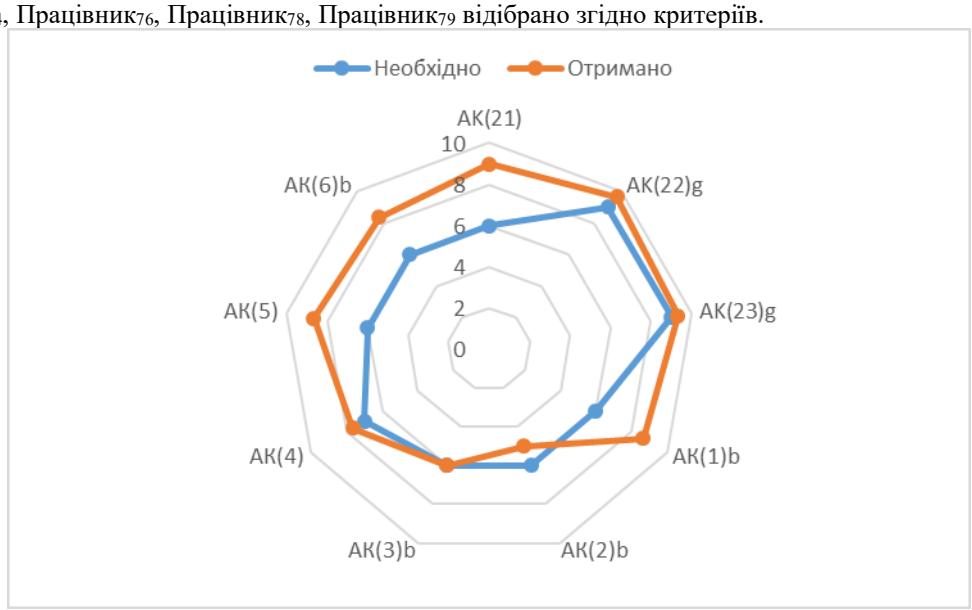

Рис. 3. Порівняння необхідного та наявного середнього рівня знань обраних працівників у команду проєкту з підрозділу 5 (ВМТ)

Можна помітити, що для навчання членів команди, котрі цього потребують, на підприємстві є внутрішні експерти. Це свідчить, що підприємству не потрібно залучати зовнішніх експертів та зовнішніх членів команди, а отже відсутня необхідність додаткових фінансових витрат.

Обговорення результатів дослідження визначення оптимальної тривалості етапів проєкту в системі управління знаннями підприємства

Здійснено постановку задачі та розроблено описову модель визначення оптимального складу команди проєкту за рівнем знань, визначено етапи проєкту.

Також побудовано математичну модель задачі визначення оптимального складу команди проєкту та алгоритм її вирішення. Визначена цільова функція (1), обмеження моделі (2), (3), цільова функція, якщо обмеження моделі не виконуються (4), визначені необхідні вхідні дані моделі (5), (6). Алгоритм передбачає визначення областей знань, які потрібні для реалізації проєкту (7), побудову карти знань (8), побудову ієрархічного дерева областей знань проєкту (6). Також визначаються вагові коефіцієнти за методом Фішберна (9), (10), здійснюється підбір можливих працівників (комбінації) з кожного підрозділу із використанням елементів комбінаторики (11). Також необхідним є визначення необхідної кількості працівників з функціональних підрозділів підприємства для реалізації проєкту (табл. 1). Також алгоритм передбачає визначення шкали оцінювання потенційних членів команди проєкту за областями знань, встановлення мінімального та середнього рівня знань по цій області знань для комбінацій працівників з одного підрозділу. Здійснюється оцінювання потенційних членів команди у кожному з підрозділів за обраною шкалою.

