

**Лященко Ольга Вячеславівна,
старший викладач кафедри інженерної та
комп'ютаційної педагогіки Інституту
післядипломної освіти інженерно-педагогічних
працівників (м. Донецьк) ДВНЗ
«Університет менеджменту освіти**

ОГЛЯД ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕДАГОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Анотація. У статті обґрунтовано необхідність та переваги застосування математичних методів під час дослідження педагогічних процесів та явищ, що дає змогу більш глибоко зрозуміти їх сутність та різнобічний характер, а також виявити кількісні та структурні характеристики. Проаналізовано математичні та статистичні методи, що застосовуються у дослідженнях економічних процесів де вони набули найбільшого поширення та продуктивного застосування. Зазначається, що математичні методи в педагогіці мають використовуватися не лише як методи узагальнення інформації, а й як моделі для побудови різних теорій. Пропонується для цієї мети використати моделі, які досить широко застосовуються в економіці: теорію масового обслуговування, побудову сітьових графіків, метод аналізу ієрархій Томаса Саати, метод таксономії.

Ключові слова: математичні методи дослідження, аналіз педагогічних процесів, формалізована педагогічна теорія, система масового обслуговування, сітьовий графік, метод аналізу ієрархій Томаса Саати, таксономічний інтегральний показник.

Лященко Ольга Вячеславовна

ОБЗОР ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. В статье обоснованы необходимость и преимущества применения математических методов при исследовании педагогических процессов и явлений, что позволяет более глубоко понять их сущность и разносторонний характер, а также выявить количественные и структурные характеристики. Проанализированы математические и статистические методы, применяемые в исследованиях экономических процессов, где они получили наибольшее распространение и эффективное применение. Отмечается, что математические методы в педагогике должны использоваться не только как методы обобщения информации, но и как модели для построения различных теорий. Предлагается для этой цели использовать модели, которые достаточно широко применяются в экономике: теория массового обслуживания, построение сетевых графиков, метод анализа иерархий Томаса Саати, метод таксономии.

Ключевые слова: математические методы исследования, анализ педагогических процессов, формализованная педагогическая теория, система массового обслуживания, сетевой график, метод анализа иерархий Томаса Саати, таксономический интегральный показатель.

Lyashenko Olga Vyacheslavovna

REVIEW OF ECONOMICS AND MATHEMATICAL METHODS USED FOR ASSESSMENT AND PREDICTION OF THE PEDAGOGICAL PROCESS

Abstract. *In this paper the necessity and advantages of the application of mathematical methods in the study of educational processes and phenomena that can more deeply understand their nature and diverse in nature, and to identify quantitative and structural performance. Analyzed mathematical and statistical methods used in the study of economic processes in which they were most productive distribution and use. It is noted that mathematical methods in pedagogy are used not only as a method of synthesis of information, but also as a model for the construction of various theories. Is proposed for this purpose to use models that are widely used in economics: the theory of mass service, construction of network graphs, the analytic hierarchy Thomas Saaty, method taxonomy.*

Key words: *mathematical methods, analysis of pedagogical processes formalized educational theory, queuing system, mains schedule, the analytic hierarchy Thomas Saaty, taxonomic integral indicator.*

Постановка проблеми

Професійна діяльність у галузі освіти висуває підвищені вимоги не тільки до професійних якостей педагога, але й до рівня володіння ним культурою дослідження. Використання тестів, анкет, інших вимірювальних інструментів передбачає не обхідність узагальнення отриманих результатів відповідно до поставлених завдань і надання їм змістовної інтерпретації.

Актуальність проблеми дослідження. Отримані результати можуть бути представлені у вигляді чисел, які необхідно опрацювати, що передбачає вирішення кількох питань про організацію та збір інформації, доступність даних для обробки відповідно до поставлених завдань, вибір методу обробки, змістовної інтерпретації отриманих результатів. У зв'язку з цим застосування математичних методів стає необхідним етапом вирішення поставлених завдань.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Проблеми використання математичних методів у дослідженні та прогнозуванні педагогічних процесів у своїх працях розглядають І. Бестужев-Лада¹¹, Б. Гершунський².

