

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ЕКОНОМІЧНОГО ПРОФІЛЮ В КОНТЕКСТІ ОСВІТИ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Ковальчук Т. М., Ковальчук В. А., Максимов І. І.

ВСТУП

Важливість підготовки компетентних фахівців у контексті «освіти для сталого розвитку» підкреслюється тим, що сам термін став назвою програми Організації Об'єднаних націй, метою якої є, в першу чергу, формування справедливого суспільства за рахунок, зокрема, у сфері освіти. Автори з запропонованої тематики¹ вважають, що «освіта для сталого розвитку – це не частина й не нова форма освіти, а новий сенс ... як засобу збереження, розвитку та існування людської цивілізації» та для закладів вищої освіти² «як процес гармонізації взаємодії стейкхолдерів щодо узгодження здійснюваної освітньої та науково-дослідної діяльності...» «на основі максимально-повного розкриття творчого потенціалу всіх учасників університетської спільноти».

Вважаючи, що основою для реалізації зазначеної мети є фахова освіта, запропоновано розглянути деякі аспекти формування компетентностей здобувачів вищої освіти.

Глобальні зміни, що відбуваються у світовій економіці, вимагають від вищої освіти підготовки здобувачів з можливістю креативного, аналітичного та гнучкого мислення, вмінням застосовувати основні методи та методики для вирішення практичних задач з економіки та підприємництва. Конкурентоспроможність будь якого суб'єкта підприємницької діяльності в сучасних мінливих умовах господарювання багато в чому обумовлена невизначеністю і непередбаченістю управлінських рішень, які пов'язані з аналізом та застосуванням значних масивів статистичних даних. Успішність реалізації таких завдань полягає у перегляді відношення до змісту навчання математичних дисциплін, в залежності від важливості їх практичного використання при підготовці майбутніх фахівців. Такий підхід повинен спонукати освітян до відповідної організації навчального процесу, що надасть можливість природного поєднання математичного

¹ Коренева І. М. Феномен «Освіта для сталого розвитку»: сутність та сучасні особливості концепту. *Українська педагогічна освіта*. 2018. № 2. С. 113–122.

² Ляшенко О. М. Сталій розвиток закладів вищої освіти: локальні інформаційно-комунікативні аспекти. *Вчені записки університету «КРОК»*. 2020. № 2 (58). С. 97–102.

інструментарію для вирішення цільових завдань економічного будьякого спрямування.

Основною метою підготовки майбутніх фахівців є вміння приймати ними найкращі управлінські та організаційні рішення, які є оптимальними для даного об'єкту функціонування і в конкретний період його діяльності. Аналіз з досвіду використання оптимізаційних задач в економічній сфері показав, що воно обмежується спрощеним уявленням про сутність економіко-математичного моделювання процесів і явищ та ґрунтується переважно на кореляційних взаємозв'язках. Необхідно поширити інструментарій для вирішення актуальних задач реального виробництва за допомогою класичного підходу до процесу моделювання з використанням, у тому числі, й методу динамічного програмування.

Зважаючи на вимоги стандартів вищої освіти та освітньо-професійних програм, в яких компетентностями передбачено формування у здобувачів знань і вмінь з вирішення складних фахових завдань, необхідно спрямовувати їх підготовку на вирішення задач прикладного та інноваційного характеру. Суттєвим є системне пропедевтичне навчально-методичне поєднання вивчення певної дисципліни з вимогами до засвоєння освітніх компонент циклу професійної підготовки, що потребує їх глибокого осмислення та засвоєння, і підтверджує актуальність зазначеної проблеми.

1. Передумови виникнення та розвитку формування проблеми

Однією з проблем викладання математичних дисциплін здобувачам вищої освіти економічного профілю є скорочення аудиторних годин при збереженні повного обсягу знань за програмами навчання. Останнім часом відбувається об'єднання в одну дисципліну «Вища математика», як її окремих розділів, таких дисциплін як «Теорія ймовірностей» і «Математична статистика» із скороченням аудиторних годин і терміну викладання удвічі протягом першого року навчання. Всі ці зміни вимагають при плануванні змісту аудиторної і самостійної роботи чіткого розуміння для кожної спеціальності не тільки того, якими компетентностями повинен володіти майбутній фахівець з певного напрямку підготовки, але й змістовного наповнення базових знань.

Розбіжності у програмах підготовки здобувачів вищої освіти, зокрема спеціальностей «Економіка» і «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» майже не відрізняються за формою власності суб'єктів господарювання, їх розмірами, видами діяльності і рівнями відповідальності³. Тому звуження розуміння та трактування

³ Ковальчук В. А. Інтерпретація дефініцій сфери та виробничих баз підготовки фахівців зі спеціальності «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» у великих

компетентностей фахівців у сфері підприємницької діяльності, як банального комерсанта або тільки дрібного підприємця, є хибним нарративом і має значно більшу область розповсюдження як на малі, середні, великі, так і на надвеликі підприємства. Інша справа, коли спеціальність має також спрямування, пов'язане з торгівлею та біржовою діяльністю, тоді формулювання компетентностей набувають дещо еkleктичного характеру.

Аналіз праць з питання пропедевтики викладання математики показує, що більшість їх стосується шкільної освіти і недостатньо розроблене для вищої школи. Так, Жук І. В. вважає⁴, що із введенням компетентнісного ... формує загальну й функціональну грамотність людини, впливає на її навчальний і життєвий досвід, ставлення до себе, людей, світу». Рендюк С. П.⁵ підходу до навчання «зміст освіти виступає тим вирішальним фактором, який пропонує створювати таку методичну систему навчання, яка «забезпечувала б посилення прикладної спрямованості навчання», а Крилова Т. В. і Стеблянка П. О.⁶ підкреслюють важливість професійно орієнтованого навчання. Сосницька Н.⁷ акцентує увагу на необхідності «поєднувати планування змісту навчання з його орієнтацією на кінцеві результати, на багатофункціональну діяльність фахівців, що важливо при вузькій спрямованості навчання на розв'язання прикладних задач та завдань». Частина публікацій з цієї проблематики⁸ стосується безпосередньо викладанню окремих розділів вищої математики з метою пропедевтики інших дисциплін або розділів вищої математики. З нашої точки зору, у більшості видань не приділено достатньої уваги створенню системного підходу до засвоєння математики не тільки як необхідної складової абстрактної частини знань, але й як важливої частини для вирішення конкретних задач з виробництва, надання послуг, виконання

промислових регіонах. *Актуальні економіко-правові, соціальні та екологічні аспекти розвитку промисловості та суспільства* : всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., (Кривий Ріг, 1-31 бер. 2020 р.). Кривий Ріг, 2020. С. 80–82.

⁴ Жук І. В. Впровадження компетентнісного підходу у навчанні математиці через оновлення змісту освіти. *Актуальні проблеми теорії і методики навчання математики* : міжнар. наук.-практ. конф., (Київ, 11-13 травня 2017 р.). Київ, 2017. С. 43–44.

⁵ Рендюк С. П. Особливості викладання математичних дисциплін у вищих технічних навчальних закладах. URL: <http://nvd.luguniv.edu.ua/archiv/NN21/13rsptnz.pdf>

⁶ Крилова Т. В. Професійно-орієнтоване навчання математики в технічному вузі – першочергова задача сьогодення. *Вісник Черкаського університету*. 2008. № 127. С. 98–101.

⁷ Сосницька Н. Змістовна компонента математичної підготовки майбутніх фахівців аграрної сфери. *Наукові записки*. 2017. Ч. 1. Вип. 12. С. 38–42.

⁸ Корнійчук О. Е. Пропедевтика математичного моделювання в курсі вищої математики. *Сучасні інноваційні технології підготовки інженерних кадрів для гірничої промисловості та транспорту* : міжнар. конф., (Дніпро, 26-27 травня 2016 р.). Дніпро, 2016. С. 431–440.

