

УДК 651.4.9 : 004

Ю.Л. ТИХОНОВ

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ОПИСУ ЕКОНОМІЧНИХ І НАВЧАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ В Е-ОСВІТІ ЗА МАТЕМАТИЧНИМИ ЗАЛЕЖНОСТЯМИ ТИПУ ПАРЕТО

***Анотація.** Розглядаються підходи до формалізації опису процесів в е-освіті. Визначаються можливості використання математичних залежностей типу Парето для цих цілей. Побудовано подібні залежності для прогнозу попиту на навчання і для порівняння якості фрагментів при онтологічному підході в е-освіті.*

***Ключові слова:** е-освіта, формалізація опису процесів в е-освіті, залежності типу Парето, онтологічний підхід, прогноз попиту на навчання.*

Вступ

Освіта (і е-освіта) відносяться до соціально-педагогічних систем, які важко формалізуються у порівнянні з фізичними процесами. Для зазначених систем, як і для економіки, характерною є ситуація невизначеності. Це знижує можливості побудови математичних моделей.

Однак в економіці такі моделі успішно працюють [1–5] та відомі математичні описи, що успішно використовуються в оперативному контролі рівня підготовки учнів [6, 7].

Загальні економічні закони, природно, проявляють свою дію і в освіті. Залежності попиту та пропозиції на освітні послуги і інші показники аналогічні напрацьованим в економіко-математичних дослідженнях. Крім того, математичний опис процесів в е-освіті дає можливість оцінювати ефективність використання ресурсів інформаційних технологій, від яких істотно залежить якість і рівень освіти [8, 9].

Мета роботи – розглянути підходи до формалізації опису процесів в е-освіті, можливості використання математичних залежностей типу Парето. Побудувати подібні залежності для деяких процесів в е-освіті.

1. Крива Парето

Сьогодні існує ряд моделей, які використовують математичний опис в економіці, логістиці та інших видах. Цікавим є наступний приклад залежності (кривої) Парето [10–12], яка з'явилася в економіці як крива розподілу доходів населення (рис. 1).

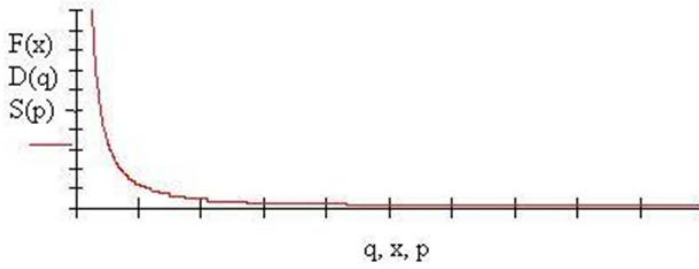


Рисунок 1 – Крива Парето

На рисунку: x – сума отриманого доходу, $F(x)$ – кількість осіб, що отримують такий дохід. Такий же вигляд має в економіці крива попиту. На рисунку: q – ціна блага, $D(q)$ – попит при цій ціні. Подібний вид має в логістиці крива собівартості перевезень [13]. На рисунку: p – обсяг вантажообороту (тис. т/км), $S(p)$ – собівартість перевезення однієї т/км.

В економіці використовується підхід, заснований на аналізі масиву вихідних даних, який дозволяє сформулювати, як правило, кілька припущень про вид аналітичного зв'язку.

Побудована модель використовується для формулювання припущень про характер закономірності в розвитку досліджуваного явища. Один з найбільш часто використовуваних видів аналітичних залежностей при побудові моделей – експоненціальна $y = e^{a+bx+\varepsilon}$. Наприклад, одна з використовуваних нелінійних регресій – експоненціальна $y = e^{a+bx+\varepsilon}$. У багатьох моделях використовується негативний показник ступеня, що призводить до залежностей типу Парето. У моделі Блека-Шоулза [14] для визначення ціни опціону "put" обчислюється

$$P(S, t) = Ke^{-r(T-t)}N(-d_2) - SN(-d_1),$$

де:

S – поточна ціна базисної акції;

$N(x)$ – ймовірність того, що відхилення буде менше x в умовах стандартного нормального розподілу;

K – ціна виконання опціону;

r – безризикова процентна ставка;

$(T-t)$ – час до закінчення терміну опціону (період опціону).