Незважаючи на посилену увагу вчених до цих питань останнім часом, у педагогічній науці ще багато невиявлених зв'язків і залежностей, що дають простір для

¹¹ Рабочая книга по прогнозированию / редкол. : И. В. Бестужев-Лада [та ін.]. — М. : Мысль, 1982. — 430 с.

² Гершунский Б. С. Образовательно-педагогическая прогностика: теория, методология, практика / Б. С. Гершунский. — М. : Флинта, 2003. — 764 с.

наукових пошуків, що досліджують А. Дьячук³, В. Загвязінський⁴, В. Кутьєв⁵, Д. Новиков⁷, А. Присяжна¹⁰, Л. Регуш¹², В. Сластьонін¹⁴ та інші.

Найбільшого поширення та продуктивного застосування математичні методи набули у економічних дослідженнях. Оскільки прийняття рішень в економіці на основі проб і помилок може виявитися надто дорогим і навіть катастрофічним, відповідальні рішення приймаються лише після глибокого і всебічного аналізу можливих ситуацій і припущень, тобто тільки за умови їхнього обґрунтованого кількісного дослідження, що забезпечується використанням математичного апарата. Проникнення математичних розрахунків у сферу економічної науки і практики є достатньо ефективним засобом структурованого, компактного і наочного відображення досліджуваної проблеми чи ситуації, а результати розв'язання математичної задачі дають змогу виробити оптимальні рекомендації стосовно тих чи інших дій. Спробуємо проаналізувати ті математичні методи, які продуктивно використовуються у економіці і практику застосування яких, на нашу думку, можливо перенести у педагогіку.

Метою статті є огляд економіко-математичних та статистичних методів аналізу та прогнозування різних процесів та явищ, виявлення взаємозв'язків між ними, а також аналіз можливостей адаптації використання цих методів у педагогічних дослідженнях.

Виклад основного матеріалу

Останнім часом значне місце в практиці економічних досліджень посіли математичні та статистичні методи. Це пов'язано з широким розповсюдженням та впровадженням доступних статистичних програмних пакетів для персональних комп'ютерів. Ці програми дають змогу полегшити проведення аналізу даних, оскільки проведення складних розрахунків, побудову таблиць та графіків виконує комп'ютер.

Всі математичні та статистичні методи, що застосовуються під час дослідження економічних процесів можна розділити на декілька груп:

1. Методи елементарної математики.
2. Класичні методи математичного аналізу.
3. Методи математичної статистики.
4. Економічні методи.
5. Методи математичного програмування.

³ Дьячук А. А. Математические методы в психологических и педагогических исследованиях / А. А. Дьячук. — Красноярск. — 2013. — 347 с.

⁴ Загвязинский В. И. Методология и методы психолого-педагогического исследования: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В. И. Загвязинский. — М. : Академия, 2001. — 206 с.

⁵ Кутьев В. О. Педагогическая прогностика: научные подходы и мифы / В. О. Кутьев // Педагогика. — 1995. — № 3. — С. 7–14.

⁷ Новиков Д. А. Статистические методы в педагогических исследованиях / Д. А. Новиков. — М. : МЗ-Пресс. — 2004. — 67 с.

¹⁰ Присяжная А. Ф. Прогнозирование как функция педагога (от будущего учителя до профессионала): моногр. / А. Ф. Присяжная. — Челябинск : Образование, 2006. — 306 с.

¹² Регуш Л. А. Проблема развития способности прогнозирования / Л. А. Регуш // Личность и прогнозирование: межвуз. сб. науч. тр. — Л. : ЛГПИ, 1985. — С. 3–14.

¹⁴ Сластенин В. А. Педагогика: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В. А. Сластенин, И. Ф. Исаев, Е. Н. Шиянов ; под ред. В. А. Сластенина. — М. : Академия, 2002. — 576 с.