робіт тощо. Створення та реалізація зазначеного системного підходу потребує відповідності керівних нормативних документів починаючи зі Стандартів вищої освіти і закінчуючи робочими навчальними програмами з відповідних дисциплін загальної й професійної підготовки.

Аналіз освітньо-професійної програми зі спеціальності «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» за рівнем освіти «бакалавр» показав, що такі дисципліни як «Економічна статистика», «Обґрунтування управлінських рішень і оцінювання ризиків», «Управління якістю, стандартизація та сертифікація»⁹ вимагають стійких знань з математичної статистики. Окремо, за важливістю результату навчання, необхідно звернути увагу до вимог виконання кваліфікаційної роботи, значна частина якої пов'язана із систематизацією, аналізом та оцінкою статистичних результатів діяльності суб'єктів господарювання.

Підготовка магістрів спеціальності 051 «Економіка» спрямована на набуття ряду компетентностей, опанування якими дозволяє досягнути інтегральної компетентності у формулюванні: «Здатність визначати та розв'язувати складні економічні задачі та проблеми, приймати відповідні аналітичні та управлінські рішення у сфері економіки або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій за невизначених умов і вимог». Зазначене вище надає можливість формулювати конкретні «професійні задачі в сфері економіки та розв'язувати їх, обираючи належні напрями і відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси»¹⁰. Для сучасного фахівця окрім постановки і визначення напрямків вирішення проблемного завдання, більш нагальною задачею є знаходження оптимально-ефективного варіанту вирішення поставленого завдання. Досягнення зазначеної мети неможливе без економіко-математичного моделювання, яке в залежності від вихідних умов і задачі оптимізації пропонує цілу низку методів реалізації завдання.

Проблемам економіко-математичного моделювання присвячено багато праць, в яких автори розглядають сутність процесу моделювання, його основні етапи, приклади практичного застосування для вирішення прикладних задач економічного спрямування тощо.

⁹ Освітньо-професійна програма «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. URL: <http://knu.edu.ua/storage/files/2/Навчання/Освітні%20>

¹⁰ Освітньо-професійна програма «Економіка» другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 051 «Економіка» галузь знань «05 Соціальні та поведінкові науки» кваліфікація магістр з економіки. URL: <https://eoup.knu.edu.ua/projects>

Так, Зеленко С. В. і Гуляницька Д. В. у статті¹¹ вважають, що «модельовання засноване на заміщенні реальних об'єктів їх аналогами, зразками та математичними моделями для кращого сприйняття, задля здійснення оцінки стану і прогнозу в господарській, фінансовій, економічній діяльності підприємства». Вони пропонують при економічних дослідженнях три основні види моделей: фізичні; аналогові; математичні, але процес модельовання вони зазвичай зводять до банального кореляційно-регресійного аналізу.

Деякі автори¹² розглядають основні моменти та процедури в організації модельовання, причини його обмеженого використання, але як і попередні автори все зводять до побудови множинних кореляційних залежностей та їх аналізу.

Хорошун В. В. та Науменко І. А.¹³ при прогнозуванні збутової логістики значну увагу приділяють математичному апарату теорії дослідження операцій, а саме ймовірнісній моделі управління запасами, моделі кількісних знижок та однопіріодній моделі, але всі вони базуються на виробничих функціях, які не враховують при побудові економіко-математичної моделі реально існуючих обмежень, що на них накладаються.

У роботі¹⁴ пропонується застосовувати зарубіжний досвід для «прогнозування платоспроможності, фінансової стійкості і окреслення майбутніх перспектив фінансової безпеки та розвитку суб'єктів господарювання» здійснювати за допомогою економіко-математичного модельовання, «спрямованого на виявлення ймовірності банкрутства». Це стосується моделей, що були розроблені Е. Альтманом ще у 1983 році, але всі вони зводяться до регресійних рівнянь, точність яких залежить від кількості факторів, які вони вміщують.

Юрчук Н. П.¹⁵ вважає, що «модель повинна відображати найбільш істотні, найбільш характерні риси, основні властивості, відношення реального життя» та «найважливіша вимога до економіко-математичної

¹¹ Зеленко С. В., Гуляницька Д. В. Економіко-математичне моделювання отриманого прибутку підприємства. *Економічні науки. Серія «Облік і фінанси»*. 2019. Вип. 16 (61). С. 72–84.

¹² Щербініна С. А., Клименко О. Г., Марочко Т. Р. Застосування економіко-математичного моделювання для аналізу діяльності промислового підприємства. URL: <http://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/6151>

¹³ Хорошун В. В., Науменко І. А. Економіко-математичні методи та моделі прогнозування збутової логістики торговельного підприємства. *Причорноморські економічні студії*. 2018. Вип. 28-2. С. 179–183.

¹⁴ Назаренко І. М. Економіко-математичне моделювання залежності фінансового стану підприємств від складових капіталу. *Економіка та держава*. 2016. № 2. С. 65–68.

¹⁵ Юрчук Н. П. Використання економіко-математичних методів в управлінні економічним розвитком інноваційних систем. *Інвестиції: практика та досвід*. 2015. № 18. С. 28–32.

моделі полягає в її можливості адекватного відображення економічних процесів», але «потрібен компроміс між складністю моделі і можливістю її реалізації для практичного застосування». Автор наводить основні методи моделювання: методи елементарної математики; методи вищої математики; методи математичної статистики; економетричні методи; методи математичного програмування; методи дослідження операцій; евристичні методи. Процес управління розглядається як «метод пошуку найкращих рішень для аналізу поведінки реальної виробничої системи без безпосереднього експериментування із самою системою».

Автори¹⁶ вирішують практичну задачу, сутність якої полягає у «визначенні оптимального обсягу випуску кожного виду виробу можливої номенклатури виробництва гірничорудних машин і механізмів при обмежених виробничих ресурсах, з урахуванням обов'язкових поставок щодо виробничих замовлень і можливості збуту даної продукції та забезпеченні максимального сумарного прибутку підприємства і необхідних умов поставки для замовника продукції». Формулювання є дуже конкретним і передбачає знання не тільки економічних процесів, але їх поєднання з технологією виробництва. Вони складають економіко-математичну модель, яка потребує економіко-технологічного обґрунтування як цільової функції (обсяги випуску у грошових одиницях), так і систему обмежень (можливості ресурсного забезпечення). Дана економіко-математична модель є найбільш простою і відноситься до лінійного програмування і має розроблені алгоритми її реалізації. Тому вона є статичною і не передбачає урахування можливих змін у економічних показниках, що були задіяні при моделюванні.

На важливість навчання моделюванню економічних процесів при підготовці майбутніх фахівців звертає увагу Гончаренко Я. В.¹⁷, який пропонує розширити коло моделей, оскільки на його думку «економічні системи ... з великими труднощами піддаються дослідженню звичайними (вербальними) теоретичними методами» і «прямий експеримент над ними неможливий» і «ціна помилок і прорахунків велика», тому «математичне (економіко-математичне) моделювання є необхідною складовою науково-технічного прогресу».

Як видно з наведеного аналізу, переважна більшість авторів не оперують поняттям економіко-математичної моделі у класичному її

¹⁶ Паршина О. А., Паршин Ю. І. Економіко-математичне моделювання виробництва гірничорудних машин крупного машинобудівного підприємства. *Економічний вісник НГУ*. 2005. № 1. С. 128–134.

¹⁷ Гончаренко Я. В. Економіко-математичні методи та моделі в системі підготовки студентів математичних та економічних спеціальностей. URL: <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/15441>

значенні як сукупністю цільової функції і системи обмежень, що на неї накладається. Окрім того, у публікаціях недостатньо уваги приділено прикладам застосування саме точних моделей та прикладам їх реалізації на основі розроблених алгоритмів і підходів лінійного, нелінійного, дробово-лінійного, динамічного та ін. методів програмування.

