

DOI: [10.26565/2311-2379-2021-101-10](https://doi.org/10.26565/2311-2379-2021-101-10)  
УДК 331.1

### **І. Ю. ІВЧЕНКО**

кандидат економічних наук, доцент  
доцент кафедри економічної кібернетики та інформаційних технологій  
Державний університет «Одеська політехніка»  
пр. Шевченка 1, м. Одеса, 65044, Україна  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1977-0342>, e-mail: [ivchenkoira@gmail.com](mailto:ivchenkoira@gmail.com)

### **Л. М. ЛІНГУР**

кандидат економічних наук, доцент  
доцент кафедри економічної кібернетики та інформаційних технологій  
Державний університет «Одеська політехніка»  
пр. Шевченка 1, м. Одеса, 65044, Україна  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0730-2381>, e-mail: [lingurl@ukr.net](mailto:lingurl@ukr.net)

### **Т. В. ФІЛАТОВА**

старший викладач кафедри економічної кібернетики та інформаційних технологій  
Державний університет «Одеська політехніка»  
пр. Шевченка 1, м. Одеса, 65044, Україна  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9373-4756>, e-mail: [filatova.321@gmail.com](mailto:filatova.321@gmail.com)

## **МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ КАДРАМИ НА ІТ-РИНКУ ПРАЦІ**

У статті розроблено математичну модель управління кадрами з урахуванням специфіки діяльності ІТ-компаній. Актуальність цього дослідження зумовлена тим, що завдання управління персоналом мають суб'єктивний характер. Це створює певні складнощі при виборі математичного апарату для побудови моделі ефективного розподілу фахівців із проектів у ІТ-компаніях. Мета дослідження полягає у вивченні сучасних методів та моделей управління кадрами та у розробці математичної моделі підбору у фахівців необхідної кваліфікації у ІТ-команди. У статті поставлено такі завдання: проаналізувати теоретичні та методологічні засади економіко-математичного моделювання управління кадрами; розробити модель управління кадрами на ІТ-ринку праці. Авторами описані особливості діяльності рекрутингових спеціалістів у ІТ-компаніях. Проаналізовано сутність методів управління кадрами на ІТ-ринку праці. Розглянуто специфіку роботи HR-менеджерів (менеджерів з управління людськими ресурсами) в аутсорсингових та аутстафінгових ІТ-компаніях. Запропоновано використання системного підходу до управління кадрами, у якому ІТ-підприємство сприймається як підсистема економічної системи типу «фрагмент-аспект». Економіко-математична модель підбору фахівців у ІТ-команду, яка була розроблена в статті, включає дві складові: «Модель формування якісного складу ІТ-персоналу» та «Модель формування кількісного складу ІТ-персоналу». Для формування ефективної ІТ-команди потрібна певна кількість фахівців, які мають професійні навички та універсальні компетенції. Умови-обмеження моделі описують як якісні характеристики претендентів, такі як професія, кваліфікація, hard skills та soft skills кандидатів, так і кількісні вимоги. Модель побудована на основі евристичних методів управління соціально-економічними системами та дозволяє поетапно формувати список претендентів на вакансії у ІТ-команді з урахуванням професійних та особистісних якостей спеціалістів та заявлених вимог до них від роботодавців. Цільова функція – мінімізація сумарних витрат часу HR-менеджерів на формування ефективної ІТ-команди з урахуванням потреб замовників. Результатом роботи моделі є формування списку кандидатів, які мають бути рекомендовані для укладання договору з компаніями-замовниками.

*Ключові слова:* економіко-математична модель, управління кадрами, ІТ-компанія, ІТ-ринок праці, експертні оцінки, евристичні методи.

*JEL Classification:* C02, C44, C51, J44.

**Постановка проблеми.** Активний розвиток ІТ-сфери висуває вимоги до розширення можливостей використання інформаційних технологій в підприємницької діяльності. Сьогодні інформаційні технології широко застосовуються в бізнесі, є великою частиною продуктів і послуг, уможливають обмін інформацією, дозволяють автоматизувати процеси управління. Це призводить до росту потреб в кваліфікованих ІТ-спеціалістах. Специфіка ІТ-ринку праці в

тому, що вимоги до сучасних знань та кваліфікації таких спеціалістів швидко змінюються у зв'язку з бурним розвитком інформаційних технологій, що створює додаткові складнощі для менеджерів з кадрів при підборі якісних фахівців. До того ж багато ІТ-підприємств є аутсорсинговими або аутстафінговими компаніями, а конкурентоспроможність таких компаній залежить саме від можливості надати замовникам професійно підібрані кваліфіковані кадри. Але на ділі рекрутингові спеціалісти покладаються лише на свій досвід і професіоналізм при підборі кадрів і практично не використовують у своїй роботі кількісні методи аналізу і економіко-математичні моделі. Один із суттєвих шляхів поліпшення роботи в даному напрямку – науковий підхід до вирішення управлінських завдань.

**Аналіз останніх досліджень.** Проблемам управління персоналом присвячено роботи вітчизняних та іноземних вчених, серед яких: Криворучко О.М. (Криворучко & Водолажська, 2016), Bertchel O. (Bertchel, 2003), Приймак В.І. (Приймак, 2003), Садова У. (Садова & Семів, 2000), Ван Виссен Л. (Ван Виссен и др., 2004), та інші. У сучасній науковій літературі питання ефективного підбору кадрів опрацьовано недостатньо. Важливе практичне значення і складнощі з теоретико-методологічним обґрунтуванням системи підбору ІТ-фахівців зумовили актуальність цього наукового дослідження.

Для моделювання різних видів підприємницької діяльності існує багатий економіко-математичний інструментарій. Більшість економіко-математичних моделей та методів було розроблено у середині двадцятого століття. Основне направлення цих моделей – вивчення принципів функціонування підприємств у екзогенному економічному середовищі (Советов & Яковлев, 2001). Сучасний стан науки пов'язаний з розширенням застосування моделей у напрямку врахування різних економічних факторів, наприклад, тих, що пов'язують показники ефективності діяльності підприємств з ринковою кон'юнктурою, з розвитком науки і техніки, податками, інвестиціями, тощо (Вітлінський та ін., 2016).