6. Методи дослідження операцій.
7. Методи економічної кібернетики.

Ці методи, поєднані із сучасною обчислювальною технікою в рамках різного роду автоматизованих систем, стають надзвичайно важливим елементом фінансового планування та управління господарством на підприємствах, в галузях та міжгалузевих комплексах.

Вважаємо доцільним спробувати застосувати деякі з розглянутих методів для аналізу педагогічних процесів. Сучасні педагогічні дослідження характеризуються великою кількістю показників різних типів, їх високою варіативністю під впливом неконтрольованих випадкових явищ, необхідністю врахування об'єктивних і суб'єктивних факторів, складністю кореляційних зв'язків між ними. Тому математичні методи в педагогіці мають використовуватися не лише як методи узагальнення інформації, а й як моделі для побудови різних теорій.

Однією з моделей, які досить широко використовуються в економіці є системи масового обслуговування. Теорія масового обслуговування широко застосовується в сфері обслуговування, в страхових організаціях, банках, податкових інспекціях, і в сучасних високих технологіях. Як апарат теорії систем масового обслуговування використовують поняття теорії випадкових величин і теорії випадкових процесів.

У Тульському державному університеті було здійснено експеримент, у якому теорію масового обслуговування досить успішно застосували для аналізу ступеня ефективності педагогічного процесу⁸.

Маючі на меті підвищення якості підготовки фахівців, слід активно здійснювати управління педагогічним процесом отримання та освоєння знань студентами. Універсальною характеристикою педагогічного процесу є педагогічна взаємодія.

Можна припустити, що високий рівень знань студентів збігається з високою часткою контактів викладача зі студентами, ініційовану самим викладачем, що володіє прийомами формування різних структур проблемного навчання. Пропонована модель як імовірнісний описовий засіб є універсальною, і її можна адаптувати до умов кожної конкретної дисципліни та форми навчання. Дана модель побачити кореляцію між результатами оцінок знань з бально-рейтинговою системою і застосуванням раціональних педагогічних дій проблемного навчання. В цьому випадку для характеристики навчального процесу можна скористатися описом випадкових процесів, що протікають в системі масового обслуговування. Навчальне заняття розглядається як випадковий процес з неперервним часом. Перехід системи з одного стану в інший здійснюється стрибком, в момент, коли здійснюється яка-небудь подія (у даному випадку — комунікація між студентом і викладачем). Наприклад, дискретна система X , де різні стани системи відповідають різному числу комунікацій: X_0 — жодної комунікації; X_1 — одна комунікація; X_k — k комунікацій; X_n — всі n брали участь у комунікативному спілкуванні. Для такої системи характерні незворотні переходи. Спрощено можна уявити кожен етап навчального заняття як потік однорідних подій

⁸ Осадчий В. И. Моделирование педагогического взаимодействия «преподаватель – студент» при проблемном обучении / В. И. Осадчий, Т. С. Устинова, М. И. Лахатова // «Успехи современного естествознания»: материалы конф. — 2007. — № 11. — С. 49–51.

(заявок на обслуговування) і описати його властивості за допомогою теорії масового обслуговування як стаціонарний пуассонівський потік.

Ще одним поширеним методом в економіці є побудова сітьових графіків. Сітьова модель — це графічне представлення плану виконання деякого комплексу взаємопов'язаних робіт (операцій), заданого в специфічній формі мережі, графічне зображення якої називається сітьовим графіком.

Для застосування цієї моделі складається календарний графік, який визначає початок і закінчення кожної роботи, а також взаємозв'язки з іншими роботами. Календарний графік виявляє критичні роботи, яким потрібно приділяти особливу увагу, щоб закінчити всі роботи в директивний термін. Для некритичних робіт календарний графік дозволяє встановити резерви часу з метою ефективного використання трудових і фінансових ресурсів.