Отже, освітня підготовка здобувачів вищої освіти за спеціальністю «Економіка» повинна передбачати виконання всіх етапів систематизації, обробки та аналізу інформації для встановлення оптимального варіанту вирішення практичних задач економічного спрямування за допомогою економіко-математичного моделювання, важливою складовою якого є динамічне програмування, в умовах непередбачуваності і ризику прийняття рішень, що сприяє здобувачеві на високому рівні виконувати навчально-дослідну кваліфікаційну роботу.

Одним із напрямків підготовки майбутніх фахівців є формування зв'язку між теоретичним наповненням дисципліни і його практичним застосуванням. Так, П. Шульте¹⁸ наголошує, що головною функцією університету є «підготовка студентів до підприємницької активності та самозайнятості». Т. Безусова¹⁹ вважає, що до навчальних закладів на перший план висуваються вимоги підготовки системних інтелектуальних, рефлексивних, творчих, моральних особистостей, що можуть ефективно організувати діяльність у соціальному, економічному та культурному сенсі. Освітяни²⁰ виступають за посилення співпраці між підприємствами (бізнесом) і навчальними закладами, що «забезпечить практичну спрямованість навчального процесу, підвищить якість підготовки майбутніх фахівців відповідно до очікувань роботодавців». Г. Васківська²¹ піднімає питання фундаменталізації змісту освіти, яка «покликана забезпечити позитивні зрушення у сфері опанування основ навчальної професійної і соціальної діяльності». Зокрема, В. П. Мурашківська та С. П. Казнадій²² зазначають, що при підготовці інженерів-механіків «студенту необхідно мати математичні знання для вирішення практичних завдань, вміння застосовувати математичні

¹⁸ Schulte P. The entrepreneurial university: a strategy for institutional development. *Higher education in Europe*. 1998. Vol. 29. Is. 2. P. 187–191.

¹⁹ Безусова Т. А. Пути организации компетентного подхода в сфере высшего профессионального образования. *Фізико-математична освіта*. 2018. № 1 (15). С. 137–141.

²⁰ Тимошенко І. В., Мороз С. Є., Калашник О. В. Комерціалізація вищої освіти: баланс між перевагами та ризиками. *БізнесІнформ*. 2021. № 6. С. 72–77.

²¹ Vaskivska H. Didactic aspects of upper secondary and university education fundamentalization. *Science and Education*. 2017. Issue 5. P. 46–50.

²² Мурашківська В. П., Казнадій С. П. Окремі аспекти формування професійної компетентності майбутніх інженерів-механіків у процесі математичної підготовки у ВНЗ. *Фізико-математична освіта*. 2018. № 4 (18). С. 121–125.

методи для моделювання виробничих, технологічних процесів в подальшій професійній діяльності».

Освітня підготовка фахівців конкретних спеціальностей висуває певні вимоги до методики їх математичної підготовки. Одним з напрямків реалізації зазначеної мети є створення системи професійно-орієнтованих задач, що дозволяє більш якісно сформулювати їх спеціальні компетентності для подальшої фахової діяльності.

2. Аналіз існуючих методів вирішення проблеми

Для вирішення поставленої проблеми необхідно проаналізувати алгоритм засвоєння базових знань з математичної статистики на прикладі пропедевтики викладання дисципліни «Управління якістю, стандартизація та сертифікація»²³. Для цього необхідне ознайомлення з робочою програмою навчальної дисципліни та чітке розуміння переліку питань з математичної статистики, які необхідні для засвоєння певних тем дисципліни²⁴.

Так, зміст програми за темами щодо контролю та управління якістю продукції та послуг передбачає вивчення статистичних методів, застосування яких пов'язане з головними задачами математичної статистики і вимагає засвоєння повного обсягу знань з цієї дисципліни (рис. 1).

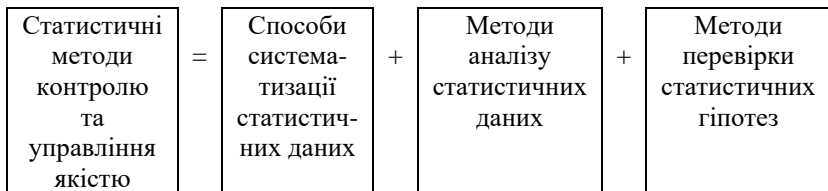


Рис. 1. Сукупність пропедевтичних знань

Аналіз змістовного наповнення певних розділів дисципліни дозволяє окреслити відповідний обсяг знань з математичної статистики (див. рис. 1), яким повинен оволодіти здобувач. Відповідність між переліком конкретних задач, що вирішуються шляхом контролю та управління

²³ Ковальчук В. А., Ковальчук Т. М. Передумови освітньої підготовки фахівців з економіки та підприємництва на базі знань математичної статистики. *БізнесІнформ*. 2021. № 1. С. 139–145.

²⁴ Робоча програма з навчальної дисципліни ОПП 2.13 «Управління якістю, стандартизація та сертифікація» для здобувачів освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 076 «Підприємство, торгівля та біржова діяльність». URL: <http://mlib.knu.edu.ua/login/index>

якістю товарів і послуг та обсягом базових знань з математичної статистики, наведена у таблиці.

Необхідні знання при вивченні математичної статистики повинні сприйматися здобувачами у системному, взаємопов'язаному вигляді. Так, складання статистичного розподілу залежить від обсягу вибірки. У цьому випадку, необхідне чітке розуміння того, що при обсязі вибірки, в залежності від кількості різних варіант і величини розмаху, складають дискретний або неперервний статистичний розподіл. При представленні процесу систематизації вибіркових даних у вигляді чіткого алгоритму (рис. 2), у здобувачів формується наочне уявлення про методичні підходи, що сприяє осмисленому стійкому засвоєнню матеріалу.

Таблиця 1

**Відповідність між темами дисципліни і базовими знаннями
з математичної статистики**

| Статистичні методи управління якістю | Базові знання з математичної статистики | Мета застосування |
|--|--|--|
| Діаграма Парето. ABC-аналіз | Побудова гістограм та кумулятивних ліній. | Аналіз причин браку. |
| Управління (контроль) якістю товарів і послуг декількома уповноваженими службами | Статистичний розподіл вибірки. Статистичні оцінки параметрів розподілу. Перевірка гіпотези про нормальний розподіл генеральної сукупності. Порівняння двох дисперсій нормальних генеральних сукупностей. | Аналіз системних та випадкових похибок |
| Управління (контроль) якістю товарів і послуг однією уповноваженою службою | Статистичний розподіл вибірки. Статистичні оцінки параметрів розподілу. Перевірка гіпотези про нормальний розподіл генеральної сукупності. Довірчі інтервали для оцінки математичного сподівання нормального розподілу при невідомому середньому квадратичному відхиленні. | Визначення істинних значень |

