

В.А. КУЧИНСЬКИЙ, С.М. ПОГОРЄЛОВ
ВИКОРИСТАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ ЕФЕКТИВНИХ РІШЕНЬ В СФЕРІ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ

Визначено роль використання економіко-математичних моделей для прийняття ефективних управлінських рішень як в процесі управління соціально-економічними системами в цілому, так і у сфері управління персоналом. Розглядається моделювання як основний специфічний метод науки, що застосовується для аналізу та синтезу систем управління, а також особливий пізнавальний спосіб, коли суб'єкт дослідження замість безпосереднього досліджуваного об'єкта пізнання обирає чи створює подібний до нього допоміжний об'єкт – образ чи модель, досліджує його, а отримані нові знання переносить на об'єкт оригінал. Економіко-математичні моделі дозволяють об'єднати складні, а іноді й нечітко визначені фактори, пов'язані з проблемою прийняття рішень, у логічно чітку схему, яку можна детально проаналізувати. Такий аналіз дозволяє одержати й оцінити альтернативні можливості функціонування економічної системи та передбачити наслідки управлінських рішень. З метою забезпечення ефективності процесів управління персоналом на основі використання економіко-математичних моделей для прийняття управлінських рішень були визначені: класифікація економіко-математичних моделей за призначенням і метою застосування, оптимізаційний характер більшості економіко-математичних моделей, процедуру побудови моделі та підготовку управлінського рішення на основі економіко-математичних методів, узагальнений вигляд задачі економіко-математичного програмування та типові управлінські задачі з управління персоналом, що розв'язуються з допомогою економіко-математичних моделей.

Ключові слова: моделювання; бізнес-процеси; економіко-математичні моделі; управління персоналом; оптимізація; ефективність

V.A. KUCHYNSKYI, S.M. POHORIELOV
USE OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELS TO MAKE EFFECTIVE DECISIONS IN THE FIELD OF HUMAN RESOURCE MANAGEMENT

The role of using economic-mathematical models for making effective management decisions both in the process of managing socio-economic systems as a whole and in the field of personnel management is defined. Modeling is considered as the main specific method of science, which is used for the analysis and synthesis of control systems, as well as a special cognitive method, when the research subject instead of the directly studied object of knowledge chooses or creates an auxiliary object similar to it - an image or model, examines it, and transfers the acquired new knowledge to the original object. Economic-mathematical models allow combining complex and sometimes vaguely defined factors related to a decision-making problem into a logically clear scheme that can be analyzed in detail. Such an analysis allows obtaining and evaluating alternative possibilities for the functioning of the economic system and predicting the consequences of management decisions. In order to ensure the effectiveness of personnel management processes based on the use of economic-mathematical models for management decision-making, the following were defined: classification of economic-mathematical models by purpose and purpose of application, optimization nature of most economic-mathematical models, model building procedure and preparation of a management decision based on economic-mathematical methods, a generalized view of the problem of economic-mathematical programming and typical managerial problems of personnel management, which are solved with the help of economic-mathematical models.

Keywords: modeling; business processes; economic and mathematical models; HR; optimization; efficiency

Вступ. Сучасна економічна наука у своїх дослідженнях широко використовує наявний інструментарій математичних методів для формалізованого опису існуючих стійких кількісних характеристик та закономірностей розвитку соціально-економічних систем. Під соціально-економічною системою розуміємо складну імовірнісну динамічну систему, яка містить певні бізнес-процеси. Її відносять до класу кібернетичних, тобто керованих систем [1, с. 8].

У ринкових умовах господарювання економіко-математичні методи стають важливим інструментом отримання більш глибоких і повних знань про кількісні та якісні сторони економічного механізму тих чи інших процесів і явищ при прийнятті управлінських рішень [1, с. 12].

У ринкових умовах не можна сподіватися на те, що все буде добре, тому що так бажає особа яка приймає рішення. Управлінські рішення необхідно приймати не інтуїтивно, а на підставі всебічного статистичного аналізу та математичних розрахунків. І не випадково, саме в наш час, відзначається посилений інтерес до використання математичних методів у дослідженнях. Замість того, щоб навчатися на помилках в реальних умовах, аналітики віддають перевагу роботі це з допомогою економіко-математичних моделей.

Аналіз стану питання. Економіка як наука про об'єктивні причини розвитку суспільства ще з ранніх часів у своїх діяльності користується різноманітними кількісними характеристиками, і тому вона акумулювала в собі велике число математичних методів. Більш того, активність економічних досліджень стає рушійною силою для математиків у подальшому розвитку математичного інструментарію. Сьогодні в економічній науці на перший план ставиться математична модель як дієвий інструмент дослідження та прогнозування розвитку економічних процесів і явищ [1, с. 3].

Завдяки використанню економіко-математичних моделей в управлінні бізнес-процесами підвищується ефективність їх аналізу та оптимізації, прискорюється і підвищується точність прогнозування їх розвитку, полегшується процес обґрунтування прийняття ефективних управлінських рішень стосовно кожного з них.

Моделювання є важливим компонентом процесу управління соціально-економічними системами в цілому, а також управлінні персоналом.

У цих умовах важливою складовою підвищення економічної ефективності прийняття управлінських рішень в сфері управління персоналом є використання економіко-математичних моделей.