Таблиця 14

Працівники, які обрані у команду проєкту та необхідність додаткового навчання

Номер підрозділу	Підрозділ	Номер працівника	Працівник	Область знань, яка потребує додаткового навчання	Експерти з даної області знань
1	ВММЗ	1	Працівник$_{10}$	АК(11) з 7 до 8 АК(23) з 5 до 6 АК(4) з 6 до 7	АК(11): Працівник$_{14}$; АК(22): Працівник$_{10}$; АК(23): Працівник$_{51,}$ Працівник$_{52}$; АК(4): Працівник$_{24}$, Працівник$_{32}$, Працівник$_{33}$, Працівник$_{40}$, Працівник$_{54,}$ Працівник $_{67}$.
		2	Працівник$_{12}$	АК(11) з 7 до 8 АК(4) з 6 до 7	
		3	Працівник$_{16}$	АК(22)b з 6 до 7 АК(4) з 5 до 7	
2	ПЕВ	4	Працівник$_{21}$	-	-
		5	Працівник$_{22}$	-	-
		6	Працівник$_{26}$	-	-
3	ВАСУ	7	Працівник$_{30}$	-	-
		8	Працівник$_{34}$		
4	ВТК	9	Працівник$_{42}$	-	-
		10	Працівник$_{43}$	-	-
5	ВМТ	11	Працівник$_{52}$	-	-
		12	Працівник$_{54}$	АК(2)b з 4 до 7	Працівник$_{34}$
		13	Працівник$_{55}$	-	-
6	ПКВ	14	Працівник$_{60}$	-	-
		15	Працівник$_{64}$	-	-
		16	Працівник$_{66}$	-	-
		17	Працівник$_{67}$	-	-
		18	Працівник$_{69}$	-	-
7	ВВ	19	Працівник$_{73}$	-	-
		20	Працівник$_{74}$	-	-
		21	Працівник$_{76}$	-	-
		22	Працівник$_{78}$	-	-
		23	Працівник$_{79}$	-	-

Визначено необхідні області знань для реалізації проєкту (табл. 2), побудовано карту знань підприємства для реалізації проєкту (табл. 3), побудовано ієрархічне дерево областей знань проєкту із зазначенням системи відношень переваг (рис. 1). Також сформована система ваг Фішберна (табл. 4), визначена необхідна кількість членів команди проєкту з функціональних підрозділів підприємства для успішної реалізації проєкту.

В якості кількісної шкали оцінювання кожної з областей знань використана «шкала бажаності» Харрінгтона, переведена до 10-бальної шкали (табл. 4). Експерти встановлено мінімальний рівень знань для кожної області знань та середній рівень знань для комбінацій працівників з одного підрозділу із використанням шкали Харрінгтона (табл. 6). Здійснено оцінювання потенційних членів команди у кожному з підрозділів підприємства за обраною шкалою (табл. 7–13). Здійснено порівняння для проблемних підрозділів неохідного та наявного середнього рівня знань обраних працівників у команду проєкту (рис. 2, 3). Відображено сформовану команду проєкту (табл. 14).

Розроблена модель, на відміну від моделі, розробленої нами у роботі [1], дає можливість обрати команду проєкту з різних підрозділів, враховуючи необхідні області знань та необхідний рівень наявних знань. Дані моделі є взаємодоповнюючими.

На відміну від робіт [6–8] у розробленій моделі, окрім аспекту знань, ще робиться акцент на необхідності формування комунікаційних зв'язків при формуваннні команди проєкту. На відміну від [13] модель враховує і необхідність застосування сучасних інформаційних технологій для формування команди проєкту в умовх Industry 4.0. На відміну від [14, 15] розроблена модель дозволяє врахувати і застосування інформаційних технологій, і наявність необхідних знань та можливість збереження отриманих знань проєкту і перетворення їх у організаційні.

Проте розроблена модель не передбачає вибору менеджера проєкту, адже менеджер має володіти іншим набором областей знань, лідерськими якостями, знаннями про управління проєктами та ін. Тому розробка моделі вибору менеджера проєкту є предметом наступних досліджень. Звісно, дана модель може зіштовхнутися з труднощами підбору відповідного математичного апарату та практичною реалізацією.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

1. Задача вибору оптимального складу команди проєкту за рівнем знань реалізується на машинобудівному підприємстві, котре планує виробництво нового виду продукції (медичного обладнання). Підприємство планує розпочати реалізовувати проєкт через 5 місяців. Для цього йому потрібно відібрати команду проєкту з функціональних підрозділів підприємства за критерієм наявності відповідного рівня