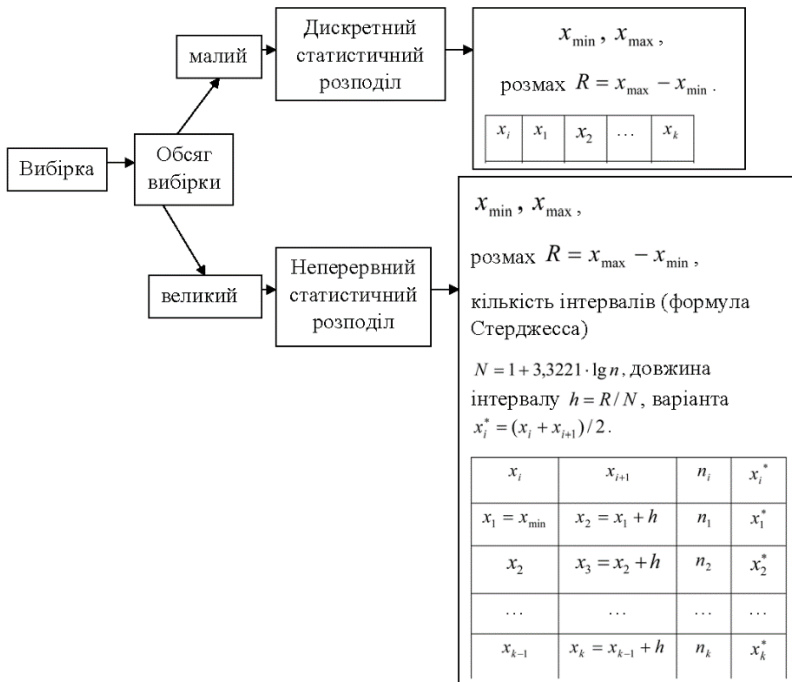


Рис. 2. Алгоритм систематизації вибірових даних (перша задача математичної статистики)

При побудові діаграми Парето та кумулятивної кривої для АВС-аналізу необхідне чітке розуміння таких понять, як «частота», «відносна частота» і «накопичена частота». В залежності від обсягу вибірки, знаходження статистичних оцінок параметрів розподілу також має відмінності. Якщо середня вибіркова є незміщеною оцінкою і не залежить від обсягу вибірки, то дисперсія є зміщеною оцінкою і при малих обсягах вибірки потребує врахування поправки Беселя. Представимо процес аналізу статистичних даних у вигляді алгоритму (рис. 3), головною метою якого є знаходження таких основних статистичних оцінок, як середня вибіркова, дисперсія та середнє квадратичне відхилення.

Перевірка гіпотези про нормальний розподіл генеральної сукупності, без якого неможливий подальший розв'язок задачі управління якістю, можлива або за допомогою теорії ймовірностей, або теорії гіпотез. В залежності від обсягу вибірки, її здійснюють за різними правилами: або правило трьох сігм; або за критерієм хі-квадрат Пірсона. І тільки у

випадку одержання висновку про відсутність підстав для відхилення гіпотези про нормальний розподіл генеральної сукупності, можна безпосередньо переходити до вирішення задач управління якістю товарів або послуг, що є важливою складовою дослідження. Представимо процес підтвердження нормального виду розподілу статистичних даних як алгоритм дій (рис. 4).

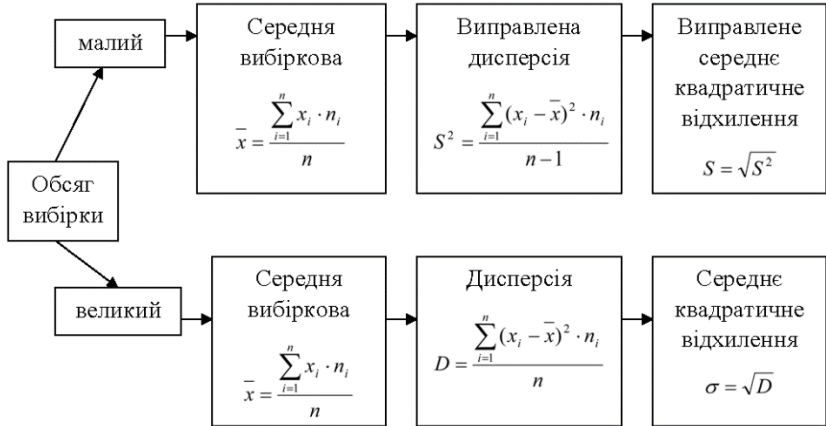


Рис. 3. Алгоритм аналізу статистичних даних (друга задача математичної статистики)

Тільки після знаходження числових характеристик і підтвердження гіпотези про нормальний розподіл статистичних даних, можна переходити до розв'язання задач управління якістю продукції або послуг. Оскільки здобувачі, як правило, вимушені оперувати незначними масивами даних, то нагальним є практика роботи з розподілами, наближеними до нормального. До найбільш поширених з них відносяться статистичні розподіли хі-квадрат Пірсона, Стьюдента, Фішера-Снедекора. Здобувач повинен розуміти, що два останні з наведених розподілів застосовуються для можливості прийняття гіпотез, що стосуються оцінки параметрів статистичних розподілів, наближених до нормального. Враховуючи, що оцінки можуть бути як точковими, так і інтервальними, то згадані розподіли використовуються при визначенні довірчих інтервалів.

Задачі, що відносяться до статистичних методів управління якістю товарів і послуг можна умовно поділити на такі, що стосуються декількох або однієї уповноваженої служби з проведення контрольних

оцінок²⁵. Тому для більш осмисленого розуміння подальшого ходу розв'язку таких задач, можна запропонувати здобувачам наступну схему дій (рис. 5).



Рис. 4. Алгоритм встановлення виду розподілу статистичних даних (третя задача математичної статистики)

З метою формування стійких залишкових знань з математичної статистики вже у процесі її вивчення необхідно використовувати конкретні прикладні задачі з дисциплін фахового спрямування, зміст яких перегукується з задачами управління якістю товарів, робіт та послуг, зокрема результатів вимірювання шкідливих домішок у повітрі;

²⁵ Ковальчук В. А., Ковальчук Т. М. Застосування задач динамічного програмування при виконанні магістерських кваліфікаційних робіт з економіки. *Вісник Криворізького національного університету*. 2023. Вип. 56. С. 21–27.

вимірювання показників якості концентрату (вмісту заліза, шкідливих домішок, вологості тощо), визначення цінової кон'юнктури товару тощо.

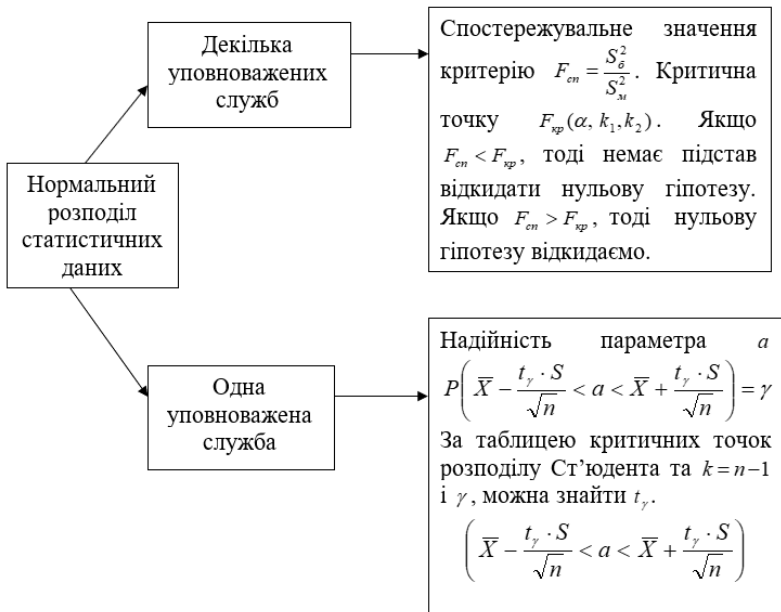


Рис. 5. Алгоритм розв'язку задач управління якістю продукції та послуг (третьа задача математичної статистики)

Освітня підготовка, зокрема, магістрів спеціальності «Економіка» повинна передбачати виконання всіх етапів систематизації, обробки та аналізу інформації для встановлення оптимального варіанту вирішення практичних задач економічного спрямування за допомогою економіко-математичного моделювання, важливою складовою якого є динамічне програмування, в умовах непередбачуваності і ризику прийняття рішень, що сприяє здобувачеві на високому рівні виконувати навчально-дослідну кваліфікаційну роботу, яка є підсумком підготовки майбутнього фахівця з економіки²⁶. Робота включає проведення ряду досліджень:

– визначення сильних і слабких сторін об'єкту дослідження на основі аналізу показників його виробничо-господарської діяльності;

²⁶ Ковальчук В. А., Ковальчук Т. М. Застосування задач динамічного програмування при виконанні магістерських кваліфікаційних робіт з економіки. *Вісник Криворізького національного університету*. 2023. Вип. 56. С. 21–27.