Є спроба застосування сітьового планування до оптимізації навчального процесу в середній школі¹. Принципова схема навчального процесу полягає в наступному: кожне досліджуване в школі поняття базується на сукупності умінь і навичок, що складають його фундамент і формують стійку основу для глибокого засвоєння. Актуальною проблемою для вчителя в даному контексті є розподіл відведених на кожну тему годин на формування умінь і навичок. Складність реалізації навчальної схеми полягає в неоднаковій швидкості засвоєння фундаментальних понять для різних категорій учнів, тому в реальній практиці вчитель орієнтується на «середнього» учня. Це робить процес навчання в школі нецікавим для сильного учня і непосильним для слабкого. Відкритим залишається також питання про число академічних годин, яке буде потрібно для засвоєння навчального матеріалу в даному конкретному класі.

Сітьові графіки складаються на початковому етапі планування. Спочатку тема, що вивчається розбивається на окремі етапи, що представляють набір умінь і навичок, продумуються їх логічні зв'язки і послідовність виконання, оцінюється трудомісткість отримання кожного навичку. На основі отриманих даних складається сітьовий графік. Після його побудови розраховуються параметри подій і етапів роботи, визначаються резерви часу і критичний шлях. У нашому випадку як етапи роботи ми вибираємо придбання умінь і навичок, необхідних для отримання підсумкових знань.

Одним з методів, що дає змогу обґрунтувати прогнозне рішення, є метод аналізу ієрархій Томаса Саати¹³, який призначений для ранжування, тобто розподілу об'єктів у порядку їх значущості за одним або кількома критеріями, що одночасно враховуються. При цьому використовуються експертні оцінки значущості цих об'єктів. Використання цього методу дає можливість враховувати ваговий коефіцієнт кожної складової, що входить до інтегрального показника об'єкта, що вивчається, на відміну від традиційного підходу, де всі характеристики явища враховуються з однаковими ваговими коефіцієнтами, хоча їх вплив на показник може бути різним. Так само не всі структурні складові досліджуваного явища можна виміряти за допомогою однієї методики і одних шкал вимірювання, що не допускає простого підсумовування результатів. У зв'язку з цим, на наш погляд, саме метод аналізу

¹ Березина Н. В. Вероятностные сетевые модели в средней школе / Н. В. Березина, Е. Р. Матвеев, Т. Л. Трошина // Ярославский педагогический вестник. — 2003. — № 3(36).

¹³ Саати Т. Принятие решений: метод анализа иерархий / Т. Саати. — М. : «Радио и связь», 1993. — 278 с.

ієрархій дозволяє всебічно і достовірно розглянути, оцінити та визначити пріоритети всіх складових досліджуваного явища.

Методики експертного оцінювання на основі методу аналізу ієрархій Т. Сааті можна рекомендувати для виявлення найбільш ймовірних сценаріїв розвитку ситуацій у громадській сфері, економіці, політиці, державному та муніципальному управлінні у випадках високої невизначеності та істотного впливу випадковості.

У педагогіці застосування цього методу, на нашу думку, є можливим для оцінки якості педагогічних інновацій для їх практичного використання⁶.

Для побудови моделі оцінки привабливості вищих навчальних закладів можливим є використання одного із методів багатовимірного статистичного аналізу — методу таксономії, що дає змогу отримати лінійне упорядкування об'єктів за рівнем розвитку досліджуваних процесів. Оцінка привабливості ВНЗ має врахувати шість показників⁹, а саме:

1. Середній бал сертифікатів ЗНО.
2. Середній бал атестатів про повну загальну середню освіту.
3. Кількість поданих заяв до даного ВНЗ.
4. Показник кількості студентів, зарахованих на перший курс.
5. Співвідношення студентів, зарахованих на перший курс на контрактну форму навчання, та студентів, зарахованих на бюджетну форму навчання.
6. Вартість навчання у даному ВНЗ.

Отже, привабливість вищих навчальних закладів пропонується оцінювати за допомогою інтегрального показника розвитку на основі методу таксономії. Перевагою цього методу є можливість отримання однозначної кількісної оцінки у вигляді інтегрального показника, що синтезує в собі вплив усіх показників привабливості, визначених у дослідженні. Алгоритм застосування цього методу включає такі кроки:

1. Формування матриці вихідних даних $R = (r_{ij})$, де r_{ij} — значення i -го індикатора у j -му році, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$.