2. Крива Парето з точки зору процесів е-освіти

При побудові моделі залежності попиту товару від його ціни при виборі виду залежності враховують, що при збільшенні ціни попит падає і використовується залежність з негативним показником ступеня $y = e^{-bx}$, ($b > 0$).

Як уже зазначалося, загальні економічні закони, природно, діють і в освіті. Залежність попиту на навчання, відповідно до напрацювань в економіко-математичних дослідженнях, має вигляд $p(q) = e^{-b \cdot q + a}$. Попит на навчання в галузі інформатики буде визначатися як криві виду, представленого на рис. 2, в залежності від параметрів a , b .

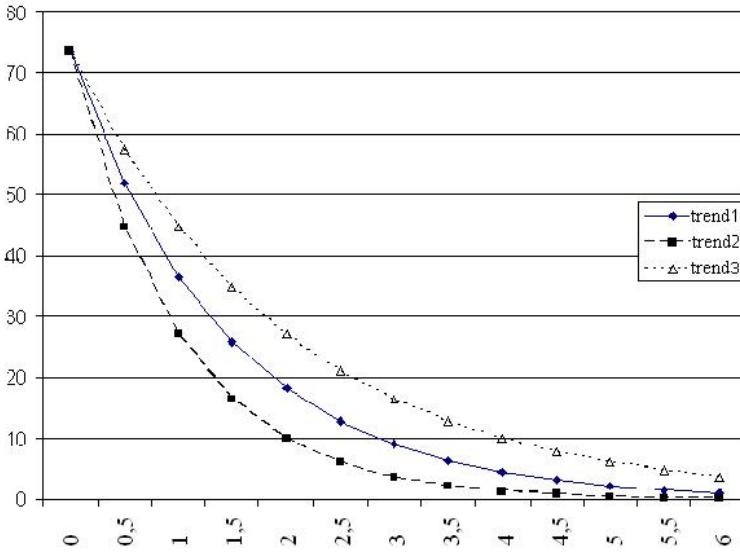


Рисунок 2 – Попит на навчання з інформатики в залежності від параметрів a, b, що визначаються конкретними умовами

На рисунку по осі абсцис позначена ціна навчання (тис. грн), по осі ординат – попит, що виражається в кількості поданих заяв до вступу. Прогноз попиту описаний залежністю $p(q) = e^{-b \cdot q + a}$. При $a = 4.3$ і b , що приймає значення 0.7, залежність має вигляд кривої типу Парето trend1, при $b = 1$ – trend2, $b = 0.5$ – trend3.

Використаємо підсумки зарахування на спеціальність "Інформатика" в ЛНПУ за 1994–2006 роки (табл. 1) для прогнозу попиту на навчання з інформатики на 2007 рік.

Таблиця 1 – Зарахування на спеціальність "Інформатика"

Год	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Оплата (т.грн)	0,2	0,4	0,7	0,95	1,2	1,45	1,7	2	2,5	3	3,7	4	5
зачислено	50	50	45	40	38	32	28	29	26	26	33	25	19

Підсумки зарахування та прогноз попиту подано графічно на рис. 3.