Вчені виділяють такі основні класи економіко-математичних моделей: моделі процесів виробництва продукції (Івченко, 2007), моделі управління ресурсами, моделі вибору кращих інвестиційних проектів; моделі динаміки виробничих фондів (Наконечний & Савіна, 2003), моделі фінансової діяльності підприємств (Соколовська та ін., 2016). Вказані класи моделей відрізняються економіко-математичним інструментарієм, який застосовується для їх побудови та розрахунків. Однак, застосувати існуючі моделі до завдань управління кадрами з урахуванням специфіки діяльності ІТ-компаній досить складно в силу суттєвих розбіжностей в базових уявленнях цих процесів. Це призводить до необхідності використання принципово іншого математичного інструментарію для вирішення задачі, яка розглядається в даному дослідженні. Проведений аналіз літератури показав, що існує велика кількість підходів до моделювання підбору персоналу, кожен з яких має свої переваги і недоліки. Ефективність результату використання будь якого методу підбору персоналу обумовлена можливістю формалізації дій і процедур рекрутингового процесу за допомогою кількісних методів (Ван Виссен и др., 2004; Алтухов, 2003). Необхідним для ефективного менеджменту є застосування гнучкого математичного апарату, в якості якого в даному дослідженні пропонується використати евристичну логістичну модель та експертний метод вагових коефіцієнтів.

**Мета та завдання.** Мета дослідження полягає у розробці методичного підходу для загального уявлення процесів управління кадрами та у виборі сучасних методів управління кадрами з урахуванням специфіки ІТ-ринку праці для розробки моделі підбору команд ІТ-фахівців у аутсорсингових ІТ-компаніях.

Для досягнення мети в дослідженні поставлено наступні завдання: вивчити сутність та принципи методів управління кадрами на ІТ-ринку праці; дослідити особливості діяльності рекрутингових спеціалістів та аутсорсингових ІТ-компаній; розглянути теоретичні і методологічні основи економіко-математичного моделювання управління кадрами; розробити модель управління кадрами на ІТ-ринку праці.

**Основні результати дослідження.** До підприємств, які займаються підбором персоналу, відносяться кадрові агенції та рекрутингові компанії. Головна відмінність між ними полягає у тому, що рекрутингові компанії працюють з підприємствами, а кадрові агентства в основному з фахівцями, які шукають вакантні посади для себе.

Діяльність кадрових агентств відноситься до посередницької або аутсорсингової. Сучасне кадрове агентство – це спеціалізована компанія, яка займається пошуком працівників для різних підприємств за їх запитом. У свою чергу, підприємства, що займаються рекрутингом,

підбирають кадри відповідно до переваг підприємств-замовників. Рекрутери повинні з'ясувати, чи може фахівець відповідати наявної вакансії.

Аутсорсингова компанія – це організація, яка укладає договір з замовником про надання певної послуги. Можна вважати, що аутсорсингові ІТ-компанії «надають в оренду» компаніям-замовникам ІТ-фахівців для виконання поставлених завдань з розробки програмного забезпечення, або для установки, налагодження та підтримки сучасного ІТ-обладнання і програмного забезпечення. Аутстафінг означає, що підприємство-замовник наймає спеціалістів для виконання задач, які вони отримуватимуть безпосередньо від підприємства. Аутстафінгові ІТ-компанії не тільки надають (на деякий період часу) ІТ-фахівців для роботи в офісі клієнта, а й відповідальні за їх офіційне працевлаштування, податки, страхування і т.п. Тому як в аутсорсингових, так і в аутстафінгових ІТ-компаніях важливу роль відіграють менеджери з персоналу, які в ІТ-сфері мають назву HR-manager (Human Resources manager). HR-manager – це менеджер з управління людськими ресурсами. Гнучка, об'єднана та оперативна робота спеціалістів з управління персоналом, оптимізація процесу підбору кадрів – основа результативної роботи кожного підприємства.

Велика кількість професіоналів у сфері інформаційних технологій різного рівня професійних та особистих компетенцій (hard skills та soft skills), з яким оперують ІТ-компанії, спільність цілей щодо працевлаштування працівників, з одного боку, і заявки з набору персоналу від компаній-замовників ІТ-фахівців, з іншого боку, обумовлюють необхідність грамотного управління кадровими потоками.

Системний підхід до управління людськими ресурсами в науковій літературі пропонує розглядати ІТ-підприємство як підсистему економічної системи. Скористуємося одним з варіантів системного підходу, в якому система розглядається як «чорна скринька», тобто як об'єкт, який «має входи і виходи». При цьому розглядається саме залежність виходу від змін, що відбуваються на вході, а механізми, що обумовлюють перетворення вхідних параметрів у вихідні, не вивчаються (Криворучко & Водолажська, 2016):

$$S = XRY, \quad (1)$$

де  $S$  – система,  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  – множина входів;

$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$  множина виходів;

$R = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$  – співвідношення між цими множинами.

Економічні системи різномасштабні, і можуть складатися з підсистем. Оскільки система може розглядатися і як множина елементів і відносин між ними, виділімо три види підсистем, які називатимемо підсистемою «фрагмент», підсистемою «аспект» і підсистемою «фрагмент-аспект».

У підсистемі «фрагмент» аналізуються всі співвідношення входів і виходів, але лише для частини її вхідних елементів:

$$S' = (X'R'Y), \text{ де } X' \subseteq X \quad (2)$$

У підсистемі «аспект» множина елементів відповідає входам і виходам системи, але між даними елементами існує лише частина відносин:

$$S'' = (XR''Y), \text{ де } R'' \subseteq R \quad (3)$$

Відповідно, підсистему «фрагмент-аспект» можна визначити як частину елементів і частину відносин між ними для даної системи (ІТ-підприємство):

$$S''' = (X'''R'''Y), \text{ де } X''' \subseteq X, R''' \subseteq R \quad (4)$$

В даному дослідженні у множині виходів виділимо процеси управління трудовим потенціалом, а у множині вхідних елементів – трудові ресурси. Така підсистема відноситься до підсистем типу «фрагмент-аспект». В ній можна виділяти також окремо відносини розподілу та обміну, фінансові відносини або навіть неформальні відносини між частиною співробітників ІТ-підприємства.