Аналіз основних досягнень і літератури. Питання використання економіко-математичних моделей для

прийняття ефективних управлінських рішень досліджували багато вчених, зокрема Івашук О.Т. [1], Юрчук Н.П. [2], Мочаліна З.М. [3], Петруня Ю.С. [4], Говоруха В.Б. [4], Літовченко Б.В. [4], Грабовецкий Б.С. [5], Вітлінський В.В. [6], Мацкул В.М. [7] та інші. Ними розкрито окремі аспекти використання економіко-математичних моделей для розвитку підвищення економічної ефективності соціально-економічних систем в сучасних умовах.

Разом з тим, питання використання економіко-математичних моделей для прийняття ефективних управлінських рішень в сфері управління персоналом у науковій літературі висвітлені недостатньо. Зазначене й зумовило вибір теми даного дослідження.

Мета дослідження. Метою статті є висвітлення особливостей використання економіко-математичних моделей для прийняття ефективних рішень в сфері управління персоналом.

Викладення основного матеріалу дослідження.

Моделювання – це основний специфічний метод науки, що застосовується для аналізу та синтезу систем управління, а також особливий пізнавальний спосіб, коли суб'єкт дослідження замість безпосереднього досліджуваного об'єкта пізнання обирає чи створює подібний до нього допоміжний об'єкт – образ чи модель, досліджує його, а отримані нові знання переносить на об'єкт оригінал. Завдяки активній ролі суб'єкта сам процес моделювання має творчий, активний характер [2, с. 29].

Основою моделювання є необхідність відносного спрощення реальної життєвої ситуації або події, разом з тим це спрощення не повинне порушувати основних закономірностей функціонування системи, яка вивчається. Моделюванням називається створення деякого образу з оригіналу, названого моделлю, що у певних умовах може замінити сам об'єкт-оригінал, відтворюючи властивості, які цікавлять дослідника і характеристики оригіналу, одночасно забезпечуючи наочність, видимість, можливість випробування, легкість оперування та інші переваги [3, с. 32].

Модель – це умовне зображення об'єкта, що відображає його найістотніші характеристики, які необхідні для проведення дослідження. Математичну модель можна розробляти стосовно конкретного об'єкта в цілому або окремих його складових елементів. З її допомогою можна відображати або існуючі властивості, функції певних явищ та процесів, або їх розвиток на перспективу. Виділяють статичні (модель прив'язується до певного проміжку часу) і динамічні (з'ясується зв'язок між показниками різних періодів) моделі [2, с. 29].

Модель має цільовий характер, тобто вона відображає не сам по собі оригінал, а формується, виходячи з поставленої мети відображення цілком конкретних властивостей об'єкта моделювання [3, с. 33].

Існує ряд причин, котрі зумовлюють використання моделі [4, с. 45]:

- складність реальних об'єктів управління (існує велика кількість факторів, що впливають на процеси в системі та їх динамічність);

- неможливість експериментування (є чимало управлінських ситуацій, коли потрібно прийняти рішення, але не можна поставити експеримент);

- орієнтація управління на майбутнє (неможливо спостерігати й безпосередньо досліджувати явище, що не обов'язково відбудеться).

Процес моделювання включає три системоутворювальні елементи [2, с. 29]:

- суб'єкт дослідження (системний аналітик);
- об'єкт дослідження;
- модель, яка опосередковує відносини між об'єктом, який вивчається, та суб'єктом, який пізнає (системним аналітиком).

Процес побудови моделей показано на рисунку.

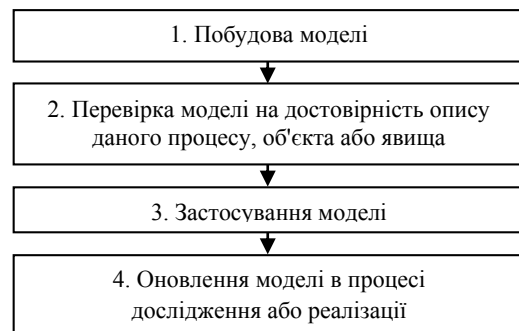


Рисунок – Процес побудови математичних моделей

Економіко-математична модель описує взаємозв'язок окремих параметрів явищ і процесів економічного життя. Задача побудови економічних моделей є не щось інше, як переклад з "мови економіки" на "мову математики". Будь-яка модель виконує в першу чергу прогностичну функцію, без якої побудова її була б недоцільною для теорії і тим більше для практичного використання [2, с. 29].

Економіко-математична модель не є дзеркальним відображенням реальної дійсності. Модель повинна відображати найбільш істотні, найбільш характерні риси, основні властивості, відношення реального життя. Найважливіша вимога до економіко-математичної моделі полягає в її можливості адекватного відображення економічних процесів. Проте потрібен компроміс між складністю моделі і можливістю її реалізації для практичного застосування [2, с. 29].

Економіко-математична модель має відповідати певним вимогам [5]:

- формується на основі положень економічної теорії;

- адекватно відображати реальну економічну дійсність;

- враховувати найбільш важливі чинники, які визначають рівень досліджуваних показників;

- відповідати встановленим критеріям;

- дозволяти отримати такі знання, які до її реалізації були невідомими;

- бути достатньо абстрактною, щоб допустити варіювання великим числом змінних, але не настільки, щоб виникли сумніви в її надійності і практичній корисності отриманих результатів;

➤ задовольняти умови, які обмежують строк розв'язування задачі;

➤ дозволяти реалізувати її існуючими засобами.