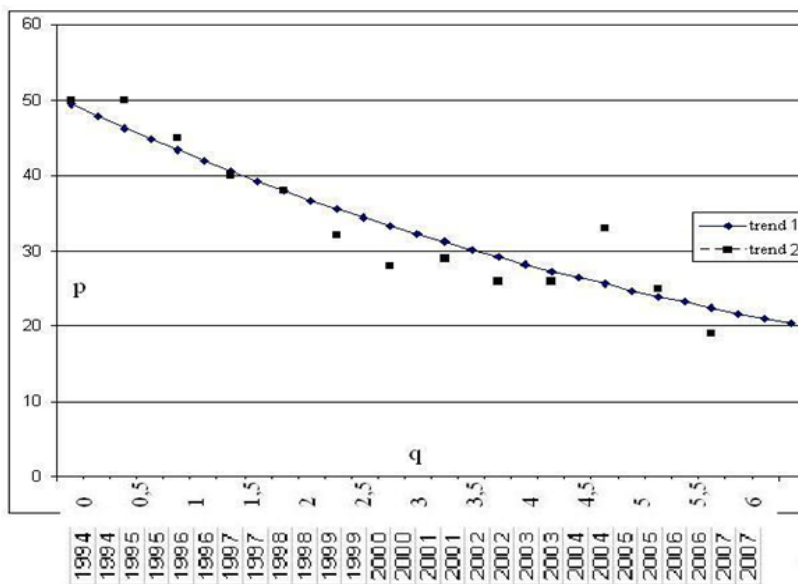


Рисунок 3 – Прогноз попиту на навчання

На рисунку по осі q позначена ціна навчання (тис. грн) за 1994–2006 рр., по осі p – кількість поданих заяв до вступу (trend2). Прогноз попиту описаний залежністю

$$p(q) = e^{-b \cdot q + a},$$

де $a = 3,9$ і $b = 0,15$ (trend1).

Відхилення пов'язані з відкриттям нової комп'ютерної спеціальності і переорієнтацією цільових установок абітурієнтів у 2004 р.

У 2007 році необхідно було заповнити 18 позабюджетних місць. З прогнозу видно, що є резерв підвищення ціни.

2. Залежності типу Парето при онтологічному підході в е-освіті

До онтологічних аспектів якості електронних курсів (ЕК) відноситься коло питань, починаючи від структуризації понять предметних дисциплін (ПдД), що підлягають перевірці на предмет засвоєння знань.

Онтологічний підхід дає можливість порівнювати якість фрагментів ЕК з використанням гіллястості онтографу комп'ютерних онтологій (КО), що виникає через структурування концептів ПдД по окремих аспектах опису. Для цього за результатами онтологізованого тесту по гілках ЕК підраховується сумарна кількість студентів, які одержали бали, що потрапили в певний інтервал. Наприклад, [15, 16] використані результати тестів по 100 студентах різних груп ЛНУ за фахом інформатика за 4 роки (табл. 2). В результаті отримали статистику розподілу балів по гілках ЕК по кількості студентів, що одержали цей бал.

Таблиця 2 – Розподіл балів по кількості студентів, що одержали цей бал

Бал	50	51	52	53	54	55	56	57	58
	18	0	0	0	0	15	0		
Бал	68	69	70	71	72	73	74	75	76
	0	2	0	5	1	4	0	1	2
Бал	86	87	88	89	90	91	92	93	94
	0	1	0	4	2	2	0	0	0
Бал	59	60	61	62	63	64	65	66	67
	1	9	0	0	5	3	4	6	0
Бал	77	78	79	80	81	82	83	84	85
	4	0	0	0	0	5	0	2	4
Бал	95	96	97	98	99				
	0	0	0	0	0				

У таблиці позначено бали, другий рядок – кількість учнів, які одержали цей бал. Нулі в таблиці пояснюються логікою тесту.

Отриману статистику використовуємо наступним чином.

Зведемо розподіл балів по кількості студентів, що одержали певний бал, для гілки l у таблицю (див. табл. 3).