2. Стандартизація вихідних показників:

$$z_{ij} = \frac{r_{ij}}{\bar{r}_i}, \quad (1)$$

де \bar{r}_i — середнє значення i -го індикатора.

3. Побудова точки-еталону. Еталонні значення кожного показника формують координати точки-еталону. Всі показники діляться на два класи: стимулятори й дестимулятори. До стимуляторів належать показники, які позитивно впливають, стимулюють, тобто поліпшують результати інноваційної діяльності, а до дестимуляторів — показники із протилежними властивостями. Серед показників-стимуля-

⁶ Лященко О. В. Використання математичних методів для прогнозування педагогічних процесів / О. В. Лященко // Комп'ютаційна педагогіка: психолого-педагогічні проблеми, пошуки, рішення; Ін-т післядипломної освіти інженерно-педагогічних працівників (м. Донецьк) Університету менеджменту освіти. — Донецьк: ІПО ІПП ДВН «УМО», 2013. — 144 с.

⁹ Пономаренко В. С. Проблеми підготовки компетентних економістів і менеджерів в Україні: моногр. [електронний ресурс] / В. С. Пономаренко. — Режим доступу: <http://competence.in.ua/author>

торів відбираються максимальні значення, а показників-дестимуляторів — мінімальні. О тже, еталоном буде вважатися точка з координатами z_{i0} , отриманими таким чином:

$$z_{i0} = \begin{cases} \min(z_{ij}), i \notin I \\ \max(z_{ij}), i \in I \end{cases}, \quad (2)$$

де I — множина показників-стимуляторів.

4. Зіставлення значень характеристик з їх етальонними значеннями. У роботі для розрахунку відстаней між характеристиками етальону та i -го показника у період часу j — будемо використовувати формулу Евкліда:

$$C_{0j} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (z_{ij} - z_{i0})^2} \quad (3),$$

але можливе використання й інших метрик.

5. Визначення таксономічного показника коефіцієнта привабливості за формулою:

$$K_j = 1 - d \quad (4),$$

Для цього необхідно розрахувати такі показники:

$$\bar{C}_0 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n C_{0j} \quad (5),$$

$$S_0 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (C_{0j} - \bar{C}_0)^2} \quad (6),$$

$$C_0 = \bar{C}_0 + 2S_0 \quad (7),$$

$$d_j = \frac{C_{0j}}{C_0} \quad (8).$$

Побудований таким чином таксономічний показник синтетично характеризує зміну ознак досліджуваних груп. Перевагою використання такого показника є те, що він дає можливість працювати з однією ознакою, що дозволяє проаналізувати напрями і масштаби змін у процесах, описаних за допомогою сукупності вхідних ознак.

Для побудови формалізованих педагогічних теорій можливим є також використання інших економіко-математичних моделей, а саме: матричний та факторний аналіз, теорія ігор, управління складними системами, динамічне програмування, мікроаналіз.

Висновки

Вважаємо, що застосування економіко-математичних методів для аналізу педагогічних процесів та явищ, у тому числі для педагогічного прогнозування, надає додаткові можливості для більш глибокого проникнення в сутність і закономірності досліджуваних явищ, а також додаткові аргументи для обґрунтування управлінських рішень в різних умовах.

Перспективи подальших розвідок у цьому напрямі

Перспективи подальших досліджень у цьому напрямку полягають у розробці методик практичного застосування економіко-математичних методів для аналізу педагогічних процесів, а також у можливості використання для зазначених цілей інформаційно-комунікаційних технологій.