– проведення стохастичного факторного аналізу з визначення найбільш впливових факторів на результативні показники функціонування цього об'єкту;

– в залежності від теми кваліфікаційної роботи і результатів факторного аналізу, сформулювати задачу дослідження (обрати критерій оцінки та керовані змінні), що має економічний зміст і враховує можливості суб'єкта господарювання;

– формалізувати задачу, тобто представити її у загальному вигляді за допомогою рівнянь та нерівностей (скласти економіко-математичну модель);

– за допомогою встановлених кореляційних залежностей (метод найменших квадратів) адаптувати економіко-математичну модель до умов функціонування досліджуваного суб'єкта господарювання;

– дослідити вплив керованих змінних на поведінку цільової функції при послідовній фіксації значень змінних на рівні базового року і покроковій зміні кожної з них;

– визначити вид економіко-математичної моделі та проаналізувати можливі методи її реалізації;

– знайти оптимальний розв'язок задачі за найбільш придатним методом математичного програмування, вищої математики тощо;

– провести аналіз одержаних результатів оптимізації і визначити економічну ефективність запропонованого рішення.

Обсяг необхідного дослідження є значним, тому розглянемо тільки останні його етапи, що стосуються саме реалізації розробленої економіко-математичної моделі у разі, коли доцільно застосувати динамічне програмування. Специфікою задач динамічного програмування є можливість враховувати фактор часу, що передбачає зміну оптимального плану на різних етапах його реалізації. Типи задач, що вирішуються методом динамічного програмування, за кінцевою метою дослідження наведено на рис. 6.



Рис. 6. Основні задачі динамічного програмування

Основним методом реалізації задач динамічного програмування є метод рекурентних співвідношень, в основу якого покладено принцип оптимальності, розроблений Р. Беллманом, який є багатокроковим і незалежно від ефективності кожного з кроків, забезпечує оптимальність процесу загалом. Тобто, «відшукується оптимальний план процесу за допомогою рекурентних співвідношень, які пов'язують між собою окремі послідовні етапи календарного періоду»²⁷.

Розглянемо конкретні приклади застосування динамічного програмування, які можна використовувати у кваліфікаційній роботі.

1. *Вибір оптимального методу амортизації екскаваторного парку Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату.*

Постановка економічної задачі.

Скласти програму відновлення та заміни екскаваторного парку за різними методами амортизації (метод зменшення залишкової вартості та прямолінійний метод амортизації) за плановий період N років для екскаваторного парку з віком експлуатації t років, з річними обсягами навантажувальних робіт $Q_e(t)$ (річна продуктивність), з річними затратами на технічне обслуговування $TO(t)$, з витратами на поточні ремонти $PP(t)$, з амортизаційними відрахуваннями $AM(t)$, із залишковою вартістю $ZB(t)$, з вартістю капітальних ремонтів $KP(t)$. При складанні програми можливі варіанти відновлення, або продаж за залишковою вартістю (або за вартістю металобрухту).

Оскільки екскаваторний парк є структурним підрозділом комбінату, то за критерій оцінки ефективності його роботи, оптимальність на кожному кроці визначається за умовним прибутком, що враховує «застосування рентабельності звичайної діяльності підприємства в цілому і інтерполяції її на економічні показники окремих технологічних процесів». Зважаючи на те, що всі наведені показники залежать від віку експлуатації екскаватора, то необхідно попередньо визначати їх значення на кожний рік програми.

Рекурентні співвідношення для кожного кроку мають вигляд:

$$V\Pi_1(t) = \max_t \begin{cases} c_e^r \cdot (1+R) \cdot Q_e(t) - TO(t) - PP(t) - AM(t) - \text{збереження}, \\ c_e^r \cdot (1+R) \cdot Q_e(0) - TO(0) - PP(0) - AM(0) + ZB(t) - \text{заміна}. \end{cases}$$

для останнього року програми ($n = 1$);

²⁷ Бугір М. К. Математика для економістів : посібник. Київ : Видавничий центр «Академія», 2003. 520 с.

$$УП_2(t) = \max_t \begin{cases} c_e^r \cdot (1+R) \cdot Q_e(t) - TO(t) - PP(t) - AM(t) + УП_1(t+1) - \text{збереження}, \\ c_e^r \cdot (1+R) \cdot Q_e(0) - TO(0) - PP(0) - AM(0) + 3B(t) + УП_1(1) & - \text{заміна}. \end{cases}$$

за останні два роки програми ($n = 2$);

$$УП_n(t) = \max_t \begin{cases} c_e^r \cdot (1+R) \cdot Q(t) - TO(t) - PP(t) - AM(t) + УП_{n-1}(t+1) - \text{збереження}, \\ c_e^r \cdot (1+R) \cdot Q(0) - TO(0) - PP(0) - AM(0) + 3B(t) + УП_{n-1}(1) & - \text{заміна} \end{cases}$$

за останні n років програми, $n = 2, 3, \dots$; $t = 2, 3, \dots$,

де $УП$ – умовний прибуток роботи екскаваторного парку для кожного кроку програми; c_e^r – собівартість екскавації 1 м³ гірничої маси; R – рентабельність звичайної діяльності підприємства.

Результатами розрахунків є програма відновлення та заміни екскаватора ЕКГ-8И при застосуванні методу зменшення залишкової вартості (рис. 7) і прямолінійного методу амортизації (рис. 8).

Порівняння значень умовного прибутку за різними методами амортизації показало, що найбільш ефективним є метод зменшення залишкової вартості, а економічна ефективність за процесом екскавації збільшилася більш ніж на 5%.

2. *Встановлення оптимальної структури інвестиційних вкладень у розвиток Центрального гірничо-збагачувального комбінату.*

Постановка економічної задачі.

Знайти оптимальний розподіл коштів x між напрямками інвестування (технічне переозброєння x_1 , капітальні ремонти машин і устаткування x_2 , капітальне будівництво x_3), що забезпечує максимальний приріст чистого прибутку підприємства $g(x)$.

На цільову функцію $g(x) = f(x_1; x_2; x_3) \rightarrow \max$ накладено обмеження, що обумовлені технологією виробництва, при якій виключення будь-якого з напрямків інвестування має негативні наслідки, тобто $x_1 \geq x_1^{\min}$; $x_2 \geq x_2^{\min}$; $x_3 \geq x_3^{\min}$.

Рекурентні співвідношення у загальному вигляді можна представити $f_1(x) = g_1(x)$ для останнього напрямку інвестування (капітальне будівництво) $k = 1$;

$$f_k(x) = \max \{g_k(x_k) + f_{k-1}(x - x_k)\}, \quad k = 2, 3.$$

Для останніх двох напрямків інвестування (капітальне будівництво та капітальні ремонти машин і устаткування) $k = 2$ та для всіх трьох напрямків інвестування $k = 3$



Рис. 7. Програма при використанні методу зменшення залишкової вартості



Рис. 8. Програма при використанні прямолінійного методу амортизації

Для адаптації економіко-математичної моделі до умов роботи Центрального гірничо-збагачувального комбінату встановлено кореляційні залежності між чистим прибутком і інвестиційними вкладеннями за напрямками, які графічно представлені на рис. 9.