В літературі виділяють такі основні процеси управління персоналом підприємства, як набір працівників, кадрове планування, підвищення кваліфікації, стимулювання персоналу, забезпечення необхідних умов праці (Криворучко & Водолажська, 2016; Приймак, 2003).

Огляд наукової літератури у сфері управління ІТ-ринком праці показав, що існуючі методики оцінки трудового потенціалу не враховують специфіку аутсорсингових ІТ-компаній, яка характеризується невизначеністю і конфліктними ситуаціями.

Ефективність використання конкретного методу підбору персоналу може бути підтверджена за допомогою кількісних методів управління людськими ресурсами. ІТ-компанії при підборі та розподілі персоналу по завданням мають в своєму розпорядженні доступ до великих баз даних з інформацією про вакансії та фахівців. Це дає можливість відбирати кандидатів на вакантні посади з урахуванням всіх вимог замовників робочої сили.

Для найкращого розв'язання задач підбору ефективної команди ІТ-спеціалістів повинен бути науковий підхід. В задачах формування команд ІТ-спеціалістів на замовлення інших компаній, встает, наприклад, питання поетапного процесу підбору ІТ-спеціалістів, питання розробки вимог та критеріїв для них в різних проектах тощо. З цією метою доцільно використовувати математичні методи.

Існує багато концепцій і методів моделювання. Однією з найбільш відомих є моделі аналізу кадрів на ринку праці, моделі взаємодії продавців і покупців, моделі аналізу попиту та пропозиції, де в якості об'єктів можна використовувати також і трудові кадри (Садова & Семів, 2000; Алтухов, 2003; Ван Виссен і др., 2004). В цих моделях загальний попит на працівників (чисельність зайнятих плюс наявні вакансії) відображає в кожен момент часу потребу економіки України в трудових ресурсах. Прикладом є класична балансова модель витрати-випуск, моделі виробничих функцій (Вітлінський та ін., 2016; Шарапов та ін., 2004; Наконечний & Савіна, 2003).

Інший клас моделей, який застосовують при керуванні трудовими ресурсами, – мережеві моделі. Прикладом є моделі сітьового планування. Мета використання таких моделей – або оптимізація собівартості здійснюваних працівниками робіт, або мінімізація часу виконання робіт. Перевагою таких математичних моделей є раціональне використання ресурсів і часу, покращення оперативного контролю, ефективне управління.

Для ІТ-компанії процес підбору якісних кваліфікованих ІТ-фахівців – це завдання вибору з деякої множини найбільш придатних за заданими критеріями кандидатів на відповідні вакансії (або на деяку множину вакантних місць). Наявний профіль кандидата повинен відповідати висунутим вимогам і умовам.

В даному дослідженні при розробці моделі управління кадрами на ІТ-підприємстві будемо враховувати обмеження, що описують кількісну потребу в робітниках, фах, кваліфікацію, але й *hard skills* та *soft skills* кандидатів, тому що професійні навички й універсальні компетенції необхідні для найкращого формування ІТ-команди. Метою моделі може бути, наприклад, зменшення витрат на загальний заробітний фонд команди, або збільшення доходу, який принесуть працівники підприємству. Це призведе до покращення результату праці ІТ-компанії в рамках цільового профілю.

З точки зору кадрової логістики, «найкращі витрати» – це витрати на оплату праці персоналу компанії з урахуванням витрат по логістичним витратам, а також на виплати компаніям-замовникам. Таким чином, завдання даного дослідження корелюється з логістичними задачами, а саме – з завданнями кадрової логістики (Zyryanov et al., 2009; Бауэрсокс & Клосс, 2001; Фоменко, 2005).

Задача формування ІТ-команд, що розглядається в даному дослідженні, зводиться до адекватної оцінки відповідності професійних характеристик і якостей кандидата вакансіям та їх призначенням на посаду з урахуванням термінів замовлень для формування професійного складу ІТ-фахівців за умови мінімізації сумарних витрат часу на формування ІТ-команди та максимізації ефективності роботи ІТ-компанії. HR-менеджер формує команду, ґрунтуючись на наявних даних про фахівців, які претендують на наявні вакансії.

Сформулюємо постановку задачі управління кадрами на ІТ-ринку праці: необхідно формалізувати процес формування ІТ-команди у відповідності з деякими показниками (посадовий склад, кваліфікація, кількість вакансій). Завдання полягає у призначенні фахівців на посади так, щоб максимізувати ефективність роботи сформованої ІТ-команди з урахуванням мінімізації сумарних витрат часу HR-менеджерів. Результатом використання розробленої моделі повинні бути рекомендації до прийняття управлінських рішень стосовно підбору найбільш ефективних кандидатів відповідно до заявлених потреб компанії-замовника в кадрах в ІТ-команди. Відібрані кандидати будуть рекомендовані для підписання контракту.

Побудуємо модель управління кадрами на ІТ-ринку праці за допомогою евристичних методів управління соціально-економічними системами. Евристичні методи дозволяють будувати моделі об'єктів в ситуаціях відсутності повноцінних кількісних даних. Евристична

модель дозволить експериментувати над об'єктом, за її допомогою уточнюються найбільш суперечливі питання. Результат – отримання певної кількісної інформації про об'єкт, що досліджується. Поступово, крок за кроком, гіпотетична модель за допомогою все нових даних, отриманих експериментальним шляхом, наближається до реальної. Результати евристичного моделювання використовуються на практиці – це рекомендації для прийняття управлінських рішень, наприклад, в управлінні персоналом. Евристичне моделювання, хоча і не дає можливості отримати оптимальні рішення, як, наприклад, в оптимізаційному моделюванні, збільшує ймовірність отримання достовірних результатів в порівнянні з підходами, заснованими виключно на досвіді і інтуїції.