Таблиця 3 – Розподіл балів для гілки l

Інтервал балів	0-20	21-49	50-62	63-68	69-74	75-78	79-82	83-85	86-89	90-94	95-100
Буквені оцінки	F	FX	E	D	D	C	C	B	B	A	A
i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
S_i^l	0	0	43	18	12	8	6	4	5	4	0

У таблиці позначено:

– S_i^l ($i = 1, 2, \dots, 11$; $l = 1, 2, \dots, L$) – сумарна кількість студентів, що одержали бали, що потрапили в певний інтервал для гілки l ;

– i – номер інтервалу.

S_i^l визначалося за екзаменаційними відомостями чотирьох груп студентів (100 студентів). Крива S^l (рис. 4) побудована на основі розподілу балів по кількості студентів для однієї гілки онтографу ПдД.

Побудуємо графічне зображення розподілу балів по дисципліні по кількості студентів, що одержали певний бал. Зі збільшенням бала зменшується кількість студентів, що одержали його. Ця тенденція пояснюється тим, що на вищий бал звичайно претендує менша кількість студентів. Такі залежності можна представляти графічно як криві типу S^l , що обгинають діаграму Парето [10, 17] (рис. 4). Зокрема, такий метод контролю якості освіти використовує Японський союз учених і інженерів.

Подібну криву можна побудувати для кожної гілки. Отже, при тестуванні на групі студентів виникає породжене онтографом ПдД сімейство розподілів балів по гілках онтографу ПдД, що позначено, як зазначено вище, $\{S^l\}$ ($l = 1 \div L$, L – число гілок онтографу ПдД), та усереднена по гілках онтографу крива S_{mid} .

S_{mid} отримана як графічне зображення апроксимації точок S_i^{mid} .

S_i^{mid} – усереднена по гілках онтографу кількості студентів, що одержали бали, які потрапили в певний інтервал з таблиці 3.

$$S_i^{mid} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L S_i^l.$$

Для тих кривих із сімейства $\{S^l\}$, які розташовані далі від S_{mid} , частина ЕК, яка відповідає фрагменту онтографу, що відповідає S^l з найбільшим відхиленням від S_{mid} , має потребу в модифікації.

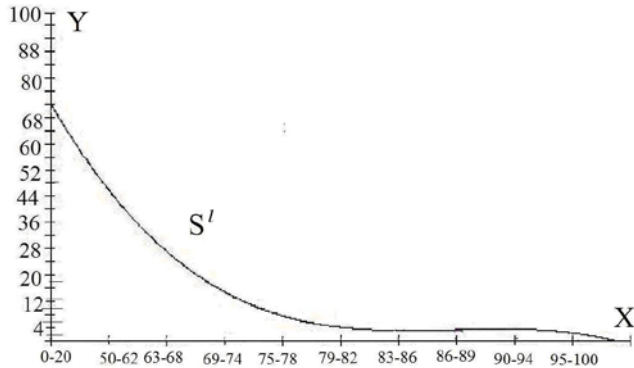


Рисунок 4 – Крива апроксимації розподілу балів (Y) по кількості студентів (X), що одержали цей бал

На рисунку по осі X відзначені бали, по осі Y – кількість студентів, S^l – крива розподілу балів для l -ї гілки онтографу ПдД.

Для сімейства кривих $\{S^l\}$ ($l = 1 \div L$, L – число гілок онтографу ПдД) будемо криву S_{mid} усереднену по гілках онтографу.

Вона використовується для знаходження фрагмента онтографу, що відповідає кривій розподілу балів з найбільшим відхиленням від середньої. Частина ЕК, що відповідає такому фрагменту онтографу, у першу чергу має потребу в модифікації.