необхідних знань згідно встановлених областей знань для успішної реалізації проєкту та можливості генерації нових знань під час реалізації проєкту. Також важливим є володіння сучасними інформаційними технологіями для автоматизації процесу управління проєктом. За відсутності у потенційних членів команди проєкту належного рівня знань, слід оцінити можливість опанування визначеної області знань до встановленого рівня за визначений період. Також потрібно визначити працівників підприємства, котрі є експертами з відповідних областей знань. Етапами проєкту є: додаткові дослідження потреб клієнта та відкриття нових можливостей на ринку, генерація ідей та відбір найкращої ідеї виробництва нового обладнання, аналітичні дослідження, проєктування, виготовлення дослідних зразків нової продукції. Однією з умов успіху проєкту є активна взаємодія між членами команди (працівниками з різних функціональних підрозділів), особливо в умовах Industry 4.0. Тому окремою складовою в необхідних знаннях є активне застосування інформаційних технологій для налагодження комунікацій, швидкого обміну інформацією, прийняття рішення. Цільова функція передбачає максимізацію інтегрального показника для відібраної комбінації працівників одного підрозділу підприємства, котрі увійдуть в склад команди проєкту. Даний інтегральний показник є усередненим значенням відповідного рівня знань працівників по кожній необхідній області знань із врахуванням відповідного вагового коефіцієнту. При цьому враховується обмеження, що у потенційного члена команди рівень знань згідно обраної шкали з встановлених областей знань і має бути не нижчим мінімального рівня, встановленого експертами. А також середнє значення групи працівників з одного підрозділу по кожній області знань і має бути не нижчим середнього рівня, встановленого експертами. У разі відсутності у підрозділах підприємства працівників з відповідним рівнем знань обирається комбінація працівників з мінімальним відхиленням. Запропонована модель складається з визначення областей знань, які потрібні для реалізації проєкту та побудови карти знань, побудови ієрархічного дерева областей знань проєкту та визначення їх вагових коефіцієнтів (ваг Фішберна). Також модель враховує визначення необхідної кількості працівників з функціональних підрозділів підприємства для реалізації проєкту та встановлення шкали для їх оцінювання за областями знань. Здійснюється визначення необхідного мінімального та середнього рівня знань комбінації працівників підрозділу за областями знань для формування команди проєкту та оцінка їх наявного рівня знань. Визначаються можливі комбінації працівників з кожного підрозділу, вибір найкращої згідно встановлених обмежень та цільової функції та формується команда проєкту за рівнем знань.

2. Експертами визначені області знань, які потрібні для успішної реалізації проєкту. На першому етапі додаткових досліджень потреб клієнта та відкриття нових можливостей на ринку це визначення потенційних клієнтів, аналіз вимог потенційних клієнтів до продукту. Також слід визначити доступну частку ринку, визначити необхідний рівень інвестицій (методи економічної доцільності), аналіз конкурентів, розробка бізнес моделі. На другому етапі генерації ідей та відбору найкращої ідеї це знання методів генерації ідей, детальне знання продукту, інноваційні особливості продукції. На третьому етапі аналітичних досліджень це знання описової, прогностичної та прескриптивної аналітики. На четвертому етапі проєктування це знання про комплексне моделювання продукції, комплексне проєктування продукції, створення ескізів для вивчення потенційних концептуальних рішень, концепції 3D CAD для кращого визначення концепцій, характеристика складових деталей, матеріалів, кольорів, створення прототипу. На п’ятому етапі виготовлення дослідних зразків нової продукції це знання про складання технічного завдання, складання технічної пропозиції, розробку ескізного проєкту, розробку технічного проєкту, підготовку робочої документації, виготовлення дослідних зразків нової продукції, тестування функціональності та надійності. Всі етапи проєкту супроводжуються автоматизацією процесу управління проєктами, що вимагає наступних знань: хмарні технології, автоматизована система управління проєктом, робота з мобільними версіями. Також важливою є система збереження знань проєкту, яка вимагає умінь формалізації знань, побудови карти знань, бази даних згенерованих знань. Побудована карта знань свідчить, що дані області знань розташовані у різних підрозділах підприємства. Серед них ВМЗЗ (відділ маркетингу та зовнішніх зв’язків); ПЕВ (планово-економічний відділ); ВАСУ (відділ автоматизованих систем управління). Також необхідні знання містяться у ВТК (відділ технічного контролю); ВМТ (відділ медичної техніки); ПКВ (проєктно-конструкторський відділ); ВВ (виробничий відділ).