За наведеними залежностями покроково розраховано величини чистого прибутку в залежності від величини інвестиційних вкладень за напрямками. Аналіз максимального значення чистого прибутку $f_3(x)$ показав, що воно відповідає величині інвестицій 550 млн грн, при цьому на капітальне будівництво необхідно залучити 150 млн грн, тоді на перші два напрямки залишається 400 млн грн. Аналіз $f_2(x)$ показав, що цей максимум досягається при величині коштів на капітальні ремонти 200 млн грн. Тоді на технічне переозброєння необхідно виділити 200 млн грн. Всі ці значення x_1 , x_2 , x_3 , що є результатами оптимізації, задовольняють системі обмежень.

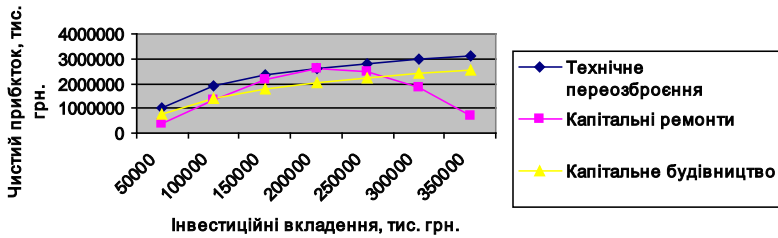


Рис. 9. Кореляційні залежності між чистим прибутком і напрямками інвестування

Ефективність результатів оптимізації визначена через приріст чистого прибутку, величина якого складає 40,2 млн грн (2%), при цьому запропонована наступна структура інвестиційних вкладень відносно тієї, що склалася на Центральному гірничо-збагачувальному комбінаті, що позначена в дужках: технічне переозброєння – 36,4% (27,2%); капітальні ремонти – 36,4% (36,4%); капітальне будівництво – 27,2% (36,4%).

3. *Економіко-математичне моделювання структури заохочувального фонду працівників цеху технологічного автотранспортного Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату.*

Постановка економічної задачі.

Встановити оптимальний розподіл величини заохочувального фонду ЗФ між трьома основними групами робітників, а саме водіїв-технологів, водіїв автосамоскидів та робітників ремонтної групи, що забезпечить максимальний приріст умовного прибутку УП цеху технологічного автотранспорту.

Зважаючи на те, що робота автотранспортного цеху оцінюється за витратними показниками, то за критерій оцінки її ефективності доцільно обрати умовний прибуток УП. На основі статистичних даних виробничої діяльності цеху встановлено кореляційні залежності між УП і величинами заохочувальних фондів наведених груп робітників

$$УП = 371,88 \cdot (ЗФ_1)^2 - 172427 \cdot ЗФ_1 + 20523825,189 \quad (R^2 = 0,7663),$$

де $ЗФ_1$ – заохочувальний фонд водіїв-технологів.

$$УП = 513,82 \cdot (ЗФ_2)^2 - 202684 \cdot ЗФ_2 + 20524754,389 \quad (R^2 = 0,7783),$$

де $ЗФ_2$ – заохочувальний фонд водіїв автосамоскидів.

$$УП = 648,79 \cdot (ЗФ_3)^2 - 227753 \cdot ЗФ_3 + 20524575,327 \quad (R^2 = 0,7552),$$

де $ЗФ_3$ – заохочувальний фонд робітників ремонтної групи.

Коефіцієнти трудової участі груп визначаються за формулами

$$k_1 = 3\Phi_1/3\Phi; \quad k_2 = 3\Phi_2/3\Phi; \quad k_3 = 3\Phi_3/3\Phi,$$

де k_1, k_2, k_3 – заохочувальні коефіцієнти для водіїв-технологів, водіїв автосамоскидів і працівників ремонтної групи відповідно.

Цільову функцію економіко-математичної моделі можна представити як $P_y = f(3\Phi_1, 3\Phi_2, 3\Phi_3) \rightarrow \max$, яка має наступні обмеження $3\Phi_1 \geq 3\Phi_{1\min}; 3\Phi_2 \geq 3\Phi_{2\min}; 3\Phi_3 \geq 3\Phi_{3\min}$, де $3\Phi_{1\min}, 3\Phi_{2\min}, 3\Phi_{3\min}$ – мінімальні значення величини заохочувального фонду для водіїв-технологів, водіїв автосамоскидів та для робітників ремонтної групи відповідно.

Рекурентні співвідношення мають вигляд

$f_i(3\Phi) = g_i(3\Phi)$, для заохочувального фонду робітників ремонтної групи;

$$f_k(3\Phi) = \max\{g_k(3\Phi_k) + f_{k-1}(3\Phi - 3\Phi_k)\}, \quad k = 2, 3.$$

Для останніх двох груп робітників (водіїв автосамоскидів та робітників ремонтної групи) $k = 2$ та для всіх трьох груп робітників $k = 3$.

Результати оптимізації за покроковими розрахунками показують, що максимальний УП при розподілі загальної суми фонду у розмірі 700 тис. грн. серед працівників цеху буде тоді, коли водіям-технологам і водіям автосамоскидів виділяють кошти у розмірі 231,832 тис. грн (34%) та 197,232 тис. грн (29%) відповідно, а робітникам ремонтної групи – 259,609 тис. грн (37%). З урахуванням коефіцієнтів трудової участі $k_1 = 0,037; k_2 = 0,286; k_3 = 0,377$ запропоновано зменшити розміри заохочувальних фондів для водіїв-технологів і водіїв автосамоскидів на 12%, а для робітників ремонтної групи збільшувати на 16%. Тоді умовний прибуток цеху збільшиться на 8%.

Як видно з наведених прикладів задач, кожна з них носить конкретний характер і вимагає розуміння економічної і технологічної суті досліджу вальних процесів, а також врахування значної кількості показників, що характеризують ці процеси і впливають на їх ефективність.

У Криворізькому національному університеті, який знаходиться у найбільшому в Україні гірничо-видобувному промисловому регіоні і практично забезпечує стовідсоткову потребу в інженерах гірничих спеціальностей, значна увага приділяється питанням якісної підготовки здобувачів. Традиційно затребуваною є спеціальність «Гірництво», здобувачі якої протягом першого року навчання повинні одержати базові знання з вищої математики. Одним із завдань вивчення курсу є, з

одного боку, одержання таких знань, а з іншого, – формування усвідомленого ставлення до можливості їх застосування у майбутній професійній та науково-дослідницькій діяльності. Тому було поставлено мету створення системи задач за кожною темою вищої математики, які б розкривали можливості застосування математики у гірничій справі з акцентом на відповідні дослідження професорсько-викладацького складу навчального закладу²⁸. Це дозволить підвищити інтерес здобувачів до навчання і ознайомитися з фаховими публікаціями провідних викладачів Криворізького національного університету (КНУ).

Пропонуємо, як приклад, розглянути систему професійно-орієнтованих задач за розділом вищої математики «Функції багатьох змінних» за основними темами цього розділу.

Наочним *прикладом функції двох змінних* є рельєф місцевості, де висота в кожній його точці залежить від координат x та y . Спостереження за зміною рельєфу вказують на різний характер зміни його висоти в різних напрямках (зростання, спадання, максимальне або мінімальне значення). Як і для функції однієї змінної $y = f(x)$, для дослідження функції багатьох змінних використовується похідна, яка вона визначає швидкість зростання ($z' > 0$) або спадання ($z' < 0$) значень функції (швидкість зміни висоти рельєфу).

Градiєнт функції. Зважаючи на те, що градієнт – це вектор, який показує напрямок найбільшого зростання функції, його використовують для пошуку екстремальних значень функції (максимальних або мінімальних). Відповідний метод називається градієнтним і може використовуватися, зокрема, при графічному розв'язанні задач лінійного програмування.