Математичне моделювання економічних процесів – вираження мовою математики основних властивостей економічних явищ і процесів у їх взаємозв'язку і функціональній залежності. Суттєвими у математичному моделюванні є кількісні характеристики економічних процесів у їх поєднанні з якісними. Математична модель повинна відображати найбільш глибокі, суттєві, причинно-наслідкові зв'язки і закономірності розвитку економічних явищ та процесів. Практичними завданнями моделювання є: аналіз економічних об'єктів і процесів; економічне прогнозування, передбачення розвитку економічних процесів; розробка управлінських рішень на всіх рівнях господарської ієрархії управління [2, с. 29].

Тобто, економіко-математичне моделювання – це опис економічних систем математичними засобами. Економіко-математична модель дозволяє об'єднати складні, а іноді й нечітко визначені фактори, пов'язані з проблемою прийняття рішень, у логічно чітку схему, яку можна детально проаналізувати. Такий аналіз дозволяє одержати й оцінити альтернативні можливості функціонування економічної системи та передбачити наслідки управлінських рішень [4, с. 45].

Розмірність та багатокомпонентність соціально-економічних систем може значно ускладнити процес відображення мети та обмежень в аналітичному вигляді. Незважаючи на велике число змінних і обмежень, які на перший погляд слід враховувати в процесі аналізу реальних ситуацій, лише невелика їх частина виявляється суттєвою для опису поведінки досліджуваних систем. Тому при виконанні процедури спрощення опису реальних систем, на основі якої буде побудована модель, насамперед необхідно ідентифікувати домінуючі змінні, параметри та обмеження [1, с. 8].

Економічним системам притаманна низка властивостей, які необхідно враховувати в їх моделюванні. Серед цих властивостей зазначимо такі [4, с. 45]:

- цілісність системи;
- динамічність економічних процесів;
- невизначеність щодо розвитку економічних явищ;
- неможливість ізолювати економічну систему від зовнішнього середовища.

Економіко-математичне моделювання є одним із ефективних методів опису функціонування складних соціально-економічних об'єктів та процесів у вигляді математичних моделей, об'єднуючи тим самим в єдине економіку та математику [1, с. 20].

У прикладних дослідженнях економічних процесів і явищ використовуються різні типи моделей, які відрізняються цільовим призначенням моделі, характером задачі, ступенем адекватності, математичним апаратом та іншим. Побудова єдиної математичної моделі функціонування будь-якої економічної системи або її складових практично не представляється можливим без розробки допоміжних моделей, тобто певного комплексу моделей. Вид і

характер економіко-математичних моделей визначається взаємозв'язками та взаємозалежностями економічних систем. Взаємозв'язки одних систем можна описати на основі лінійних рівнянь і нерівностей, других – на основі рівнянь і нерівностей більш високих порядків, третіх – на основі кореляційного аналізу, четвертих – на основі теорії ймовірності і т.д. [1, с. 20-21].

Класифікація економіко-математичних моделей за основними ознаками представлена в табл. 1.

Таблиця 1 – Класифікація економіко-математичних моделей за основними ознаками

Кваліфікаційна ознака	Види економіко-математичних моделей
1. За цільовим призначенням	теоретико-аналітичні та прикладні моделі
2. За ступенем агрегування об'єктів	макроекономічні та мікроекономічні моделі
3. За конкретним призначенням	балансові, трендові, оптимізаційні, імітаційні моделі
4. За типом інформації, використаної в моделі	аналітичні та ідентифіковані моделі
5. За врахуванням фактора невизначеності	детерміновані та стохастичні моделі
6. За характером математичного апарату	матричні моделі, моделі лінійного та нелінійного програмування, кореляційно-регресійні моделі, моделі теорії масового обслуговування, моделі сіткового планування та керування, моделі теорії ігор і т.п.
7. За типом підходу до систем, які досліджуються	дескриптивні (описові) моделі (наприклад, балансові та трендові моделі) та нормативні моделі (оптимізаційні та моделі рівня життя)
8. За структурою моделей та характером їх складових	одно- та багатofакторні моделі, статичні та динамічні моделі, моделі простої та складної структури
9. За часовими характеристиками	довготермінові, середньотермінові та короткотермінові моделі

При економіко-математичному моделюванні часто виникає ситуація, коли досліджувана економічна система має занадто складну структуру, не розроблені математичні методи, схеми, які б охоплювали всі основні особливості та зв'язки цієї системи. Такою економічною системою, наприклад, є економіка підприємства в цілому, у її динаміці, розвитку. Виникає необхідність спрощення досліджуваного

об'єкта, виключення та аналізу деяких його другорядних особливостей для того, щоб підвести цю спрощену систему під клас уже відомих структур, які піддаються математичному опису та аналізу. При цьому ступінь спрощення повинна бути такою, щоб всі істотні для даного економічного об'єкта риси відповідно до мети дослідження були включені в модель [2, с. 29].

Класифікація економіко-математичних моделей за призначенням і метою застосування представлена в табл. 2.