Висновки

Таким чином, ми можемо використовувати в е-освіті залежності типу Парето для прогнозу попиту на навчання, який дозволяє визначити резерв підвищення ціни за навчання. Розподіл балів по кількості студентів, що одержали цей бал, можна представляти графічно як криві, що огинають діаграму Парето, оскільки зі збільшенням бала зменшується кількість студентів, що одержали його. Онтологічний підхід з використанням гіллястості онтографу комп'ютерних онтологій дає можливість отримати розподіл балів по гілках електронних курсів. Усереднена по гілках залежність типу Парето для розподілу балів дає можливість для знаходження фрагменту ЕК з найбільшим відхиленням розподілу балів від середнього, тобто що має потребу в модифікації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Замков О. О., Толстопятенко А. В., Черемных Ю. Н. Математические методы в экономике: Учебник. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, Издательство "ДИС", 1997. – 368 с.
2. Полумієнко С. К. Деякі аспекти моделювання сталого соціального розвитку / С. К. Полумієнко // Математичне моделювання в економіці. – 2014. – Вип. 1. – С. 63–71. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/mmve_2014_1_9.
3. Барвінський А.Ф. та ін. Математичне програмування: Навчальний посібник – Львів: Національний університет "Львівська політехніка", "Інтелект-Захід", 2004. – 448 с.
4. Беліков М.І., Гуржій А.М., Кігель В.Р., Самсонов В.В. Розв'язування оптимізаційних задач за допомогою методів лінійного програмування: Навчальний посібник. – К.: ІСДО, 1994. – 132 с.
5. Ващук Ф.Г., Лавер О.Г., Шумило Н.Я. Математичне програмування та елементи варіаційного числення. Навчальний посібник. – К.: Знання, 2008. – 368 с. – (Вища освіта ХХІ століття).
6. Кузнецова И. А. Дистанционное обучение как система массового обслуживания [Электронный ресурс] / И. А. Кузнецова // Интернет-журнал Науковедение Выпуск № 2 (7). – 2011. – Режим доступу до ресурсу: <http://naukovedenie.ru/index.php?id=163>.
7. Лебедева И. П. Математическое моделирование в педагогическом исследовании / И. П. Лебедева. – Пермь: Перм. гос.пед. ун-т, 2003. – 122 с.
8. Титенко С. В. Практична реалізація технології автоматизації тестування на основі понятійно-тезисної моделі. / [под общ. ред. В. А. Гребенюка, Д. Р. Киншука, В. В. Семенца] // Образование и виртуальность – 2006. Сборник научных трудов 10-й Международной конференции Украинской ассоциации дистанционного образования / С. В. Титенко, О. О. Гагарін. – Харьков-Ялта: УАДО, 2006. – С. 401–412.
9. Разработка концепции электронных учебников по образовательным областям. Т. 1. Отчет о НИР (заключит.) [Электронный ресурс] / [А. В. Осин, А. В. Гиглавый, М. Н. Морозов, та ін.] // РМЦ. – 2002. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.eir.ru>.
10. Ланге О., Банасиньский А. Теория статистики, М: Статистика, 1979, 399 с.
11. Pareto V. Manuel d'economie politique, Paris, 1927.
12. Approximating the Pareto front of multi-criteria optimization problems / J. Legriel, C. Guernic, S. Cotton, O. Maler. // TACAS'10 Proceedings of the 16th international conference on Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems. – 2010. – С. 69–83.
13. Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия: 2-е изд., перераб. и доп. – Мн.:ИП Экоперспектива, 1998. – 448 с.
14. Merton, Robert C. Theory of Rational Option Pricing // Bell Journal of Economics and Management Science, 1973, N4.
15. Некоторые аспекты моделирования контроля знаний в дистанционном обучении / [Ю.Л. Тихонов, О.В. Хмель]. – Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля Луганськ, 2007. – №4(110) частина 2 – С. 197–201.
16. Особенности экономических моделей в обучении / [Ю.Л. Тихонов, Е.Ю. Ксенофонтова]. – Вісник Луганського національного педагогічного університету ім.Тараса Шевченка, 2006. – №2(97). – С. 96–102.
17. Управление качеством: учеб. Пособие / Н.В. Кузнецова.– М. : Флинта : МПСИ, 2009. – 360 с.

Стаття надійшла до редакції 30.11.2017.