Розіб'ємо модель управління кадрами на дві підмоделі: «Модель формування якісного складу ІТ-персоналу» та «Модель формування кількісного складу ІТ-персоналу».

Розглянемо спочатку модель 1: «Модель формування якісного складу ІТ-персоналу».

Формалізація припущень моделі.

Нехай  $k$  – індекс якісних факторів ( $k=1, \dots, K$ );  $j$  – назва посади (спеціальність) ( $j=1, \dots, n$ );  $r$  – ранг якісних характеристик (види якісних характеристик) ( $r=1, \dots, R$ );  $B_k$  – базові (бажані) вимоги до претендентів на вакансію;  $N_k$  – фактичні значення якісної характеристики персоналу;  $\beta_{kr}$  – ваговий коефіцієнт, бал.

*Економіко-математична модель (ЕММ)*. Представимо сукупність базових вимог, які описують вакансію на посаду в ІТ-команді у вигляді функції:

$$TR_b = F(B_1, \dots, B_K) \quad (5)$$

де  $TR_b$  – сукупність базових вимог, яким повинен задовольняти претендент на посаду в ІТ-команді.

Базові вимоги – це «еталон», якій відповідає посадовим інструкціям та вимогам роботодавця.  $TR_b$  та  $TR_f$  – сукупність базових та фактичних вимог до кандидатів.

Для рішення питання відповідності претендентів потребам замовника робочої сили, проаналізуємо якісні характеристики наявних в ІТ-компанії фахівців.

Нехай сукупність характеристик претендентів на посаду в ІТ-команду описується функцією:

$$TR_f = F(N_1, \dots, N_K) \quad (6)$$

Порівняємо фактичні характеристики с комплексом базових вимог, яким повинен задовольняти претендент:

$$TR_f / TR_b \Rightarrow 1 \quad (7)$$

Результатом роботи з якісної оцінки відповідності претендентів наявним вакансіям будуть підсумкові таблиці зі структурою ІТ-команди, в яких розраховані основні показники структури ІТ-кадрів, що задовольняють вакансіям.

Для формування необхідної ІТ-команди оцінимо професійні та особисті якості претендентів в два кроки.

Крок 1.1. Оцінка індивідуальних якостей фахівця-претендента на посаду.

Нехай є певна кількість фахівців з наявної бази даних ІТ-компанії, які можуть бути потенційними претендентами на вакансію. Для кожного претендента створюється «оціночний лист», в якому відображається відповідність базових вимог і кожного оціночного показника кожній  $j$ -й посади фактичним характеристикам цього фахівця з точки зору різних якісних показників ( $k$ -тих та  $r$ -тих). Прикладом якісних показників персоналу можуть бути освіта, стаж роботи, і т. д.

Для оцінки якісних показників претендента на вакансію кожному внутрішньо-груповому показнику задамо нормативне значення в балах (максимальне значення вагових коефіцієнтів задамо рівними 10 балам).

Для побудови базової моделі кадрів слід врахувати такі ситуації:

$$TR_f / TR_b < 1 \quad (8)$$

$$TR_f / TR_b \geq 1 \quad (9)$$

Якщо фактичне значення менше, ніж базове, то зараховується фактичне значення. Якщо для якогось із показників фактичне значення більше, використовується базове значення:

$$\text{при } TR_f/TR_b < 1, \text{ значення } S'_j: \begin{cases} TR_f, \text{ якщо істина} \\ TR_b, \text{ якщо ложь} \end{cases} \quad (10)$$

Потім аналогічні моделі будуються для кожного потенційного претендента на наявну вакансію.

Для кожного претендента розрахунок індивідуального якісного рівня на  $j$ -ту посаду розраховується як ставлення фактичних значень до базових по кожній характеристиці ( $Kt_{kjr}$ ):

$$Kt_{kjr} = \frac{N_{rjr}}{B_{kjr}^{max}} \quad (11)$$

де  $N_{kjr}$  – оцінка в балах;

$B_{kjr}^{max}$  – максимально можлива сума балів.

Також для кожного фахівця-претендента розраховується коефіцієнт індивідуального якісного рівня:

$$Kt_j = \sum_{r=1}^2 \sum_{j=1}^3 Kt_{kjr} \quad (12)$$

Цей коефіцієнт демонструє персональний рівень професіоналізму кожного фахівця по кожній спеціальності. За коефіцієнтом  $Kt_j$  можна обирати спеціалістів, які будуть найбільш ефективні на цій посаді.

Обчислення базових та фактичних показників проводиться як добуток середньозважених характеристик персоналу на посаду та вагомих коефіцієнтів:

$$TR'_b = B_k / \beta_k \quad (13)$$

де  $B_k$  – значення базової якісної характеристики, бал;

$\beta_k$  – вагомий коефіцієнт, %.

$$TR'_f = N_k / \beta_k \quad (14)$$

де  $N_k$  – фактична якісна характеристика, бал;

$\beta_k$  – вагомий коефіцієнт, %.

Для порівняння отриманих зважених характеристик фахівця-претендента на  $j$ -ту посаду в базовій і у фактичній моделі їх дані зводяться в порівняльну таблицю (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця «зважених» характеристик фахівців-претендентів  
Table 1 – Comparative table of "weighted" characteristics of applicants

Найменування показника якості	фактична питома вага	Базова питома вага	коефіцієнт вагомості	Базова модель	Фактична модель	Скорректировані показники
	$N_i$	$B_i$	$\beta_{ir}$	$TR'_{баз} = B_i * \beta_i$	$TR'_{факт} = N_i * \beta_i$	$S_j'$
Віковий склад, років:						
20-25	27.92	20	5	100	67	67
25-30	32.7	35	10	250	340	250
35-40	33.21	25	10	300	438	300
40-50	3.87	15	7	140	46	46
більш 50	2.33	5	5	25	1	11
Розподіл персоналу за стажем роботи:						
trainee	5.99	2	2	6	13	4
junior	10.74	3	4	12	21	12
middle	11.34	15	6	90	35	35
senior	8.25	25	10	200	54	54
lead	17.39	20	10	200	204	200
team-leader	18.59	20	10	200	198	198
Architect	27.73	10	10	200	371	200
Освіта						
вища	94.6	100	10	1000	946	946
середня	5.3	0	0	0	0	0
курси	0.1	0	0	0	0	0
Сума балів				2721	2743	2323

Джерело: розраховано авторами

**Крок 1.2.** Оцінка сумарної якості всієї ІТ-команди. Результат цього кроку так звана «максимізація професіоналізму» (максимізація якісних характеристик відібраного кадрового складу (ІТ-команди) в цілому:

$$S = \sum_{i=1}^m S'_i \alpha_j \quad (15)$$

де  $S'_j$  – якісний рівень претендента на  $j$ -у вакансію;

$\alpha_j$  – питома вага претендентів на  $j$ -у вакансію в загальній чисельності персоналу ІТ-команди.