Таблиця 2 – Класифікація економіко-математичних моделей за призначенням і метою застосування

Тип моделей	Призначення, мета застосування
Балансові	Економічні розрахунки, засновані на принципі балансу наявності, надходження/виробництва та вибуття/витрати різних видів ресурсів: матеріальних, енергетичних, машинних, грошових та ін.
Трендові	Прогнозування розвитку економічної системи, що моделюється, на основі трендів (тривалих тенденцій зміни) її основних показників
Оптимізаційні	Вибір найкращого з наявних варіантів виробництва, розподілу чи споживання продукції, розміщення об'єктів інфраструктури, маршрутів руху тощо.
Статистичні	Вивчення взаємозв'язків виробничо-економічних показників моделі, що моделюється в умовах впливу випадкових факторів: кореляційно-регресійний аналіз, факторний аналіз, аналіз чутливості тощо.
Імітаційні	Імітація (як правило, на ЕОМ) процесу функціонування об'єкта, що вивчається, в часі

Важливою характеристикою раціонального управління бізнесом та його складниками є оптимальність, тобто вибір із множини можливих варіантів економічного розвитку такого, який дає можливість найефективніше використовувати наявні виробничі, фінансові та інші ресурси.

З позиції оптимального планування та управління, підприємство або структурний підрозділ розглядається як система, в якій комплексно відображаються технологічні, економічні та організаційні взаємозв'язки керованого об'єкта, а також його складників. Завдання оптимального планування – найбільш ефективне використання виробничих, фінансових та інших ресурсів при дотриманні певних обмежень і вимог.

Концепція оптимального управління народним господарством бере свій початок у наукових працях академіків Л.В. Канторовича, В.В. Новожилова, В.С. Немчинова та інших. За висловом Л.В. Канторовича, оптимальний розрахунок – це третя компонента, яка дає можливість отримати додатковий ефект при тих самих ресурсах, але за короткий час. Таким чином, оптимальний – це такий план, який забезпечує виконання окремої виробничої програми при мінімальних виробничих витратах або максимальний виробничий ефект при заданому обсязі ресурсів [1, с. 12-13].

З оптимальним планом безпосередньо взаємодіє поняття економіко-математичної моделі, яка є концентрованим виразом існуючих взаємозв'язків і законмірностей процесу функціонування економічної системи в математичній формі і складається із сукупності пов'язаних між собою математичних залежностей у вигляді формул, рівнянь, нерівностей, логічних умов та факторних величин, всі або частина яких має економічний зміст [1, с. 13].

Економіко-математичні моделі, в основному оптимізаційні, базуються на гіпотезі про те, що людина діє раціонально (оптимально), якщо вона аналізує всі варіанти дій та вибирає найкращий з них, здійснюючи це холоднокровно навіть в умовах стресових ситуацій. Передбачається, що на його рішення негативного не впливають ні емоційні процеси, ні принципи і забобони, що догматично розуміються. Класичні оптимізаційні моделі прийняття рішень побудовані таким чином, щоб можна було використати математичний алгоритм та отримати оптимальну практичну рекомендацію.

Недоліки економіко-математичних моделей полягають у вимушеному спрощенні дійсності, оскільки визначення параметрів моделі має бути орієнтоване на забезпечення можливості вироблення рішень. Отримані у такий спосіб рекомендації можуть бути неточними і втрачати практичну цінність. Водночас оптимізаційні моделі мають значні переваги:

- не допускають логічних помилок;
- не містять нічого зайвого та зводять проблему до її суті;
- сприяють вираженню основних взаємозв'язків та засобів.

Використання економіко-математичних моделей для прийняття ефективних управлінських рішень, відбувається з врахуванням особливостей функціонування систем, для яких вони застосовуються. Будь-яка соціально-економічна система динамічно розвивається і має наступні характеристики:

- є кінцева мета функціонування системи;
- існують кілька способів досягнення мети, що допускають кількісне зіставлення результатів;
- ресурси, необхідні для функціонування системи, обмежені, а ефективність їх використання за напрямками різна;
- функціонування системи можливе за різних комбінаціях ресурсів;
- існує критерій оцінки можливих шляхів досягнення цілей.

Усі названі чинники зумовлюють наявність найкращого варіанта досягнення поставленої мети, тобто найкращого поєднання наявних ресурсів, необхідних для

її реалізації. Звідси процес прийняття рішень у системі «людина – людина» і «людина – машина» завжди пов'язані з пошуком найкращого рішення і можна описати функцією з обмеженнями, які є допустимі при пошуку найкращої альтернативи. Тим самим процес прийняття рішення зводиться до знаходження екстремального значення функції, у якому це значення досягається. Знаходження такої функції називається оптимізацією, а знайдене рішення оптимальним.

Існування оптимального рішення є властивістю будь-якої системи. Для соціально-економічних систем це має особливе значення, бо в умовах обмеженості ресурсів пошук найкращого управлінського рішення пов'язаний з економією тих ресурсів, які можуть бути використані для підвищення ефективності функціонування системи і тим самим для найкращого досягнення цілей.

Однією з основних і найважчих питань теорії прийняття оптимальних рішень є опис умов, які мають бути виконані, щоб рішення було оптимальним, тобто формулювання постулатів, що стосуються оптимальності, і тому званих постулатами оптимальності. Найбільше визнання одержали два наступні постулати оптимальності:

➤ постулат послідовності, який свідчить, що для прийняття оптимального рішення слід упорядкувати сукупність альтернатив, яким віддають перевагу особи, які приймають рішення;

➤ постулат максимізації, який стверджує, що остаточною умовою раціонального рішення є використання максимізації, тобто вибір особи, яка приймає рішення, такої дії, яка максимізує цільову функцію, або прийняття тієї альтернативи, яка у певному сенсі є для нього найкращою у послідовності кроків до максимізації.