Оригінальне застосування градієнтного методу в гірничій справі запропоновано професором КНУ В. Завсєгдашнім. Ним було встановлено, що за градієнтом $grad(\alpha)$ функції $\alpha = \alpha(x, y)$, яка визначає вміст заліза в руді, можна знайти місце найбільшої концентрації заліза в межах кар'єра. Припустимо, що кар'єр може працювати упродовж п'яти років за різними варіантами за умови, що загальний прибуток гірничого підприємства за цей період буде однаковий. Якщо, в першу чергу, буде відпрацьовуватися більш багата руда (її місце розташування визначається за допомогою градієнта), то на перших етапах буде одержуватися прибуток вище середнього, а додаткові кошти можна вкласти в розвиток підприємства. Якщо функція якості $\alpha = \alpha(x, y, z)$ – це

²⁸ Максимов І. І., Ковальчук Т. М., Ковальчук В. А. Особливості підготовки здобувачів спеціальності «Гірництво» через систему професійно-орієнтованих математичних задач. *Вісник Криворізького національного університету*. 2021. Вип. 53. С. 70–76.

функція трьох змінних, то градієнт визначає напрямок найбільшого зростання вмісту заліза у кар'єрі і можна визначити місце його найбільшої концентрації.

Пошук екстремальних значень функції двох змінних в теоретичних та практичних дослідженнях.

Для знаходження критичних точок функції двох змінних

$$\begin{cases} z'_x = 0; \\ z'_y = 0. \end{cases}$$

розглядається система рівнянь. Іноді цю систему складно або неможливо розв'язати точно. Якщо знайти оптимальні значення аргументів x_0 і y_0 в аналітичному, а не у наближеному чисельному вигляді, то можна дослідити вплив різних параметрів на оптимальне значення функції та виявити найбільш вагомі з них, що визначають ефективність виробництва. Відповідні дослідження були проведені на кафедрі відкритих гірничих робіт КНУ, професором Ю. Вілкулом.

Для транспортування гірничої маси багато років застосовується комбінований транспорт. Гірнична маса з великої за розмірами робочої зони доставляється автосамоскидами до стаціонарної дробильної установки та піднімається на поверхню конвеєром. З часом робоча зона опускається нижче стаціонарної дробильної установки та розширюється, а відстань транспортування гірничої маси від екскаваторів значно зростає. Стаціонарна дробильна установка «консервує» велику частину робочої зони і не дає змоги дістати руду з нижче розташованих горизонтів. Для вирішення зазначених проблем запропоновано використовувати кілька значно дешевших пересувних дробильних установок. При такій технології значно зменшуються затрати на автотransпорт, але збільшуються затрати на конвеєрний транспорт внаслідок ускладнення схем конвеєрів. Якщо розглянути схему з n концентраційних горизонтів по m перевантажувальних пунктах, то затрати на автотransпорт зменшуються в $m \times n$ раз, а затрати на конвеєрний транспорт збільшуються.

При зазначеній вище технології будується функція загальних затрат та знаходяться частинні похідні по параметрам m та n . При розв'язанні системи рівнянь отримані аналітичні вирази для оптимальних значень параметрів m_0 та n_0 забезпечують мінімум загальних затрат на автомобільно-конвеєрний транспорт. Окрім того, визначається оптимальна різниця висот між концентраційними горизонтами, а також відстань між перевантажувальними пунктами на кожному горизонті, з яких гірнична маса транспортується на перевантажувальний пункт. Наявність аналітичних виразів дозволяє встановити залежність отриманих значень від параметрів кар'єра, показників роботи

автомобільного та конвеєрного транспорту. Розрахунки показали, що при річній продуктивності кар'єра 8-10 млн т доцільно використовувати один перевантажувальний пункт, при 10-18 млн т – три, а при 20-35 млн т – п'ять перевантажувальних пунктів.

Таким чином, аналітичний розв'язок такої системи рівнянь (необхідна умова екстремуму) дозволив зробити детальний аналіз з рекомендаціями щодо вибору оптимальних схем доставки гірничої маси.

Метод найменших квадратів. Апроксимація використовується для виявлення залежності між змінними y та x (згладжування пливу випадкових величин, похибок вимірювання). Одержану залежність використовують для знаходження значень функції, для прогнозування подальшої зміни y та при моделюванні більш складних процесів.

На базі методу найменших квадратів здобувачам також пропонується вирішувати практичні задачі з встановлення кореляційних двофакторних і багатофакторних зв'язків між вихідними коливаннями якості руди, параметрами рудопотоків, складів тощо з якістю виробленого концентрату. При цьому, здобувачів знайомлять з науковими дослідженнями з цієї проблеми учених університету та їх прикладним значенням.

Метод множників Лагранжа. Як одну із задач розділу вищої математики «Функції багатьох змінних», здобувачам пропонується проведення досліджень на існування умовного екстремуму функції за допомогою методу множників Лагранжа. Рішення прикладних задач такого типу базується на наукових працях професора КНУ В. Ковальчука²⁹.

Формалізація прикладних задач за цією темою базується на проблемі забезпечення обсягами концентрату заданої якості, який необхідно виробити. Запропонований метод визначення оптимального співвідношення обсягів видобутку між ділянками, який практично задає режим гірничих робіт, передбачає також гірничо-технологічне їх обґрунтування, яке залежить від конкретних умов розробки. Планування гірничих робіт в межах встановленого перспективного напрямку їх розвитку повинне виходити з умови встановлення для кожної ділянки оптимальних показників: обсягів руди і розкриття; параметрів системи розробки; коефіцієнта розкриття у зв'язку з розкриттям і підготовкою нових горизонтів в кар'єрі.

Рішення наведених професійно-орієнтованих задач ґрунтується на використанні загально-логічних та загальнонаукових методів дослідження. Зокрема, при побудові та аналізі графічних моделей

²⁹ Ковальчук В. А., Ковальчук Т. М. Планування режиму гірничих робіт у кар'єрах : монографія. Кривий Ріг : Видавничий центр КТУ, 2009. 211 с.

застосовано методи формалізації, аналогії та верифікації абстрактних моделей кар'єра і конкретних результатів його функціонування. Методи моделювання, оптимізації та емпіричного дослідження використано при встановленні взаємозв'язків технологічних показників і параметрів роботи кар'єрів та знаходженні їх екстремальних значень. Окрім цього, при опрацюванні науково-методичної літератури використано методи аналізу і узагальнення.

ВИСНОВКИ

Формуванню причинно-наслідкових знань міждисциплінарного характеру повинна приділятися увага вже при вивченні дисциплін циклу загальної підготовки, зокрема вищої математики, як базового інструментарію. Розглянуто розбіжності у характері задач окремих фахових дисциплін і передумовами формування базових знань з математичної статистики. Проаналізовано перелік практичних задач з контролю та управління якістю товарів і послуг та запропоновано системний підхід до застосування методів математичної статистики для їх вирішення. Запропонований підхід пропедевтики знань не обмежується тільки спеціальностями галузі знань «Управління і адміністрування» або «Соціальні та поведінкові науки», а може бути поширений й на спеціальності інших галузей.

Запропоновані методи дають можливість поширити інструментарій для вирішення актуальних задач реального виробництва за допомогою класичного підходу до процесу моделювання з використанням методу динамічного програмування. Запропоновані підходи обумовлені власним досвідом вирішення таких задач магістрантами при виконанні кваліфікаційних робіт. Застосування зазначеного методу оптимізації не обмежується тільки наведеними задачами, і може бути поширеним на вирішення й інших економічних задач.

Підготовка якісного фахівця в сучасних умовах неможлива без поєднання абстрактних теоретичних знань з вищої математики з практичними завданнями, що формують його компетентності. Окреслена система професійно-орієнтованих задач з розділу вищої математики «Функції багатьох змінних» для здобувачів вищої освіти спеціальності «Гірництво» акцентує увагу на наступність застосування методів цього розділу вищої математики у науково-дослідницькій діяльності провідних вчених-гірників університету і підготовки фахівців за цією спеціальністю. Запропонована методика викладання матеріалу дає можливість усвідомлено підходити до вивчення фахових дисциплін, виконання кваліфікаційних та науково-дослідних робіт. Такий

пропедевтичний підхід не обмежується тільки зазначеним розділом і може бути поширений й на інші розділи вищої математики.