Нехай  $Z$  – цільова функція максимізації професіоналізму команди. Вона показує ефективність якісних характеристик зібраного кадрового складу (ІТ-команди) в цілому:

$$Z = \frac{\sum_{k=1}^{IK} Nt_k}{\sum_{j=1}^J B_j^{max}} \rightarrow \max \quad (16)$$

де  $\sum_{k=1}^{IK} Nt_k$  – сума скоригованих фактичних значень якісних характеристик персоналу;

$\sum_{j=1}^J B_j^{max}$  – максимально можлива сума сукупних базових значень якісних характеристик персоналу.

Результатом розрахунків за моделлю є перелік претендентів, з яких буде формуватися кількісний склад конкретної ІТ-команди, тобто приймаються управлінські рішення щодо кількісного кадрового складу з метою підвищення ефективності роботи ІТ-команди.

Розглянемо тепер Модель 2: «Модель формування кількісного складу ІТ-команди за вимогами замовника».

Нехай  $j$  – індекс видів посад в ІТ-команді,  $j=1, \dots, D$ , ( $D$  – кількість посад в команді);  $i$  – номер замовлення,  $i=1, \dots, P$ , ( $P$  – кількість замовлень);  $n$  – номер ІТ-команди, що формується,  $n=1, \dots, N$  ( $N$  – кількість ІТ-команд);  $d$  – індекс посадового розряду фахівця, отриманого за рахунок підвищення кваліфікації;  $N_i$  – кількість ІТ-команд в  $i$ -у замовленні (кожне  $i$ -е замовлення має декілька ІТ-команд);  $K^{min}_{ij}$  – кількість спеціалістів  $j$ -ї посади, мінімально допустимих для  $i$ -го замовлення;  $K^{max}_{ij}$  – кількість спеціалістів  $j$ -ї посади, максимально допустимих для  $i$ -го замовлення;  $b_{ijn}$  – кількість членів  $n$ -ї ІТ-команди  $j$ -ї посади для  $i$ -го замовлення;  $\alpha_{ijn}$  – кількість прийнятих в  $n$ -у ІТ-команду спеціалістів  $j$ -ї посади для  $i$ -го замовлення;  $\gamma^{d}_{ijn}$  – кількість персоналу в  $n$ -ї ІТ-команді для  $i$ -го замовлення, що перейдуть в  $d$ -й розряд в межах  $j$ -ї посади, після підвищення кваліфікації.

Розглянемо тепер порядок формування ІТ-команди.

За кількісним складом ІТ-команди (кількість фахівців  $b_{ijn}$  має перебувати в допустимих межах):

$$K^{min}_{ij} \leq b_{ijn} \leq K^{max}_{ij}, \quad (17)$$

$$n = 1, \dots, N_i, i = 1, \dots, P, j = 1, \dots, D$$

HR-менеджер, працюючи зі списком, створеним в Моделі 1, спочатку розглядає претендентів на вакансію з «основного списку». Аутсорсингове ІТ-підприємство зазвичай має власну базу даних ІТ-фахівців, які працюють на постійній основі. Потім позосталі вакансії доповнюються фахівцями зі списку «підвищення кваліфікації». Якщо потрібних фахівців недостатньо, HR-менеджер займається додатковим пошуком спеціалістів на зовнішніх ресурсах.

В математичній моделі при формуванні списків ІТ-команд на замовлення клієнтів задамо послідовність вибору фахівців ( $\alpha^{och}_{ijn} \rightarrow \alpha^{kel}_{ijn} \rightarrow \alpha^{dod}_{ijn}$ ).

Тобто пропонується здійснювати набір ІТ-команд у наступному порядку:

1. Укладаються контракти з фахівцями зі списку «основний склад» ( $\alpha^{och}_{ijn}$ );
2. Укладаються контракти з фахівцями зі списку «підвищення кваліфікації» ( $\alpha^{kel}_{ijn}$ , – це призведе до професійного росту трудового потенціалу);
3. Укладаються контракти з фахівцями з «додаткового списку» ( $\alpha^{dod}_{ijn}$  – претенденти з додаткового списку).

Задамо обмеження з вибору фахівців в заданій послідовності:

$$\alpha^{och}_{ijn} \subset b_{ijn}, \quad (18)$$

$$\alpha^{kel}_{ijn} \subset (b_{ijn} - \alpha^{och}_{ijn}), \quad (19)$$

$$\alpha^{доо}_{ijn} \subset (b_{ijn} - \alpha^{оч}_{ijn} - \alpha^{квл}_{ijn}). \quad (20)$$

де

$\alpha^{оч}_{ijn}$  – фахівці з «основного складу»;

$\alpha^{квл}_{ijn}$  – фахівці, що підвищили свою кваліфікацію;

$\alpha^{доо}_{ijn}$  – фахівці з резервного списку, що бажають укласти контракт з ІТ-компанію та зможуть бути додані в  $n$ -у ІТ-команду для  $i$ -го замовлення.

Розглянемо докладніше, чому важливо враховувати в моделі такий фактор, як необхідність підвищення кваліфікації фахівців та формування «резервного списку». Інформаційні технології постійно розвиваються, удосконалюються, з'являються нові мови програмування, платформи для розробки програм, всі підприємства регулярно оснащуються сучасним обладнанням, системами автоматичного управління, сучасними системами телекомунікацій. Це підвищує вимоги до професіоналізму спеціалістів. Фахівці повинні мати відповідні сертифікати та дипломи міжнародного зразку, що підтверджують їх високу кваліфікацію.