Постулат, який передбачає вибір дій, кращих з погляду реалізації цілей цієї особистості, узгоджується з інтуїтивним розумінням раціональності.

Слід виділити три найважливіші моменти, які враховуються під час побудови будь-яких моделей управлінських рішень:

1. Моделі прийняття рішень можуть лише обмежено відображати дійсність, причому не стільки через брак даних чи недосконалість теорій, скільки через величезну різноманітність явищ і зв'язків реальної дійсності.

2. Моделі повинні враховувати об'єктивні обмеження можливостей особи, яка приймає рішення, у широкому колі інтелектуальних завдань, насамперед під час виконання складних операцій із перетворення отриманої інформації.

3. Моделі повинні враховувати особистісні особливості особи, яка приймає рішення.

Стосовно стратегічних рішень ці моделі грають переважно обмежену роль. Точніше, вони необхідні тих етапах, де перевіряється можлива здійсненність знайдених рішень. Стосовно тактичних рішень та добре структурованих проблем економіко-математичні моделі мають вирішальне значення для вибору найкращого рішення.

Практичні завдання економіко-математичного моделювання містять: аналіз економічних об'єктів і процесів; прогнозування розвитку економічних процесів;

прийняття управлінських рішень на всіх рівнях ієрархії управління.

Процедуру побудови моделі та підготовку управлінського рішення на основі економіко-математичних методів можна представити з допомогою ряду взаємозв'язаних етапів [1, с. 28-30]:

1. Постановка задачі та формулювання мети дослідження.

Описуваному етапу передують виникнення проблемних ситуацій, усвідомлення яких призводить до необхідності їх узагальнення або вирішення для майбутнього досягнення певного ефекту (корисності).

Основа етапу складає комплексний аналіз функціонування об'єкта дослідження, виявлення його проблемних місць. Далі йде опис найбільш характерних властивостей об'єкта, вивчення його структури та взаємозв'язків. Тут важливим моментом є формулювання гіпотез щодо поведінки та розвитку об'єкта.

Завершується досліджуваний етап описом поставлених завдань у вигляді задачі та сформульованої мети дослідження з допомогою критерію чи критеріїв ефективності.

2. Побудова концептуальної (формалізованої) моделі.

Базовою основою для побудови моделі об'єкта є його концептуальна модель. Під концептуальною моделлю об'єкта розуміємо сукупність якісних залежностей критеріїв оптимальності і різного роду обмежень від факторів, суттєвих для адекватного відображення функціональних характеристик об'єкта. На другому етапі відбувається формалізація існуючої економічної проблеми, яка полягає у вираженні її з допомогою математичної символіки через відповідні залежності та відношення. Як результат, на завершення етапу отримуємо математичну задачу, яка має цільову функцію та відповідну систему обмежень.

Концептуальна модель відображає основні елементи:

➤ умови функціонування об'єкта, визначені характером взаємодії між об'єктом і його оточенням, а також між елементами об'єкта;

➤ мету дослідження об'єкта та напрямок покращення його функціонування;

➤ можливості керування об'єктом, визначення складу керованих змінних об'єкта.

У процесі формулювання концептуальної моделі об'єкта можуть виникати такі проблеми:

➤ побудова спрощеного і в той же час адекватного поставленій меті дослідження сценарію функціонування об'єкта;

➤ формулювання та уточнення мети дослідження;

➤ формалізація мети в критерії оптимальності;

➤ формалізація зовнішніх та внутрішніх обмежень;

➤ вибір факторів, які описують об'єкт і його оточення, котрі повинні бути враховані при дослідженні і, відповідно, включені в математичну модель;

➤ класифікація факторів і вибір серед них в першу чергу керованих змінних.

Побудова концептуальної моделі є важливим етапом моделювання, оскільки він визначає напрямки, цілі та область дослідження. Завершальним кроком побудови концептуальної моделі є оцінка в майбутньому її адекватності моделюючій ситуації.

3. Формування інформаційної бази моделі.

Третій етап є найбільш трудомістким, оскільки він представляє собою не тільки простий статистичний збір інформації. Тут висуваються досить високі вимоги до якості та достовірності підготовленої інформації.

При формуванні інформаційного забезпечення використовується математичний інструментарій теорії ймовірностей, економетричного моделювання. Тут має місце неперервність процесу формування необхідної інформації, який полягає в тому, що вихідні параметри однієї моделі можуть служити вхідними показниками для іншої.

4. Побудова числової економіко-математичної моделі.

На даному етапі на основі концептуальної моделі здійснюється формування числової математичної моделі об'єкта. Головна проблема етапу – визначення кількісних математичних співвідношень, які формалізують якісні залежності концептуальної моделі. Навіть за наявності повністю розробленого сценарію ці співвідношення можуть бути неочевидними. У зв'язку з цим часто виникає необхідність у виконанні проміжного етапу між побудовою концептуальної і математичної моделей об'єкта, тобто перетворення сценарію в алгоритм, який моделює взаємодію елементів між собою та оточенням в динаміці.

Для реалізації математичної моделі на персональних комп'ютерах вона має бути представлена в числовій формі, тобто задані числові значення констант, границі зміни невизначених факторів та керованих змінних, закони розподілу випадкових величин. Завершальним кроком формування математичної моделі є оцінка її адекватності стосовно до концептуальної моделі.