АНОТАЦІЯ

Розглянуто актуальність підготовки здобувачів вищої освіти, які здатні вирішувати складні завдання інноваційного характеру відповідно до їх фахових компетентностей. Проаналізовано сучасні підходи до процесу моделювання та особливості побудови економіко-математичних моделей. Зазначено на міждисциплінарний пропедевтичний підхід до дисциплін математичного спрямування. Окреслено перелік практичних фахових задач, спрямованих на встановлення оптимальних рішень управлінського і організаційного характеру при підготовці фахівців з різних галузей знань. Проаналізовано сутність основних методів, що передбачають застосування методу динамічного програмування при визначенні структури інвестиційних вкладень й заохочувального фонду та виборі методу амортизації гірничих підприємств. Окремо наведено практичні приклади застосування теорії функції багатьох змінних для вирішення задач в економіці та гірництві. Вирішення наведених професійно-орієнтованих задач усуває абстрактність засвоєння математичних дисциплін і може бути поширеним й на інші галузі знань.

Література

1. Коренева І. М. Феномен «Освіта для сталого розвитку»: сутність та сучасні особливості концепту. *Український педагогічний журнал*. 2018. № 2. С. 113–122.
2. Ляшенко О. М. Сталий розвиток закладів вищої освіти: локальні інформаційно-комунікативні аспекти. *Вчені записки університету «КРОК»*. 2020. № 2 (58). С. 97–102.
3. Ковальчук В. А. Інтерпретація дефініцій сфери та виробничих баз підготовки фахівців зі спеціальності «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» у великих промислових регіонах. *Актуальні економіко-правові, соціальні та екологічні аспекти розвитку промисловості та суспільства* : Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (Кривий Ріг, 01-31 березня 2020 р.). Кривий Ріг, 2020 С. 80–82.
4. Жук І. В. Впровадження компетентнісного підходу у навчання математиці через оновлення змісту освіти. *Актуальні проблеми теорії і методики навчання математики* : Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 11-13 травня 2017 р.). Київ, 2017. С. 43–44.

5. Рендюк С. П. Особливості викладання математичних дисциплін у вищих технічних навчальних закладах. URL: <http://nvd.luguniv.edu.ua/archiv/NN21/13rsptnz.pdf>

6. Крилова Т. В. Професійно-орієнтоване навчання математики в технічному вузі – першочергова задача сьогодення. *Вісник Черкаського університету*. 2008. № 127. С. 98–101.

7. Сосницька Н. Змістовна компонента математичної підготовки майбутніх фахівців аграрної сфери. *Наукові записки*. 2017. Ч. 1. Вип. 12. С. 38–42.

8. Корнійчук О. Е. Пропедевтика математичного моделювання в курсі вищої математики. *Сучасні інноваційні технології підготовки інженерних кадрів для гірничої промисловості та транспорту*: Міжнар. конф., (Дніпро, 26-27 травня 2016 р.). Дніпро, 2016. С. 431–440.

9. Освітньо-професійна програма «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. URL: <http://knu.edu.ua/storage/files/2/Навчання/Освітні%20>

10. Освітньо-професійна програма «Економіка» другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 051 «Економіка» галузь знань «05 Соціальні та поведінкові науки» кваліфікація магістр з економіки. URL: <https://eoup.knu.edu.ua/projects>

11. Зеленко С. В., Гуляницька Д. В. Економіко-математичне моделювання отриманого прибутку підприємства. *Економічні науки. Серія «Облік і фінанси»*. 2019. Вип. 16 (61). С. 72–84.

12. Щербініна С. А., Клименко О. Г., Марочко Т. Р. Застосування економіко-математичного моделювання для аналізу діяльності промислового підприємства. URL: <http://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/6151>

13. Хорошун В. В., Науменко І. А. Економіко-математичні методи та моделі прогнозування збутової логістики торговельного підприємства. *Причорноморські економічні студії*. 2018. Вип. 28-2. С. 179–183.

14. Назаренко І.М. Економіко-математичне моделювання залежності фінансового стану підприємств від складових капіталу. *Економіка та держава*. 2016. № 2. С. 65–68.

15. Юрчук Н. П. Використання економіко-математичних методів в управлінні економічним розвитком інноваційних систем. *Інвестиції: практика та досвід*. 2015. № 18. С. 28–32.

16. Паршина О. А., Паршин Ю. І. Економіко-математичне моделювання виробництва гірничорудних машин крупного машинобудівного підприємства. *Економічний вісник НГУ*. 2005. № 1. С. 128–134.

17. Гончаренко Я. В. Економіко-математичні методи та моделі в системі підготовки студентів математичних та економічних спеціальностей. URI: <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/15441>

18. Schulte P. The entrepreneurial university: a strategy for institutional development. *Higher education in Europe*. 1998. Vol. 29. Is. 2. P. 187–191.

19. Безусова Т. А. Шляхи організації компетентного підходу у сфері вищої професійної освіти. *Фізико-математична освіта*. 2018. № 1 (15). С. 137–141.

20. Тимошенко І. В., Мороз С. Є., Калашник О. В. Комерціалізація вищої освіти: баланс між перевагами та ризиками. *БізнесІнформ*. 2021. № 6. С. 72–77.

21. Vaskivska H. Didactic aspects of upper secondary and university education fundamentalization. *Science and Education*. 2017. Issue 5. P. 46–50.

22. Мурашковська В. П., Казнадій С. П. Окремі аспекти формування професійної компетентності майбутніх інженерів-механіків у процесі математичної підготовки у ВНЗ. *Фізико-математична освіта*. 2018. № 4 (18). С. 121–125.

23. Ковальчук В. А., Ковальчук Т. М. Передумови освітньої підготовки фахівців з економіки та підприємництва на базі знань математичної статистики. *БізнесІнформ*. 2021. № 1. С. 139–145.

24. Робоча програма з навчальної дисципліни ОПП 2.13 «Управління якістю, стандартизація та сертифікація» для здобувачів освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 076 «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність». URL: <http://mlib.knu.edu.ua/login/index>

25. Ковальчук В. А., Ковальчук Т. М. Застосування задач динамічного програмування при виконанні магістерських кваліфікаційних робіт з економіки. *Вісник Криворізького національного університету*. 2023. Вип. 56. С. 21–27.

26. Бугір М. К. Математика для економістів : посібник. Київ : Видавничий центр «Академія», 2003. 520 с.

27. Максимов І. І., Ковальчук Т. М., Ковальчук В. А. Особливості підготовки здобувачів спеціальності «Гірництво» через систему професійно-орієнтованих математичних задач. *Вісник Криворізького національного університету*. 2021. Вип. 53. С. 70–76.

28. Ковальчук В. А., Ковальчук Т. М. Планування режиму гірничих робіт у кар'єрах : монографія. Кривий Ріг : Видавничий центр КТУ, 2009. 211 с.

Information about the authors:

Tetiana Kovalchuk

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department
of Higher Mathematics and Physics
National Technical University of Ukraine
“Kryvyi Rih National University”
11, Matusevich Str., Kryvyi Rih, 50027, Ukraine

Viktor Kovalchuk

Doctor of Technical Sciences,
Professor at the Department of Economics,
Organization and Management of Enterprises
National Technical University of Ukraine
“Kryvyi Rih National University”
11, Matusevich Str., Kryvyi Rih, 50027, Ukraine

Ivan Maksimov

Candidate of Technical Sciences,
Head at the Department of Higher Mathematics and Physics
National Technical University of Ukraine
“Kryvyi Rih National University”
11, Matusevich Str., Kryvyi Rih, 50027, Ukraine