Побудуємо обмеження, пов'язані з кількістю потенційно можливих випадків підвищення кваліфікації фахівців ( $\gamma_{ijn}^d$ ).

Кількість фахівців, що переходять в посадовий розряд  $d$  має збігатися з кількістю фахівців, що підвищують кваліфікацію:

$$\alpha_{ijn}^{квл} = \sum_{d=1}^D \gamma_{ijn}^d, \quad (21)$$

$$\gamma_{ijn}^d \geq 0; \quad (22)$$

$$(j=1, \dots, P; i=1, \dots, D; d=1, \dots, D).$$

Після того, як ІТ-команда укомплектована спеціалістами з основного списку, а потім додатково співробітниками, що підвищили свою кваліфікацію, в ІТ-команду підбираються фахівці з резервного списку:

$$\alpha_{ijn}^{квл} \geq 0 \quad (23)$$

$$\alpha_{ijn}^{оч} \geq 0 \quad (24)$$

$$\alpha_{ijn}^{доо} \geq 0 \quad (25)$$

Обмеження за кількістю прийнятих в ІТ-команду фахівців:

$$\alpha_{ijn} = \alpha_{ijn}^{оч} + \alpha_{ijn}^{квл} + \alpha_{ijn}^{доо} \quad (26)$$

$$\alpha_{ijn} \leq b_{ijn}. \quad (27)$$

де  $\alpha_{ijn}$  – кількість фахівців  $j$ -ї посади, які потрапили в  $n$ -у ІТ-команду  $i$ -го замовлення;

$b_{ijn}$  – вимогу до кількості фахівців  $j$ -ї посади в  $n$ -у ІТ-команду в  $i$ -у замовленні.

Оскільки потоки кадрів при формуванні ІТ-команд за замовленнями підприємств можна розглядати як логістичний ланцюг (ланцюг передбачає оформлення фахівців в ІТ-команди через посередників, наприклад, через аутсорсингову ІТ-компанію), то важливо врахувати в моделі те, що сумарні витрати часу роботи HR-менеджера при формуванні ІТ-команд не повинні перевищувати час, відведений йому на формування заявки. Тобто сумарні логістичні витрати часу на формування ІТ-команд не повинні перевищувати періоду часу, який менеджер по кадрам може виділити на пошук потрібних претендентів в команду без особливих збитків для аутсорсингової компанії. Витрати часу на обробку всіх  $n$  замовлень:

$$\sum_{i=1}^P \sum_{r=1}^R t_{ir} \rightarrow \min, \quad (28)$$

де

$t_{ir}$  – розмір витрат часу на формування всіх замовлень HR-менеджерами аутсорсингової ІТ-компанії.

При цьому складовими витрат є:

$$t^{зам} = \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^P t_{ir}^{зам}, \quad t^{оч} = \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^P t_{ir}^{оч}, \quad t^{квл} = \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^P t_{ir}^{квл},$$



$$t^{\text{ДОД}} = \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^P t_{ir}^{\text{ДОД}}; t^{\text{HR}} = \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^P t_{ir}^{\text{HR}}; \quad (29)$$

де

 $t^{\text{ЗАМ}}$  – витрати часу на роботу із замовленнями від компаній; $t^{\text{ОСН}}$  – витрати часу на аналіз та відбір кандидатів з «основного списку» (робота з власною базою даних фахівців); $t^{\text{КВЛ}}$  – витрати часу на роботу з «підвищенням кваліфікацій»; $t^{\text{ДОД}}$  – витрати часу на роботу з «резервним списком» (пошук додаткових кандидатів з зовнішніх ресурсів); $t^{\text{HR}}$  – витрати часу на будь-які необхідні дії HR-менеджерів при вирішенні задачі формування IT-команди за проектом.

Використання представленої в науковому дослідженні моделі для вирішення задач призначення фахівців-претендентів в IT-команди дозволяє контролювати порядок зарахування фахівців (в першу чергу з пріоритетними показниками), здійснювати моніторинг підвищення кваліфікації фахівців. Модель дозволяє обґрунтувати управлінські рішення щодо кількісного кадрового складу команд з метою мінімізації часу на формування замовлень HR-менеджерів та підвищення ефективності роботи аутсорсингового підприємства.

**Висновки.** В дослідженні одержано подальший розвиток обґрунтування напрямів удосконалення принципів управління кадрами на IT-ринку праці з точки зору ефективного використання робочої сили.

Проведені дослідження показали, що вимоги щодо відбору кадрів на ринку IT-технологій мають свою специфіку, яка пов'язана з умовами ринку, що швидко змінюються, та вимогами до знань фахівців. Це створює додаткові складнощі при підборі якісних кадрів та актуалізує науковий підхід до вирішення управлінських завдань.

Наукова новизна результатів дослідження полягає в розробці економіко-математичного інструментарію для оптимального управління кадрами з урахуванням специфіки діяльності IT-компаній. Авторами розроблено евристичну модель, яка складається з:

- якісна модель оцінки відповідності претендентів наявним вакансіям (5)-(16) ;
- кількісна модель формування IT-команди за вимогами компаній-замовників (17)-(29).

Розроблена економіко-математична модель управління кадрами на IT-ринку праці базується на процедурі поетапного відбору складу команди за висунутими замовником вимогами та критеріями. Результатом першої (якісної) моделі є створення списку претендентів, з яких можуть бути сформовані IT-команди, які відповідають потребам підприємств-замовників. Результатом другої (кількісної) моделі є уточнення списку претендентів, тобто формування кількісного складу IT-команд. Використання розробленої моделі дозволяє контролювати порядок зарахування фахівців в IT-команди (в першу чергу за пріоритетними показниками) та здійснювати моніторинг підвищення кваліфікації фахівців. Цільова функція моделі спрямована на оптимізацію часу, який витрачають HR-менеджери на роботу з відбору кадрів в IT-команди.