5. Числове розв'язання задачі.

Етап дослідження числової математичної моделі розпочинається з її аналізу (відношення до певного класу моделей), вибору відповідного методу її розв'язання та програмного забезпечення. Головна проблема цього етапу – розробка алгоритму оптимального або найкращого в заданих умовах розв'язання певної задачі.

Враховуючи вид числової економіко-математичної моделі, приймаються відповідні рішення стосовно подальших дій. Якщо отримана модель задачі має стандартний вид, для неї існують відомі алгоритми, а також програмні продукти знаходження розв'язків, то тут відбувається все дуже просто. В протилежному випадку доводиться розробляти алгоритм розв'язання та формувати відповідне програмне забезпечення. Отримані числові розв'язки далі піддаються суттєвому кількісному аналізу.

6. Аналіз числових результатів і прийняття рішень.

На цьому етапі вирішується важливе питання відносно правильності та повноти результатів моделювання, і, як результат, розробляються рекомендації для практичного використання при прийнятті вигідних рішень або для удосконалення моделі.

Завершальним кроком процедури побудови економіко-математичної моделі є оцінка точності одержаних розрахунків та вироблення на їх основі ефективних прикладних рішень.

Ефективність прийняття рішень у великій мірі залежить від рівня досягнутої мети дослідження, яка в свою чергу визначається цільовою функцією.

У загальному вигляді задача економіко-математичного програмування формулюється так: знайти такі значення змінних $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$, щоб функція $z=f(X)$ набувала екстремального (максимального чи мінімального) значення за умов $X \in D$, де D – множина допустимих значень.

Функцію $z=f(X)$, аргументами якої є прийняті варіанти рішень, а значеннями – числа, що відбивають міру досягнення мети, називають цільовою функцією, або критерієм якості управлінського рішення.

Умови $X \in D$ називаються обмеженнями задачі. Вони описують внутрішні технологічні та економічні процеси функціонування й розвитку системи, а також процеси зовнішнього середовища, які впливають на результат діяльності системи.

Будь-який набір змінних $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$, що задовольняє обмеження задачі, утворює множину допустимих альтернативних управлінських рішень, яку називають допустимим планом, або планом. Очевидно, що кожний допустимий план є відповідною стратегією системи, програмою дій.

План X^* , за якого цільова функція набуває екстремального значення $\text{extr}_{X \in D} f(X) = f(X^*)$, називається оптимальним.

Розв'язати задачу математичного програмування означає відшукати таке з альтернативних рішень, яке було б найкращим з погляду значення цільової функції.

Постановки типових управлінських задач з управління персоналом, що розв'язуються з допомогою економіко-математичних моделей:

1. Задача планування ефективного використання персоналу.

Припустимо, що існує m категорій працівників: S_1, \dots, S_m , з яким треба виробити n видів продукції: P_1, \dots, P_n . Відомий ефективний час роботи зазначених працівників: b_1, \dots, b_m і задано вектор $C=(c_1, \dots, c_n)$, де c_j – прибуток від продажу одиниці j -го виду продукції, та матрицю $A=(a_{ij})_{m \times n}$, де a_{ij} – кількість нормованого часу i -го типу, що йде на виготовлення одиниці j -го виду продукції. Дано також верхні межі кількості випуску кожного виду продукції: d_1, \dots, d_n . Треба так організувати виготовлення продукції з наявними працівниками, щоб максимізувати прибуток від її продажу. Для математичної постановки задачі введемо змінну x_j – кількість випуску продукції j -го виду. Тоді математична модель задачі має вигляд:

$$z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max;$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, & i = \overline{1, m}; \\ 0 \leq x_j \leq d_j, & j = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (1)$$

2. Задача структурної оптимізації.

Припустимо, що для підвищення продуктивності праці певних працівників використовується n різних видів заходів, в які вкладаються кошти: P_1, \dots, P_n . Ці заходи формують m різних варіантів впливу на результативність праці працівників. Мінімальна норма

виробітку становить b_1, \dots, b_m одиниць. Задано вектор $C=(c_1, \dots, c_n)$, де c_j – вартість j -го заходу, та матрицю $A=(a_{ij})_{m \times n}$, де a_{ij} – кількість результату праці працівників i -го типу, що формуються під впливом j -го заходу. Відомі також верхні та нижні межі кількості коштів, які можна витратити на впровадження певних заходів, – відповідно d_1, \dots, d_n та d_1^0, \dots, d_n^0 . Треба так організувати витрати в заходи підвищення ефективності праці працівників, щоб мінімізувати загальні витрати і забезпечити певний результат. Для математичної постановки задачі введемо змінні x_j – кількість корму j -го виду. Тоді математична модель набуває вигляду:

$$z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min;$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i, & i = \overline{1, m}; \\ d_j^0 \leq x_j \leq d_j, & j = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (2)$$

3. Задача раціонального використання можливостей персоналу.