3. Побудовано ієрархічне дерева областей знань проєкту із використанням системи відношень переваг та визначено їх вагові коефіцієнтів (ваги Фішберна). Найвищі вагові коефіцієнти присвоєно областям знань: детальне знання продукту, знання інноваційних особливостей продукції. Найнижчий ваговий коефіцієнт у областей знань: визначення потенційних клієнтів, аналіз вимог потенційних клієнтів до продукту, визначення доступної частки ринку, визначення необхідного рівня інвестицій (методи економічної доцільності), аналіз конкурентів, розробка бізнес моделі. Згідно оцінок експертів, які є працівниками підприємства, було визначено необхідну кількість членів команди проєкту з функціональних підрозділів підприємства. З відділу маркетингу та зовнішніх зв’язків - 3; планово-економічний відділ - 3; відділ автоматизованих систем управління - 2; відділ технічного контролю - 2; відділ медичної техніки - 3; проєктно-конструкторський відділ - 5; виробничий відділ - 5. В якості кількісної шкали оцінювання кожної з областей знань застосовувалася «шкала бажаності» Харрінгтона, переведена до 10-бальної шкали.

4. Встановлено необхідного мінімальний та середній рівень знань комбінації працівників підрозділу

за областями знань для формування команди проєкту. Визначений середній рівень враховує додатній синергетичний ефект членів команди проєкту підрозділу. Оцінено потенційних кандидатів у команду проєкту різних підрозділів. У відділі маркетингу та зовнішніх зв'язків оцінено 7 потенційних кандидатів. У планово-економічному відділі оцінено 7 кандидатів. У відділі автоматизованих систем управління оцінено 6 кандидатів. У відділі технічного контролю – 6 кандидатів. У відділі медичної техніки – 6 кандидатів, у проєктно-конструкторському відділі – 10 кандидатів та 10 кандидатів у виробничому відділі.

5. Визначено можливі комбінації працівників з кожного підрозділу. Для відділу маркетингу та зовнішніх зв'язків та планово-економічного відділу вибір здійснювався з 35 комбінацій працівників. Для відділу автоматизованих систем управління та відділу технічного контролю вибір здійснювався з 15 комбінацій. Для відділу медичної техніки – з 20, для проєктно-конструкторського відділу та виробничого відділу – з 252 комбінацій. З 52 потенційних кандидатів для формування команди проєкту було обрано 23 необхідних. З підрозділу 1 ((ВММЗ)) обрано Працівник$_{10}$, Працівник$_{12}$, Працівник$_{16}$ з необхідністю додаткового навчання. З підрозділу 2 (ПЕВ) обрано Працівник$_{21}$, Працівник$_{22}$, Працівник$_{26}$. З підрозділу 3 (ВАСУ) обрано Працівник$_{30}$, Працівник$_{34}$. З підрозділу 4 (ВТК) відібрано Працівник$_{42}$, Працівник$_{43}$. З підрозділу 5 (ВМТ) обрано Працівник$_{52}$, Працівник$_{54}$, Працівник$_{55}$ з необхідністю додаткового навчання. З підрозділу 6 (ПКВ) відібрано Працівник$_{60}$, Працівник$_{64}$, Працівник$_{66}$, Працівник$_{67}$, Працівник$_{69}$. З підрозділу 7 (ВВ) Працівник$_{73}$, Працівник$_{74}$, Працівник$_{76}$, Працівник$_{78}$, Працівник$_{79}$ відібрано згідно критеріїв. Працівник$_{10}$, Працівник$_{12}$, Працівник$_{16}$, Працівник$_{54}$ вимагають додаткового навчання від внутрішніх експертів підприємства. Розроблена модель може бути використана широким колом підприємств із врахуванням специфіки їх діяльності.

Література

1. Economic-mathematical tools for building up a project team in the system of company's knowledge management / I. Chaikovska, T. Fasolko, L. Vaganova, O. Barabash // Eastern-European journal of enterprise technologies. – 2017. – № 3/3 (87). – P. 29–37.