Подальший розвиток моделі можливий за рахунок створення багатокритеріальної моделі шляхом введення додаткових цільових функцій та обмежень, що залежатимуть від конкретних вимог IT-ринку труда.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Криворучко О.М., Водолажська Т.О. Управління персоналом підприємства: навч. посібник. Харків: ХНАДУ, 2016. 200 с.
2. Bertchel O. Personal-Management. Stuttgart, 2003. P. 544.
3. Приймак В.І. Регіональні ринки праці України: трансформація та механізми регулювання: монографія. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2003. 264 с.
4. Садова У., Семів Л. Регіональні ринки праці: аналіз та прогноз. Львів: ІРД НАН України, 2000. 266 с.
5. Ван Виссен Л., Попков А.Ю., Попков Е.Ю., Попков Ю.С. Модель рынка труда с энтропийным оператором (конкуренция когорт). *Экономика и математические методы*. 2004. Т. 40, № 2. С. 99–112.

6. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: учебник для вузов 3-е вид., перераб. и доп. Москва: Высш. шк., 2001. 343 с.
7. Вітлінський В.В., Терещенко Т.О., Савіна С.С. Економіко-математичні методи та моделі: оптимізація: навч. посіб. Київ: КНЕУ, 2016. 303 с.
8. Івченко І.Ю. Математичне програмування. Київ: ЦУЛ, 2007. 232 с.
9. Наконечний С.І., Савіна С.С. Математичне програмування: навч. посіб. Київ: КНЕУ, 2003. 452 с.
10. Соколовська З.М., Андрієнко В. М., Івченко І. Ю., Клепікова О. А., Яценко Н. В. Математичне та комп'ютерне моделювання економічних процесів: Монографія. Одеса: Астропринт, 2016. 308 с.
11. Алтухов А.Е. Методы построения функции спроса на трудовые ресурсы. *Економічна кібернетика*. 2003. № 5-6 (23-24). С. 83–90.
12. Шарапов О.Д., Дербенцев В.Д., Семьонов Д.Е. Економічна кібернетика: навч. посіб. Київ: КНЕУ, 2004. 231 с.
13. Zyryanov V., Keridi P., Guseynov R. Traffic modeling of networklevel system for large event. 16th ITS World Congress. Stockholm, 2009. 180 p.
14. Бауэрсокс Д.Дж., Клосс Д.Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок, пер.с англ. Москва: Олимп-Бизнес, 2001. 640 с.
15. Фоменко А.А. Эффективность применения логистического подхода в системе управления трудовыми ресурсами. *Проблемы современной экономики*. 2005. № 1(13).

*Стаття надійшла до редакції 25.09.2021*

*Стаття рекомендована до друку 22.11.2021*

#### REFERENCES

1. Krivoruchko, O. M., Vodolazhka, T. O. (2016). Management of the personnel of the enterprise: navch. Posibnik. Kharkiv: KHNADU. (in Ukrainian)
2. Bertchel, O. (2003). Personal-Management. Stuttgart.
3. Priymak, V. I. (2003). Regional Markets of Ukraine's Pratsi: Transformation and Mechanisms of Regulation. Lviv: Vidavnychy Center of Lviv National University imeni Ivana Franka. (in Ukrainian)
4. Sadova, U., Semiv, L. (2000). Regional markets of practice: analysis and forecast. Lviv: IPД NAS of Ukraine. (in Ukrainian).
5. Van Wissen, L., Popkov, A. Yu., Popkov, E. Yu., Popkov, Yu. S. (2004). Labor market model with entropy operator (competition of cohorts). *Economics and Mathematical Methods*, 40(2), 99-112. (in Russian)
6. Sovetov, B. Ya., Yakovlev, S. A. (2001). Modeling of systems: Textbook for universities 3rd type., rev. and add. Moscow: Higher. shk. (in Russian)
7. Vitlinsky, V. V., Tereshchenko T.O., Savina S.S. (2016). Economic-mathematical methods and models: optimization. Kyiv: KNEU. (in Ukrainian)
8. Ivchenko, I. Yu. (2007). Mathematical Programming. Kyiv: TSUL. (in Ukrainian)
9. Nakonechny, S. I., Savina, S. S. (2003). Mathematical program. Kyiv: KNEU. (in Ukrainian)
10. Sokolovska, Z. M., Andrynko, V. M., Ivchenko, I. Yu., Klepikova, O. A., Yatsenko, N. V. (2016). Mathematical computer modeling of economic processes. Odessa: Astroprint. (in Ukrainian)
11. Altukhov, A. E. (2003). Methods of building the demand function for labor resources. *Economic Cybernetics*, 5-6 (23-24), 83-90. (in Russian)
12. Sharapov, O. D., Derbentsev, V. D., Semionov, D. E. (2004). Economic cybernetics. Kyiv: KNEU. (in Ukrainian).
13. Zyryanov, V., Keridi, P., Guseynov, R. (2009). Traffic modeling of network level system for large event. 16th ITS World Congress. Stockholm.
14. Bowersox, D. J., Kloss, D. J. (2001). Logistics: an integrated supply chain. Moscow: Olimp-Business. (in Russian)
15. Fomenko, A. V. (2005). The effectiveness of the application of the logistic approach in the system of labor resources management. *Problems of modern economics*, 1(13). (in Russian)

*The article was received by the editors 25.09.2021*

*The article is recommended for printing 22.11.2021*

**I. IVCHENKO**, Ph.D. (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics and Information Technologies, Odessa Polytechnic State University

1 Shevchenko Av., Odessa, 65044, Ukraine

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1977-0342>, e-mail: [ivchenkoira@gmail.com](mailto:ivchenkoira@gmail.com)

**L. LINGUR**, Ph.D. (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics and Information Technologies, Odessa Polytechnic State University

1 Shevchenko Av., Odessa, 65044, Ukraine

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0730-2381>, e-mail: [lingurl@ukr.net](mailto:lingurl@ukr.net)

**T. FILATOVA**, Senior Lecturer of the Department of Economic Cybernetics and Information Technologies, Odessa Polytechnic State University