Список використаних джерел

1. Березина Н. В. Вероятностные сетевые модели в средней школе / Н. В. Березина, Е. Р. Матвеев, Т. Л. Трошина // Ярославский педагогический вестник. — 2003. — № 3(36).
2. Гершунский Б. С. Образовательно-педагогическая прогностика: теория, методология, практика / Б. С. Гершунский. — М. : Флинта, 2003. — 764 с.
3. Дьячук А. А. Математические методы в психологических и педагогических исследованиях / А. А. Дьячук. — Красноярск. — 2013. — 347 с.
4. Загвязинский В. И. Методология и методы психолого-педагогического исследования: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В. И. Загвязинский. — М. : Академия, 2001. — 206 с.
5. Кутьев В. О. Педагогическая прогностика: научные подходы и мифы / В. О. Кутьев // Педагогика. — 1995. — № 3. — С. 7–14.
6. Лященко О. В. Використання математичних методів для прогнозування педагогічних процесів / О. В. Лященко // Комп'ютаційна педагогіка: психолого-педагогічні проблеми, пошуки, рішення; Ін-т післядипломної освіти інженерно-педагогічних працівників (м. Донецьк) Університету менеджменту освіти. — Донецьк : ІПО ІПП ДВН «УМО», 2013. — 144 с.
7. Новиков Д. А. Статистические методы в педагогических исследованиях / Д. А. Новиков. — М. : МЗ-Пресс. — 2004. — 67 с.
8. Осадчий В. И. Моделирование педагогического взаимодействия «преподаватель – студент» при проблемном обучении / В. И. Осадчий, Т. С. Устинова, М. И. Лахатова // «Успехи современного естествознания»: материалы конф. — 2007. — № 11. — С. 49–51.
9. Пономаренко В. С. Проблеми підготовки компетентних економістів і менеджерів в Україні: моногр. [електронний ресурс] / В. С. Пономаренко. — Режим доступу : <http://competence.in.ua/author>
10. Присяжная А. Ф. Прогнозирование как функция педагога (от будущего учителя до профессионала): моногр. / А. Ф. Присяжная. — Челябинск : Образование, 2006. — 306 с.
11. Рабочая книга по прогнозированию / редкол. : И. В. Бестужев-Лада [та ін.]. — М. : Мысль, 1982. — 430 с.
12. Регуш Л. А. Проблема развития способности прогнозирования / Л. А. Регуш // Личность и прогнозирование: межвуз. сб. науч. тр. — Л. : ЛГПИ, 1985. — С. 3–14.
13. Саати Т. Принятие решений: метод анализа иерархий / Т. Саати. — М. : «Радио и связь», 1993. — 278 с.

14. Слостенин В. А. Педагогика: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В. А. Слостенин, И. Ф. Исаев, Е. Н. Шиянов ; под ред. В. А. Слостенина. — М. : Академия, 2002. — 576 с.

REVIEW OF ECONOMICS AND MATHEMATICAL METHODS USED FOR ASSESSMENT AND PREDICTION OF THE PEDAGOGICAL PROCESS

The advantages of the mathematical methods application in the study of educational processes and phenomena that can provide deeper understanding of their nature and diversity, and identifying quantitative and structural features are described. The mathematical and statistical methods used in the study of economic processes in which they proved to be the most wide spread and productively used are analyzed.

They are common and are applied under various terms — the best management techniques, mathematical methods in decision making, applied mathematics in production and economy, methods of economic cybernetics, etc. It is noted that mathematical methods in pedagogy are used not only as a method of synthesis of information, but also as a model for the development of various theories.

For this purpose it is suggested to exploit models that are widely used in economics: the theory of queuing (widely used in service sector, insurance companies, banks, tax inspections, and modern high-tech) — is used to analyze the efficiency of educational process, creating of network graphs (a graphical representation of execution plan of a set of interrelated activities (operations), set in a specific form of networks) - used to optimize the learning process in secondary schools, Thomas Saaty's method of analytic hierarchy (identifying the most likely scenarios of situations in public sphere, the economy, policy, state and municipal administration in cases of high uncertainty and substantial impact accident) — used in assessing the quality of pedagogical innovations for their practical use, the method of taxonomy — it is possible to use it for analyzing the attractiveness of education.