Припустимо, що на підприємстві існує план виробництва продукції в деякому асортименті. Нехай n_1, \dots, n_k – кількість продукції відповідного типу. Ця продукція виготовляється працівниками S_1, \dots, S_m . Час роботи кожного працівника обмежений значеннями T_1, \dots, T_m . Задані матриця $C=(c_{ij})_{m \times k}$, де c_{ij} – витрати i -го працівника під час виготовлення одиниці j -го типу продукції, та матриця $A=(a_{ij})_{m \times k}$, де a_{ij} – продуктивність праці i -го працівника при виготовленні j -го типу продукції. Треба так організувати виготовлення продукції, щоб мінімізувати сумарні витрати на виробництво її необхідного асортименту, не перевищивши час роботи кожного працівника. Для математичної постановки задачі введемо матрицю $X=(x_{ij})_{m \times k}$, де x_{ij} – час роботи i -го працівника при виготовленні одиниці j -го типу продукції. Тоді математична модель має вигляд:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min;$$

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1k} \leq T_1; \\ \dots \\ x_{m1} + x_{m2} + \dots + x_{mk} \leq T_m; \\ a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + \dots + a_{m1}x_m = n_1; \\ \dots \\ a_{1k}x_1 + a_{2k}x_2 + \dots + a_{mk}x_m = n_k; \\ x_{ij} \geq 0, & i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, k}. \end{cases} \quad (3)$$

Існує ще багато інших практичних управлінських завдань, економіко-математичні моделі яких можна сформулювати у вигляді задач математичного програмування. Усі ці задачі можна певною мірою вважати типовими, навіть класичними. Тому вони часто використовуються для розробки управлінських рішень.

Висновки. В результаті проведеного дослідження було виконане наступне:

1. Визначено роль використання економіко-математичних моделей для прийняття ефективних управлінських рішень як в процесі управління соціально-економічними системами в цілому, так і у сфері управління персоналом.

2. Моделювання було розглянуто як основний специфічний метод науки, що застосовується для аналізу та синтезу систем управління, а також як особливий пізнавальний спосіб, коли суб'єкт дослідження замість безпосереднього досліджуваного об'єкта пізнання обирає чи створює подібний до нього допоміжний об'єкт – образ чи модель, досліджує його, а отримані нові знання переносять на об'єкт оригінал.

3. Визначено, що економіко-математичні моделі дозволяють об'єднати складні, а іноді й нечітко визначені чинники, пов'язані з проблемою прийняття управлінських рішень, у логічно чітку схему, яку можна детально проаналізувати. Такий аналіз дозволяє одержати й оцінити альтернативні можливості функціонування економічної системи та передбачити наслідки управлінських рішень.

4. З метою забезпечення ефективності процесів управління персоналом на основі використання економіко-математичних моделей для прийняття управлінських рішень були визначені:

- класифікація економіко-математичних моделей за призначенням і метою застосування;
- оптимізаційний характер більшості економіко-математичних моделей;
- процедуру побудови моделі та підготовку управлінського рішення на основі економіко-математичних методів;
- узагальнений вигляд задачі економіко-математичного програмування;
- типові управлінські задачі з управління персоналом, що розв'язуються з допомогою економіко-математичних моделей.

Список літератури

1. *Економіко-математичне моделювання: Навчальний посібник* / За ред. О. Т. Івашука. Тернопіль: ТНЕУ «Економічна думка», 2008. 704 с.
2. Юрчук Н. П. Використання економіко-математичних методів в управлінні інноваційним розвитком економічних систем // *Інвестиції: практика та досвід*. – 2015. – № 18. – С. 28-32. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ipd_2015_18_7.
3. *Навчально-методичний посібник для самостійного вивчення дисципліни „Моделі і методи прийняття рішень в аналізі та аудиті” (для студентів спеціальності „Облік і аудит”)* / Укл. З.М. Мочаліна. Харків: ХНАМГ, 2005. 182 с.
4. *Прийняття управлінських рішень: навчальний посібник* / [Петруня Ю. С., Говоруха В. Б., Літовченко Б. В. та ін.]; за ред. Ю. Є. Петруні. Дніпропетровськ : АМСУ, 2015. 189 с.
5. Грабовецкий Б.С. *Основи економічного прогнозування: Навчальний посібник*. Вінниця: ВФ ТАНГ, 2000. 209 с.
6. *Економіко-математичне моделювання: Навч. посібник* / За заг. ред. В. В. Вігліського. Київ: КНЕУ, 2008. 536 с.
7. *Економіко-математичні методи та моделі: Навчальний посібник* / За ред. В.М. Мацкул. Одеса: ОНЕУ, 2018. 404 с.
8. Погорелов С. М., Кучинський В. А. Сучасні підходи до формування виробничої програми підприємства // *Вісник НТУ «ХП»*. 2009. № 5. С. 170-176.
9. *Управління персоналом: підручник* / [В. М. Данюк, А. М. Колот, Г. С. Суков та ін.]; за заг. та наук. ред. к.е.н., проф. В. М. Данюка. – К.: КНЕУ; Краматорськ: НКМЗ, 2013. – 666 с.
10. Кучинський В.А. *Ефективність організації систем ремонтно-технічного обслуговування обладнання машинобудівних підприємств* : автореф. дис. ... канд. екон. Наук: спец. 08.00.04

- [Електронний ресурс] / В. А. Кучинський ; [наук. керівник Мехович С. А.] ; Харківський політехнічний ін-т, нац. техн. ун-т. Харків, 2009. 21 с.
11. Крамської Д.Ю., Кучинський В.А., Гуцан О.М. Методичний підхід до проведення якісного аналізу узгодженості проекту та об'єкту інвестування // *Вісник національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" (економічні науки)*. – Харків : НТУ «ХП». 2020. № 3 (2020). С. 58-66.
 12. Кучинський В. А., Гайдукова А. Д. Управління інноваційним потенціалом підприємства // *Вісник Нац. техн. ун-ту «ХП» : зб. наук. пр. Темат. вип. : Технічний прогрес та ефективність виробництва*. – Харків : НТУ «ХП». 2015. № 60 (1169). С. 17-22.