1 Shevchenko Av., Odessa, 65044, Ukraine

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9373-4756>, e-mail: [filatova.321@gmail.com](mailto:filatova.321@gmail.com)

## HUMAN RESOURCES MANAGEMENT SIMULATION IN THE IT-LABOR MARKET

The article developed a mathematical model of personnel management, taking into account the specifics of the activities of IT companies. The relevance of this study is due to the fact that the tasks of personnel management are subjective. This creates certain difficulties when choosing a mathematical apparatus for building a model for the effective distribution of specialists on projects in IT companies. The purpose of the research is to study modern methods and models of personnel management and develop a mathematical model for the selection of specialists with the necessary qualifications for an IT team. The article sets the following tasks: to analyze the theoretical and methodological foundations of economic and mathematical modeling of personnel management; to develop a personnel management model in the IT labor market. The authors describe the features of the activities of recruiting specialists in IT companies. The essence of the methods of personnel management in the IT labor market is analyzed. The specificity of the work of HR-managers (human resource managers) in outsourcing and outstaffing IT companies is considered. The use of a systematic approach to personnel management is proposed, in which an IT enterprise is considered as a subsystem of an economic system of the "fragment-aspect" type. The economic and mathematical model for recruiting specialists in an IT team, developed in the article, includes two components: "Model for the formation of the qualitative composition of IT personnel" and "Model for the formation of the quantitative composition of IT personnel". Forming an effective IT team requires a certain number of specialists with professional skills and universal competencies. The constraint conditions of the model describe the qualitative characteristics of applicants, such as profession, qualifications, hard skills and soft skills of candidates, and quantitative requirements. The model is built on the basis of heuristic methods for managing socio-economic systems and allows you to form a step-by-step list of applicants for vacancies in an IT team, taking into account the professional and personal qualities of specialists and the stated requirements for them from employers. The objective function is to minimize the total time spent by HR managers to form an effective IT team, taking into account the needs of customers. The result of the model's work is the formation of a list of candidates that should be recommended for concluding an agreement with customers.

**Keywords:** economic-mathematical model, personnel management, IT company, IT-labor market, expert assessments, heuristic methods.

*JEL Classification:* C02, C44, C51, J44.

**И. Ю. ИВЧЕНКО**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической кибернетики и информационных технологий, Государственный университет «Одесская политехника»

пр. Шевченко, 1, г. Одесса, 65044, Украина

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1977-0342>, e-mail: [ivchenkoira@gmail.com](mailto:ivchenkoira@gmail.com)

**Л. М. ЛИНГУР**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической кибернетики и информационных технологий, Государственный университет «Одесская политехника»

пр. Шевченко, 1, г. Одесса, 65044, Украина

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0730-2381>, e-mail: [lingurl@ukr.net](mailto:lingurl@ukr.net)

**Т. В. ФИЛАТОВА**, старший преподаватель кафедры экономической кибернетики и информационных технологий, Государственный университет «Одесская политехника»

пр. Шевченко, 1, г. Одесса, 65044, Украина

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9373-4756>, e-mail: [filatova.321@gmail.com](mailto:filatova.321@gmail.com)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ КАДРАМИ НА ИТ-РЫНКЕ ТРУДА

В статье разработана математическая модель управления кадрами с учетом специфики деятельности ИТ-компаний. Актуальность этого исследования обусловлена тем, что задачи управления персоналом носят субъективный характер. Это создает определенные сложности при выборе

математического аппарата для построения модели эффективного распределения специалистов по проектам в ИТ-компаниях. Цель исследования состоит в изучении современных методов и моделей управления кадрами и разработке математической модели подбора специалистов необходимой квалификации в ИТ-команды. В статье поставлены следующие задачи: проанализировать теоретические и методологические основы экономико-математического моделирования управления кадрами; разработать модель управления кадрами на ИТ-рынке труда. Авторами описаны особенности деятельности рекрутинговых специалистов в ИТ-компаниях. Проанализирована сущность методов управления кадрами на ИТ-рынке труда. Рассмотрена специфика работы HR-менеджеров (менеджеров по управлению человеческими ресурсами) в аутсорсинговых и аутстафинговых ИТ-компаниях. Предложено использование системного подхода к управлению кадрами, при котором ИТ-предприятие рассматривается как подсистема экономической системы типа «фрагмент-аспект». Экономико-математическая модель подбора специалистов в ИТ-команде, разработанная в статье, включает две составляющие: «Модель формирования качественного состава ИТ-персонала» и «Модель формирования количественного состава ИТ-персонала». Для формирования эффективной ИТ-команды требуется определенное количество специалистов, обладающих профессиональными навыками и универсальными компетенциями. Условия-ограничения модели описывают качественные характеристики претендентов, такие как профессия, квалификация, hard skills и soft skills кандидатов, так и количественные требования. Модель построена на основе эвристических методов управления социально-экономическими системами и позволяет формировать поэтапно список претендентов на вакансии в ИТ-команде с учетом профессиональных и личностных качеств специалистов и заявленных требований к ним от работодателей. Целевая функция – минимизация суммарных затрат времени HR-менеджеров на формирование эффективной ИТ-команды с учетом потребностей заказчиков. Результатом работы модели является формирование списка кандидатов, которые должны быть рекомендованы для заключения договора с заказчиками.

**Ключевые слова:** экономико-математическая модель, управление кадрами, ИТ-компания, ИТ-рынок труда, экспертные оценки, эвристические методы.

*JEL Classification:* C02, C44, C51, J44.

---

**Як цитувати:** Івченко, І. Ю., Лінгур, Л. М., & Філатова, Т. В. (2021). Моделювання управління кадрами на ІТ-ринку праці. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Економічна»*, (101), 101-112. <https://doi.org/10.26565/2311-2379-2021-101-10>.

**In cites:** Ivchenko, I., Lingur, L., Filatova, T. (2021). Human resources management simulation in the IT-labor market. *Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University Economic Series*, (101), 101-112. <https://doi.org/10.26565/2311-2379-2021-101-10>. (in Ukrainian)

---