2. Chaikovska I. Economic-mathematical modelling of employee evaluation in the system of enterprise knowledge management / I. Chaikovska // Актуальні проблеми економіки. - (2016). - № 9 (183). P. 417–428.

3. Lee C.C. The Development of a Methodology to Match the Client's Project Requirements with the Knowledge of the Project Team in Refurbishment Projects / C.C. Lee, C.O. Egbu // COBRA 2006: Proceedings of the annual research conference of the royal institution of chartered surveyors (7-8 September 2006, University College London) [Електронний ресурс]. – Available at : http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/2950/1/2006_Cobra_Lee_CC.pdf

4. Paterek P. Effective Knowledge Management in Agile Project Teams - Impact and Enablers / P. Paterek // Fifth International Scientific Conference on Project Management in the Baltic Countries April 14-15, 2016. – 2016. – P. 246–259.

5. Bittner E. A. C. Collaborative Knowledge Sharing in Project Teams - Requirements and Design Goals / E. A. C. Bittner, A. Hoffmann // 24th European Conference on Information Systems (ECIS). Istanbul, Turkey. – 2016. - Available at:

ttps://www.researchgate.net/publication/314267486_Collaborative_Knowledge_Sharing_in_Project_Teams_-_Requirements_and_Design_Goals

6. Hosseini S.M. A model for project team formation in complex engineering projects under uncertainty: A knowledge-sharing approach / S.M. Hosseini, P. Akhavan // Kybernetes. – 2017. - № 46 (7) – P. 1131-1157.

7. Kosenko N. Building and developing a project team on the basis of a multicriteria model / N. Kosenko, A. Kolomiiets // Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. – 2017. - № 2 (2). – P. 56-61.

8. Tornjanski V. Effectiveness of Knowledge Transfer Between Project Team Members in Digitally Disrupted Organizations / V. Tornjanski, D. Petrovic, S. Nesic // Management: Journal of Sustainable Business and Management Solutions in Emerging Economies. – 2020. - № 25 (2). – P. 1-14.

9. Chaikovska I.I. Development of an economic-mathematical model to determine the optimal duration of project operations / I. Chaikovska, M. Chaikovskyi // Eastern-European journal of enterprise technologies (control processes). – 2020. – № 3 (105). – P. 34–42.

10. Hairul P.A. What matters in project team management? / P.A. Hairul // Polish Journal of Management Studies. – 2018. - №17(2). – P. 211-221.

11. Muszyńska K. (2018). A concept for measuring effectiveness of communication in project teams / K. Muszyńska // Journal of Economics and Management. – 2018. - № 33(3). – P. 63-79.

12. Górniak A. Assessment of the project teams' communication skills in the automotive industry / A. Górniak, K. Midor, J. Kaźmierczak // Multidisciplinary Aspects of Production Engineering. – 2019. - № 2 (1). – P. 624-632.

13. Building a project team according to the time allocated and the number of relationships for the successful completion of a project / D. Filip, F. Covaciu, A. Sarb, S. Timoftei // Acta Technica Napocensis. Series: Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering. – 2019. - № 62(I). – P. 141-148.

14. Dumitraşcu I., Dumitraşcu D.D. Creating effective international virtual project team / I. Dumitraşcu, D.D.

Dumitraşcu // Revista Economică. – 2016. - № 68:3. – P. 46-56.

15. Knowledge Identification by Structured Data for Decision Making in Project Teams / N. Yusupova, O. Smetanina, E. Sazonova, A. Agadullina // ITIDS 2020: Proceedings of the 8th Scientific Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support. – 2020. – P. 385-390.

16. Kalayathankal S.J., Kureethara J.V., Narayanamoorthy S. (2021). A modified fuzzy approach to project team selection / S.J. Kalayathankal, J.V. Kureethara, S. Narayanamoorthy // Soft Computing Letters. – 2021. - № 3. Available at: https://doi.org/10.1016/j.socl.2021.100012

References

1. Economic-mathematical tools for building up a project team in the system of company's knowledge management / I. Chaikovska, T. Fasolko, L. Vaganova, O. Barabash // Eastern-European journal of enterprise technologies. – 2017. – № 3/3 (87). – P. 29–37.