References (transliterated)

1. *Ekonomiko-matematychne modeliuвання: Navchalnyi posibnyk* [Economic and mathematical modeling: Study guide] / Za red. O. T. Ivashchuka. Ternopil: TNEU «Ekonomichna dumka», 2008. 704 p.
2. Yurchuk N. P. Vykorystannia ekonomiko-matematychnykh metodiv v upravlinni innovatsiynym rozvytkom ekonomichnykh system [The use of economic and mathematical methods in the management of innovative development of economic systems] // *Investytsii: praktyka ta dosvid*. – 2015. – № 18. – pp. 28-32. – Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ipd_2015_18_7.
3. *Navchalno-metodychnyi posibnyk dlia samostiinoho vyvchennia dysypliny „Modeli i metody pryiniattia rishen v analizi ta audyti” (dlia studentiv spetsialnosti „Oblik i audyt”)* [Educational and methodological manual for independent study of the discipline "Models and methods of decision-making in analysis and audit" (for students of the "Accounting and Audit" specialty)] / Ukl. Z.M. Mochalina Kharkiv: KhNAMH, 2005. 182 p.
4. *Pryiniattia upravlinskykh rishen: navchalnyi posibnyk* [Making managerial decisions: a study guide] / [Petrunia Yu. Ye., Hovorukha V. B., Litovchenko B. V. ta in.] ; za red. Yu. Ye. Petruni. Dnipropetrovsk : AMSU, 2015. 189 p.
5. Hrabovetskyi B.Ye. *Osnovy ekonomichnoho prohozuvannia: Navchalnyi posibnyk*. [Basics of economic forecasting: Study guide.] Vinnytsia: VF TANH, 2000. 209 p.
6. *Ekonomiko-matematychne modeliuвання: Navch. Posibnyk* [Economic and mathematical modeling: Education. manual] / Za zah. red. V. V. Vitlinskoho. Kyiv: KNEU, 2008. 536 p.
7. *Ekonomiko-matematychni metody ta modeli: Navchalnyi posibnyk* [Economic and mathematical methods and models: Study guide] / Za red. V.M. Matskul. Odesa: ONEU, 2018. 404 p.
8. Pohorielov S. M., Kuchynskyi V. A. Suchasni pidkhody do formuvannia vyrobnychoi prohramy pidpriemstva [Modern approaches to the formation of the company's production program] // *Visnyk NTU «KhPI»*. 2009. № 5. pp. 170-176.
9. *Upravlinnia personalom : pidruchnyk* [Human resource management: a textbook] / [V. M. Daniuk, A. M. Kolot, H. S. Sukov ta in.] ; za zah. ta nauk. red. k.e.n., prof. V. M. Daniuka. Kyiv: KNEU; Kramatorsk : NKMZ, 2013. 666 p.
10. Kuchynskyi V.A. *Efektivnist orhanizatsii system remontno-tekhnichnoho obsluhovuvannia obladnannia mashynobudivnykh pidpriemstv* [Effectiveness of the organization of repair and maintenance systems of equipment of machine-building enterprises] : avtoref. dys. ... kand. ekon. Nauk: spets. 08.00.04 [Elektronnyi resurs] / V. A. Kuchynskyi ; [nauk. kerivnyk Mekhovych S. A.] ; Kharkivskiy politekhnichnyi in-t, nats. tekhn. un-t. Kharkiv, 2009. 21 p.
11. Kramskoi D.Yu., Kuchynskyi V.A., Hutsan O.M. *Metodychnyi pidkhid do provedennia yakisnoho analizu uzgodzhenosti proektu ta ob'ektu investuvannia* [A methodical approach to conducting a qualitative analysis of the coherence of the project and the investment object] // *Visnyk natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "Kharkivskiy politekhnichnyi instytut" (ekonomichni nauky)*. – Kharkiv : NTU «KhPI». 2020. № 3 (2020). pp. 58-66.
12. Kuchynskyi V. A., Haidukova A. D. *Upravlinnia innovatsiynym potentsialom pidpriemstva* [Management of the innovative potential of the enterprise] // *Visnyk Nats. tekhn. un-tu «KhPI» : zb. nauk. pr. Temat. vyp. : Tekhnichniy prohres ta efektyvnist vyrobnytstva*. – Kharkiv : NTU «KhPI». 2015. № 60 (1169). pp. 17-22.

Надійшла (received) 21.03.2023

Відомості про авторів / About the Authors

Кучинський Володимир Анатолійович (Kuchynskyi Volodymyr Anatoliyovych) – кандидат економічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри економіки бізнесу і міжнародних економічних відносин; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6058-3709>; e-mail: Volodymyr.Kuchynskyi@khp.edu.ua.

Погорелов Сергій Миколайович (Pohorielov Serhii Mykolaiovych) – кандидат економічних наук, доцент, Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри економіки бізнесу і міжнародних економічних відносин; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0868-2002>; e-mail: Serhii.Pohorielov@khp.edu.ua.