2. Chaikovska I. Economic-mathematical modelling of employee evaluation in the system of enterprise knowledge management / I. Chaikovska // Aktualni problem ekonomiku. - (2016). - № 9 (183). P. 417–428.

3. Lee C.C. The Development of a Methodology to Match the Client's Project Requirements with the Knowledge of the Project Team in Refurbishment Projects / C.C. Lee, C.O. Egbu // COBRA 2006: Proceedings of the annual research conference of the royal institution of chartered surveyors (7-8 September 2006, University College London) [Електронний ресурс]. – Available at : http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/2950/1/2006_Cobra_Lee_CC.pdf

4. Paterek P. Effective Knowledge Management in Agile Project Teams - Impact and Enablers / P. Paterek // Fifth International Scientific Conference on Project Management in the Baltic Countries April 14-15, 2016. – 2016. – P. 246–259.

5. Bittner E. A. C. Collaborative Knowledge Sharing in Project Teams - Requirements and Design Goals / E. A. C. Bittner, A. Hoffmann // 24th European Conference on Information Systems (ECIS). Istanbul, Turkey. – 2016. - Available at:
ttps://www.researchgate.net/publication/314267486_Collaborative_Knowledge_Sharing_in_Project_Teams_-_Requirements_and_Design_Goals

6. Hosseini S.M. A model for project team formation in complex engineering projects under uncertainty: A knowledge-sharing approach / S.M. Hosseini, P. Akhavan // Kybernetes. – 2017. - № 46 (7) – P. 1131-1157.

7. Kosenko N. Building and developing a project team on the basis of a multicriteria model / N. Kosenko, A. Kolomiiets // Suchasniy stan naukovih doslidzhen ta tehnologiy v promislovosti. – 2017. - № 2 (2). – P. 56-61.

8. Tornjanski V. Effectiveness of Knowledge Transfer Between Project Team Members in Digitally Disrupted Organizations / V. Tornjanski, D. Petrovic, S. Nesic // Management: Journal of Sustainable Business and Management Solutions in Emerging Economies. – 2020. - № 25 (2). – P. 1-14.

9. Chaikovska I.I. Development of an economic-mathematical model to determine the optimal duration of project operations / I. Chaikovska, M. Chaikovskyi // Eastern-European journal of enterprise technologies (control processes). – 2020. – № 3 (105). – P. 34–42.

10. Hairul P.A. What matters in project team management? / P.A. Hairul // Polish Journal of Management Studies. – 2018. - №17(2). – P. 211-221.

11. Muszyńska K. (2018). A concept for measuring effectiveness of communication in project teams / K. Muszyńska // Journal of Economics and Management. – 2018. - № 33(3). – P. 63-79.

12. Górniak A. Assessment of the project teams' communication skills in the automotive industry / A. Górniak, K. Midor, J. Kaźmierczak // Multidisciplinary Aspects of Production Engineering. – 2019. - № 2 (1). – P. 624-632.

13. Building a project team according to the time allocated and the number of relationships for the successful completion of a project / D. Filip, F. Covaciu, A. Sarb, S. Timoftei // Acta Technica Napocensis. Series: Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering. – 2019. - № 62(I). – P. 141-148.

14. Dumitraşcu I., Dumitraşcu D.D. Creating effective international virtual project team / I. Dumitraşcu, D.D. Dumitraşcu // Revista Economică. – 2016. - № 68:3. – P. 46-56.

15. Knowledge Identification by Structured Data for Decision Making in Project Teams / N. Yusupova, O. Smetanina, E. Sazonova, A. Agadullina // ITIDS 2020: Proceedings of the 8th Scientific Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support. – 2020. – P. 385-390.

16. Kalayathankal S.J., Kureethara J.V., Narayanamoorthy S. (2021). A modified fuzzy approach to project team selection / S.J. Kalayathankal, J.V. Kureethara, S. Narayanamoorthy // Soft Computing Letters. – 2021. - № 3. Available at: https://doi.org/10.1016/j.socl.2021.100012

Надійшла / Paper received : 30.01.2021
Надрукована / Printed : 10.03.2021